

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ 2550

โครงการวิจัย

เรื่อง

แผนงานวิจัยการประยุกต์พลาสมาแบบห้วงในการดัดแปรพอลิเมอร์
สำหรับอุตสาหกรรมพลาสติกและสิ่งทอ

**PULSED-PLASMA APPLICATIONS IN POLYMER MODIFICATION
FOR PLASTIC AND TEXTILE INDUSTRIES**

จัดทำโดย

หัวหน้าโครงการวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์

ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชชาติ มงคลนาวิน

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระยะเวลาของแผนงานวิจัยตั้งแต่ 2 มกราคม 2550 ถึง 31 ธันวาคม 2550

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2550 ที่ให้การสนับสนุน โครงการวิจัยในด้านงบประมาณ นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนด้านครุภัณฑ์ รวมทั้งส่วนส่งเสริม และพัฒนาวิจัย สำนักบริหารวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายวิจัยและฝ่ายบริหาร คณะ วิทยาศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการประสานงานด้านการเบิกจ่ายงบประมาณและด้านอื่นๆ มาโดย ตลอด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
2	ทฤษฎีและวารสารปริทรรศน์	4
3	การทดลอง	17
4	ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	26
5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	80
	เอกสารอ้างอิง	81



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

แผนงานวิจัยนี้ เป็นการนำพลาสมาที่กำเนิดจากเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบอุณหภูมิต่ำมาดัดแปรผิวผ้าพอลิเอสเตอร์ ฝ้าย พอลิเอสเตอร์ผสมฝ้าย และพอลิโพรพิลีน โดยแก๊สที่เลือกใช้ได้แก่ ออกซิเจน ไนโตรเจน อากาศ และอาร์กอน โดยใช้จำนวนครั้งของการยิงพลาสมาเท่ากับ 10 20 30 และ 40 ครั้ง ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงให้เห็นถึงความขรุขระของผิวผ้า ซึ่งเป็นผลจากการเลือนของพลาสมา ผลจากการวัดเวลาที่ทำให้เปียกบ่งชี้ถึงสมบัติความชอบน้ำที่เพิ่มขึ้นของผิวผ้าเมื่อจำนวนครั้งของการยิงพลาสมาเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากการเกิดหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำบริเวณผิวผ้า ซึ่งสามารถยืนยันได้จากเอทีอาร์ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี เมื่อนำผ้าไปข้อมสีด้วยสีข้อมที่เลือกใช้ พบว่าการดัดแปรผิวผ้าฝ้ายซึ่งเป็นผ้าที่มีความชอบน้ำสูงอยู่แล้วด้วยพลาสมาออกซิเจนและไนโตรเจน ไม่ส่งผลต่อสมบัติการข้อมสีและความคงทนของสีต่อการซักของผ้าดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ชนิดแก๊สและจำนวนครั้งของการยิงพลาสมาส่งผลอย่างมากต่อสมบัติทั้งสองนี้ของผ้าพอลิเอสเตอร์และพอลิเอสเตอร์ผสมฝ้าย ในกรณีที่น่าพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการดัดแปรผิวไปเตรียมวัสดุเชิงประกอบร่วมผ้าพอลิเอสเตอร์ผสมฝ้าย พบว่า ความทนแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบที่ผ่านการดัดแปรผิวทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับของวัสดุเชิงประกอบที่ไม่ผ่านการดัดแปรและพลาสติกพอลิโพรพิลีน ในขณะที่สมบัติด้านแรงดึงและด้านแรงตัด โค้งมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ ยังพบว่า ชนิดของแก๊สและตำแหน่งการดัดแปรนอนูฟเว่นพอลิโพรพิลีนในแชมเบอร์มีผลต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบที่ได้ โดยผลการทดลองทั้งหมดบ่งชี้ว่า วัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากนอนูฟเว่นพอลิโพรพิลีนซึ่งดัดแปรผิวด้วยพลาสมาออกซิเจนมีสมบัติเชิงกลดีที่สุด เมื่อวางนอนูฟเว่นพอลิโพรพิลีน ณ ตำแหน่งด้านบนให้ตรงกับตำแหน่งของการโฟกัส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

เป็นเวลานานแล้วที่สาร โมเลกุลใหญ่ซึ่งประกอบขึ้นจากหน่วยซ้ำๆกัน หรือที่เรียกกันว่า “พอลิเมอร์” ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก ทั้งพอลิเมอร์ธรรมชาติ (natural polymers) เช่น เซลลูโลส และพอลิเมอร์สังเคราะห์ (synthetic polymers) เช่น พอลิโพรพิลีน พอลิเอสเตอร์ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การนำพอลิเมอร์เหล่านี้มาทำเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอและพลาสติก ในกรณีของผลิตภัณฑ์สิ่งทอนั้น ได้มีการนำมาใช้กันอย่างกว้าง ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบของเส้นใย เส้นด้าย ผ้าถัก ผ้าทอ และผ้าอเนวูฟเวน สำหรับพลาสติกได้เข้ามาแทนที่วัสดุหลายๆ ชนิด เช่น เหล็ก ไม้ เป็นต้น เนื่องจากสมบัติที่สำคัญของพลาสติก คือ สามารถขึ้นรูปได้ด้วยกระบวนการที่หลากหลาย มีน้ำหนักเบา ทนทานต่อสภาพแวดล้อม ปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีการใช้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอและพลาสติกกันอย่างแพร่หลาย ก็คือ การที่สามารถปรับเปลี่ยนคุณลักษณะและสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานมากขึ้น ด้วยการดัดแปรพอลิเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

การดัดแปรพอลิเมอร์ (Polymer Modification) เป็นการปรับปรุงพอลิเมอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้สมบัติต่างๆ สำหรับนำไปใช้งานตามที่ต้องการ ซึ่งเป็นทางเลือกที่ทำได้ง่ายและสะดวกมากกว่าการสังเคราะห์พอลิเมอร์ชนิดใหม่ๆ ขึ้นมา โดยทั่วไป วิธีการที่นิยมใช้ในการดัดแปรผลิตภัณฑ์สิ่งทอมีดังต่อไปนี้

ก. การปั่นผสม (Spinning)¹ เป็นการนำเรซินของพอลิเมอร์สังเคราะห์มาผสมกับสารเติมแต่งชนิดต่างๆ แล้วนำมาปั่นเป็นเส้นใย โดยข้อดีของกระบวนการนี้ คือ สมบัติที่ได้เกิดจากสารเติมแต่งที่กระจายอยู่ในเนื้อของเรซิน จึงทำให้ได้สมบัติตามที่ต้องการมากที่สุด และสามารถรักษาสมบัตินี้ได้ในระยะเวลานาน แต่อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของกระบวนการนี้ คือ สิ้นเปลืองปริมาณสารเติมแต่งมาก

ข. การเคลือบผิว (Coating)¹ เป็นการนำสารเติมแต่งมาเคลือบบนพื้นผิวของเส้นใยหรือเส้นด้าย ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย ไม่เปลืองปริมาณสารเติมแต่งที่ใช้ แต่ความคงทนต่อการใช้งานจะต่ำ เนื่องจากเกิดการเสียดสีขณะใช้งาน ทำให้สารเติมแต่งที่เคลือบบนผิวเส้นใยหรือเส้นด้ายนั้นหลุดออกได้ง่าย

ค. การดัดแปรพื้นผิวด้วยสารเคมี (Chemical Treatment)² เป็นการใส่สารเคมีที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์ ซึ่งจะออกซิไดซ์พื้นผิวของพอลิเมอร์ ทำให้พื้นผิวของเส้นใยที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) มีความชอบน้ำ (hydrophilic) เพิ่มขึ้น วิธีการนี้ได้รับความนิยมลดลงในปัจจุบัน เนื่องจากมีการใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ง. กราฟต์โคพอลิเมโรเซชัน (Graft Copolymerization)¹ เป็นการนำพอลิเมอร์ชนิดอื่นมากราฟต์ลงบนเส้นใย โดยใช้สารเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiator) หรือการฉายรังสี (irradiation) เพื่อให้เกิดฟรีแรดิคัลหรือไอออนที่ใช้ในการเริ่มต้นปฏิกิริยาขึ้น ทั้งนี้สมบัติที่ได้มีความคงทนต่อการใช้งาน เนื่องจาก

พอลิเมอร์ชนิดนั้นเกิดพันธะโควาเลนต์กับเส้นใยโดยตรง แต่วิธีนี้ค่อนข้างยุ่งยากทางด้านเทคนิคและเครื่องมือมีราคาแพง รวมทั้งเส้นใยที่ได้จะมีสมบัติทางบัลก์ (bulk properties) เปลี่ยนแปลงไป เช่น มีขนาดของเส้นใยใหญ่ขึ้น เป็นต้น

สำหรับผลิตภัณฑ์พลาสติกนั้น สามารถปรับเปลี่ยนสมบัติต่างๆได้ตามต้องการ ด้วยการเติมสารเติมแต่งที่เหมาะสม เช่น การใส่สารตัวเติมชนิดเสริมแรงเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้น³⁻⁵ ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นวัสดุเชิงประกอบ (composite materials) สารตัวเติมชนิดเสริมแรงที่ใช้มีหลายประเภท ที่นิยมใช้กันมากคือ เส้นใยสังเคราะห์ชนิดต่างๆ หรือเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติ เช่น เส้นใยมะพร้าว ป่าน ปอ ขี้เลื่อย ผงแกลบ อย่างไรก็ตาม ปัญหาประการหนึ่งที่มีประสบการณ์ในการเติมสารตัวเติมที่เป็นเส้นใยเหล่านี้ลงในพลาสติกคือ ความไม่เข้ากันระหว่างเส้นใยกับเมทริกซ์พลาสติก อันเนื่องมาจากโครงสร้างทางเคมีและทางกายภาพที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้สมบัติเชิงกลลดต่ำลง จึงต้องมีการดัดแปรเส้นใยหรือพลาสติกด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อช่วยให้เส้นใยสามารถยึดเกาะและเข้ากันกับพลาสติกได้ดีขึ้น ตัวอย่างเช่น การใช้สารดัดแปร (modifying agent)^{4,5} มาทำปฏิกิริยาทางเคมีกับเส้นใยหรือเมทริกซ์ เพื่อให้เกิดหมู่ฟังก์ชันที่เหมาะสม ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาหรืออันตรกิริยาระหว่างองค์ประกอบทั้งสองในวัสดุเชิงประกอบได้

อย่างไรก็ดี จากการที่ในปัจจุบันได้มีการคำนึงถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก จึงทำให้การดัดแปรผลิตภัณฑ์สิ่งทอและพลาสติกด้วยวิธีการข้างต้นเหล่านั้นไม่ค่อยเหมาะสม เนื่องจากวิธีการเหล่านี้ เป็นวิธีการที่ต้องมีการใช้ตัวทำละลายและสารเคมีต่างๆ ที่สามารถก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมได้ ด้วยเหตุนี้ การดัดแปรผิวด้วยพลาสมา (Surface Modification by Plasma) จึงเป็นวิธีหนึ่งที่ได้เข้ามามีบทบาทในการดัดแปร ทั้งผลิตภัณฑ์สิ่งทอและพลาสติก เนื่องจากเป็นระบบที่มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่า เพราะเป็นระบบแห้ง (dry process) ใช้เพียงแก๊สชนิดต่างๆ ในกระบวนการดัดแปร โดยไม่จำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายหรือสารเคมีอื่นๆ ประกอบกับขั้นตอนการดัดแปรยังสามารถทำได้รวดเร็ว กล่าวคือ เมื่อให้พลังงานแก่แก๊สจนเปลี่ยนสถานะเป็นพลาสมาแล้ว พลาสมาจะเคลื่อนที่ไปสัมผัสผิววัสดุ และเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ส่งผลให้คุณลักษณะและสมบัติต่างๆ ของผิววัสดุเปลี่ยนแปลงไปภายในระยะเวลาอันสั้น⁶⁻²¹ นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการดัดแปรจะมีสมบัติทางบัลก์ไม่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสมบัติต่างๆ ที่ได้จากการดัดแปรจะมีความคงทนต่อการใช้งานอีกด้วย

ทั้งนี้ในงานวิจัยที่ผ่านมา⁶⁻¹⁹ พลาสมาที่ใช้ในการดัดแปรนั้น ล้วนกำเนิดจากเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบอุณหภูมิต่ำที่ปล่อยพลาสมาออกมาอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การควบคุมระดับพลังงานและปริมาณของพลาสมาที่สัมผัสกับผิวของวัสดุนั้นทำได้ยาก ดังนั้น แผนงานวิจัยนี้จึงได้ให้ความสำคัญกับการดัดแปรผิวของวัสดุ โดยใช้เครื่องกำเนิดพลาสมาแบบอุณหภูมิต่ำ ซึ่งใช้หลักการของการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าที่เก็บสะสมไว้ในชุดตัวเก็บประจุกำลังสูง เป็นพลังงานแม่เหล็ก ทำให้แก๊สเกิดการแตกตัวภายในภาชนะสุญญากาศ ส่งผลให้เกิดกลุ่มพลาสมาที่ประกอบด้วยอิเล็กตรอน กลุ่มไอออน และรังสี โดยไอออนที่เกิดขึ้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับสภาพผิววัสดุได้ ประกอบกับระบบการทำงาน

ของเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบอุณหภูมิสูงสามารถปล่อยพลาสมาออกมาเป็นครั้งๆ หรือที่เรียกว่า พลาสมาแบบห้วง (Pulsed-plasma) จึงสามารถควบคุมระดับพลังงานและปริมาณของพลาสมาให้เหมาะสมกับประเภทของวัสดุได้ง่าย ซึ่งต่างจากเครื่องกำเนิดพลาสมาอุณหภูมิต่ำ ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

ดังนั้น แผนงานวิจัยนี้จึงเน้นการประยุกต์พลาสมาแบบห้วงซึ่งกำเนิดจากเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบอุณหภูมิสูงประเภทต่างๆ มาดัดแปรผิวของพอลิเมอร์ ซึ่งมีการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอและพลาสติก โดยโครงการวิจัยแรกในแผนงานวิจัยจะเป็นการศึกษาหาแนวทางในการดัดแปรผิวประเภทต่างๆ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเตอร์ และผ้าพอลิเอสเตอร์ผสมฝ้าย โดยใช้เครื่องที่ตาพินซ์ (Theta-pinch) พร้อมทั้งหาภาวะที่เหมาะสมในการดัดแปรผิวแต่ละประเภท โดยพิจารณาจากสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์สิ่งทอดังกล่าวที่ผ่านการดัดแปร ณ ภาวะต่างๆ กัน ซึ่งพารามิเตอร์ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ ชนิดของแก๊สที่ใช้ และจำนวนครั้งของการยิงพลาสมา สำหรับโครงการวิจัยที่สองเป็นการประยุกต์เครื่องพลาสมาโฟกัส (Plasma Focus) มาดัดแปรผิวของผ้าขนหนูฟเวเนทอลิโพรพิลีน ซึ่งเมื่อหลอมจะกลายเป็นพลาสติกที่สามารถนำใช้เป็นเมทริกซ์ในการเตรียมวัสดุเชิงประกอบที่มีเส้นใยพอลิเอสเตอร์ผสมฝ้ายเป็นสารตัวเติมชนิดเสริมแรง ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความสามารถในการยึดติระหว่างองค์ประกอบทั้งสอง โดยศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการดัดแปร ซึ่งพารามิเตอร์ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ ชนิดของแก๊สที่ใช้ ตำแหน่งของการวางผ้าขนหนูฟเวเนทอลิโพรพิลีนในเครื่อง และจำนวนครั้งของการยิงพลาสมา ทั้งนี้คณะผู้วิจัยมุ่งหวังว่า จะสามารถพัฒนาเครื่องมือและวิธีการดัดแปรสิ่งทอและพลาสติกที่สามารถทำได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว รวมทั้งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และมีแนวโน้มที่สามารถนำไปประยุกต์กับอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมพลาสติกได้

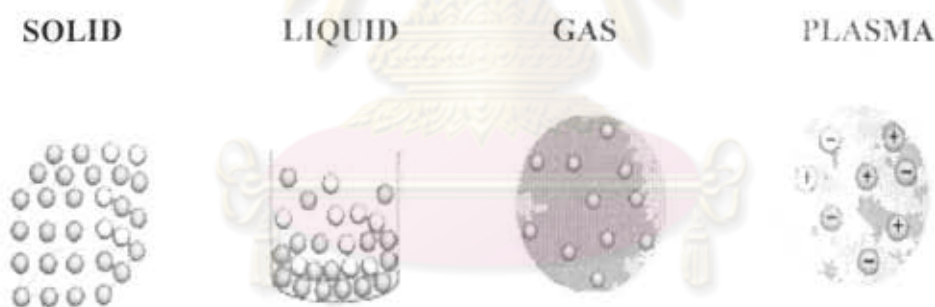
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและวารสารปริทรรศน์

2.1 การตัดแปรผิวด้วยพลาสมา

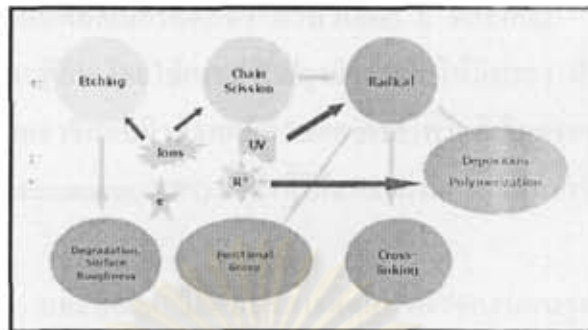
พลาสมา (Plasma)⁶ จัดเป็นสถานะที่ 4 ของสสาร ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยนิยามแล้วหมายถึง แก๊สผสมที่มีการแตกตัว โดยมีอนุภาคไอออนและอิเล็กตรอนในปริมาณเท่ากัน ทำให้มีประจุไฟฟ้ารวมเท่ากับศูนย์ การแตกตัวนี้สามารถเกิดได้เมื่อ โมเลกุลของแก๊สได้รับรังสีพลังงานสูง หรือสนามไฟฟ้า หรือพลังงานความร้อนสูง ทั้งนี้สามารถแบ่งประเภทของพลาสมาได้เป็น 2 ประเภท คือ พลาสมาอุณหภูมิสูง (hot plasma) และพลาสมาอุณหภูมิต่ำ (cold plasma) ลักษณะของพลาสมาอุณหภูมิสูงจะมีอุณหภูมิของอิเล็กตรอนและไอออนที่สูง ระบบประจุจะอยู่ในสมดุลและมีการแตกตัวเกือบทั้งหมด พลาสมาอุณหภูมิต่ำนี้ รวมถึงสายฟ้า ไอพ่นของเครื่องยนต์เจ็ท ปฏิริยานิวเคลียร์ และอื่นๆ สำหรับพลาสมาอุณหภูมิต่ำ จะมีอนุภาคที่มีพลังงานความร้อนต่ำ คือ อนุภาคที่มีประจุ รวมถึงโมเลกุลและอะตอมที่ยังไม่แตกตัว นอกจากนี้ ยังมีอิเล็กตรอนอุณหภูมิสูงบางส่วนที่เทียบเท่ากับการแตกตัวในสัดส่วน 10^{-4} - 10 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างของพลาสมาอุณหภูมิต่ำ ได้แก่ ไฟฟ้ากระแสตรงในความดันต่ำ การปล่อยประจุด้วยคลื่นความถี่วิทยุ หรือจากหลอดเรืองแสง ไปจนถึงการปล่อยประจุแบบคอโรนา



รูปที่ 2.1 สถานะทั้ง 4 ของสสาร

การปรับปรุงผิวด้วยพลาสมา (plasma treatment)⁷ จัดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการตัดแปรผิววัสดุและเป็นกระบวนการที่ลดปริมาณการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังสามารถนำไปใช้งานกับผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ โดยองค์ประกอบของพลาสมา ซึ่งได้แก่ แก๊สที่เกิดการแตกตัวเป็นไอออน อนุมูลอิสระ และกลุ่มที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมี (chemically active species) สามารถเคลื่อนที่สัมผัสผิววัสดุ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างขึ้นบนผิววัสดุ เช่น การตัดขาดของสายโซ่ (chain scission) การเอ็ช (etching) การเกิดหมู่ฟังก์ชันที่ผิววัสดุ (functionalization) ดังรูปที่ 2.2 ทำให้ได้สมบัติต่างๆบริเวณผิววัสดุตามที่ต้องการ เช่น การเพิ่มความสามารถในการเปียก (wettability) ความสามารถในการ

การยึดติด (adhesion) ของผิววัสดุ หรือในกรณีของผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ทำให้สมบัติการย้อมสี (dyeing properties) ดีขึ้น โดยที่สมบัติทางบัลก์ของวัสดุไม่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนผิววัสดุเมื่อตัดแปรด้วยพลาสมา²

ที่ผ่านมาได้มีผู้สนใจนำพลาสมาไปใช้ในการตัดแปรผิววัสดุมากขึ้น เช่น Ueno S. และคณะ⁷ ได้ศึกษาวิธีการปรับปรุงสมบัติการย้อมสีของผ้าใยสังเคราะห์ และปรับปรุงสมบัติความคงทนของสีต่อการซักและการซักของผ้าที่ผ่านการย้อมสี โดยใช้ออร์แกนโพลิไซลอกเซน (organopolysiloxane) เคลือบบนผ้าที่ผ่านการย้อม แล้วยิงด้วยพลาสมาแบบอุณหภูมิต่ำ (low temperature plasma) ภายใต้อุณหภูมิที่ลดลง ตัวอย่างเช่น เมื่อนำผ้าไนลอนดังกล่าวไปจุ่มในอิมัลชันของออร์แกนโพลิไซลอกเซนที่ตัดแปรด้วยหมู่อะมิโน (amino-modified organopolysiloxane) หรือ ไดเมทิลโพลิไซลอกเซน (dimethylpolysiloxane) 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำ ซึ่งมีความหนืดอยู่ในช่วง 10^2 ถึง 10^3 เซนติสโตกซ์ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หลังจากนั้น นำไปฉายด้วยพลาสมาอุณหภูมิต่ำของแก๊สออกซิไดส์ เช่น ออกซิเจน หรือแก๊สผสมที่มีออกซิเจนอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ภายใต้อุณหภูมิ 0.01 ถึง 10 ทอร์ ทั้งนี้การเกิดพลาสมาอุณหภูมิต่ำข้างต้นต้องใช้พลังงาน 10 ถึง 100 กิโลวัตต์ ณ ความถี่ 10 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 100 เมกะเฮิร์ตซ์ สมบัติดังกล่าวของผ้าไนลอนเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อมีปริมาณไซลอกเซน 10^{-3} ถึง 10^{-2} กรัมต่อผ้า 1 กรัม

Iriyama Y. และคณะ⁸ ได้ปรับปรุงสมบัติการย้อมสีของผ้าใยไนลอน ด้วยการยิงผิวของผ้าด้วยพลาสมาแบบอุณหภูมิต่ำ โดยฟลูออโรคาร์บอน (fluorocarbon) แฉกตัวเป็นไอออน แล้วเคลือบบนผิวของผ้า ส่งผลให้ผ้าใยไนลอนมีสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) มากขึ้น นอกจากนี้ ยังสามารถสะท้อนน้ำดีขึ้นอีกด้วย สำหรับ Kan C.W. และคณะ⁹ ได้ศึกษาสมบัติเชิงผิวของผ้าขนสัตว์ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งใช้แก๊สไนโตรเจนในการแตกตัวเป็นไอออน ส่งผลให้ผ้าขนสัตว์มีความชอบน้ำ (hydrophilic) มากขึ้น และเป็นการปรับปรุงสมบัติด้านไฟฟ้าสถิตของผ้าขนสัตว์อีกด้วย

Carrino L. และคณะ¹⁰ ได้ตัดแปรโพลิโพรพิลีนด้วยพลาสมาที่ภาวะไม่สมดุล (อุณหภูมิต่ำกว่า 773 เคลวิน) โดยได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆ (กระแสไฟฟ้า จำนวนครั้งของการยิงพลาสมา

อัตราการไหลของอากาศ) ของการพลาสมากับความสามารถในการเปียกและการยึดติดระหว่างผิวพอลิเมอร์ที่ศึกษากับพอลิโพรพิลีนที่ดัดแปรผิว พบว่า ภาวะที่เหมาะสมในการดัดแปรซึ่งให้ความสามารถในการเปียกที่เหมาะสมที่สุด คือ 10 กิโลวัตต์ 30 ครั้ง 20 ลูกบาศก์เดซิเมตร และมีแนวโน้มการยึดติดระหว่างผิวของพอลิโพรพิลีนกับพอลิเมอร์ที่ศึกษา ส่วน Rahel J. และคณะ¹¹ ได้ศึกษาการไฮโดรฟิลิเซชันของนอนูฟเวเนพอลิโพรพิลีน โดยใช้การปรับปรุงผิวสัมผัสให้มีประจุ ด้วยการนำชิ้นตัวอย่างมาผ่านพลาสมาในโตรเจน แล้วตรวจสอบผิวทางเคมีด้วยเอกซเรย์โฟโตอิเล็กตรอนสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (X-ray photoelectron spectrophotometer, XPS) ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ของนอนูฟเวเนพอลิโพรพิลีน

สำหรับ Simor M. และคณะ¹² ได้ศึกษาการดัดแปรผิวของนอนูฟเวเนพอลิเอสเตอร์ด้วยกระบวนการพลาสมาในบรรยากาศในโตรเจน การเกิดพลาสมาใน surface barrier discharge ให้ชั้นพลาสมาที่บาง ซึ่งช่วยให้การสัมผัสกับผ้าดี และมีประสิทธิภาพสูงในการปรับปรุงผ้านอนูฟเวเนพอลิเอสเตอร์ จากผลการทดลองพบว่า การยิง 1 ครั้ง เพียงพอที่จะทำให้ผิวของผ้ามีขี้ผึ้งและมีการยึดติดดีขึ้น สำหรับ Cioffi M.O.H. และคณะ¹³ ได้ดัดแปรผิวของเส้นใยพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (เพต) เพื่อให้มีพลังงานพื้นผิวที่เหมาะสมต่อการนำไปเตรียมวัสดุเชิงประกอบระหว่างเส้นใยเพตและพอลิเมทิลเมทาคริเลต โดยใช้เครื่องกำเนิดพลาสมาที่เหนี่ยวนำด้วยคลื่นวิทยุในภาวะที่มีออกซิเจน

Mccord M.G. และคณะ¹⁴ ได้ศึกษาความไม่ชอบน้ำ (hydrophobicity) และการสะท้อนน้ำ (water repellency) ของผ้าฝ้าย เมื่อดัดแปรผิวด้วยพลาสมา ซึ่งแก๊สที่ใช้คือ เตตระฟลูออโรมีเทน (CF_4) และเฮกซะฟลูออโรเอทิลีน (C_2F_6) โดยการปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้า ระยะเวลา และความดันสำหรับแก๊สแต่ละชนิด จากการศึกษพบว่า ผ้าฝ้ายที่ดัดแปรผิวด้วยแก๊ส C_2F_6 มีค่ามุมสัมผัสและเวลาที่ทำให้เปียก (wet out time) เพิ่มขึ้น โดยมีค่ามากกว่าผ้าที่ดัดแปรด้วย CF_4 ในทุกๆ ตัวอย่าง และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบบริเวณผิวด้วย XPS พบว่า มีปริมาณฟลูออรีนและหมู่ฟลูออโรคาร์บอนเกิดขึ้นที่บริเวณพื้นผิวเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ผ้าฝ้ายที่ดัดแปรด้วยแก๊สทั้งสองชนิดมีความไม่ชอบน้ำเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ Mccord M.G. และคณะ¹⁵ ยังได้ดัดแปรผิวของผ้าทอไนลอนและผ้านอนูฟเวเนพอลิโพรพิลีนด้วยพลาสมาภายใต้ความดันบรรยากาศ (atmospheric plasma) ซึ่งแก๊สที่ใช้คือ ฮีเลียม และฮีเลียม-ออกซิเจน จากการทดลองพบว่า สัณฐานวิทยาบริเวณผิวของผ้านอนูฟเวเนพอลิโพรพิลีนเปลี่ยนแปลงอย่างมาก โดยมีปริมาณออกซิเจนและไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างมาก ในขณะที่สัณฐานวิทยาบริเวณผิวของผ้าทอไนลอนไม่มีการเปลี่ยนแปลง

Sun D. และ Stylios G.K.¹⁶ ศึกษาการดัดแปรผิวของผ้าฝ้ายและผ้าขนสัตว์ด้วยกระบวนการพลาสมาแบบอุณหภูมิต่ำ ในบรรยากาศออกซิเจน ภายใต้ความดันที่ลดลง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการดกแต่งสำเร็จและการย้อมสี ซึ่งพบว่า ผ้าฝ้ายและผ้าขนสัตว์มีความชอบน้ำมากขึ้น นอกจากนี้ ยังทำให้กระบวนการกำจัดสิ่งสกปรก (scouring) และประสิทธิภาพของการย้อมสีดีขึ้นอย่างมาก

Joanne Y. และคณะ¹⁷ ศึกษาสัณฐานวิทยา องค์ประกอบทางเคมีบริเวณผิว และสมบัติต่างๆของผ้าไนลอน เมื่อตัดแปรผิวด้วยพลาสมาแบบอุณหภูมิต่ำ โดยใช้แก๊ส CF_4 จากการศึกษาพบว่า พลาสมาที่เกิดขึ้นเคลือบเป็นฟิล์มบางอยู่บนผิวของผ้า ส่งผลให้ความต้านทานต่อการซึมผ่านของอากาศเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ยังพบอะตอมฟลูออรีนอยู่บนผิว จึงทำให้สามารถสะท้อนน้ำได้ดีขึ้น

Rajpreet K. และคณะ¹⁸ ศึกษาการตัดแปรผ้านอนวูฟเวน Sontara® ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในการทำเสื้อกาวน์แพทย์สำหรับผ่าตัดด้วยสารตกค้างด้านจุลินทรีย์และพลาสมา โดยแก๊สที่ใช้คือ ฟลูออโรคาร์บอน เมื่อนำผ้าที่ผ่านการตัดแปรไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและหมู่ฟังก์ชันพบว่า กระบวนการตัดแปรด้วยพลาสมานั้น ไม่ทำให้น้ำหนัก ความหนา ความเหนียว ความสามารถในการซึมผ่านของอากาศ และความทนแรงดึงเปลี่ยนแปลงไป แต่ทำให้การสะท้อนน้ำและความต้านทานต่อการเล็ดและน้ำสูงขึ้น อีกทั้งผ้าที่ผ่านการตัดแปรด้วยพลาสมาบริเวณที่สามารถยับยั้ง จุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus* คังนั้น จึงสามารถป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ได้

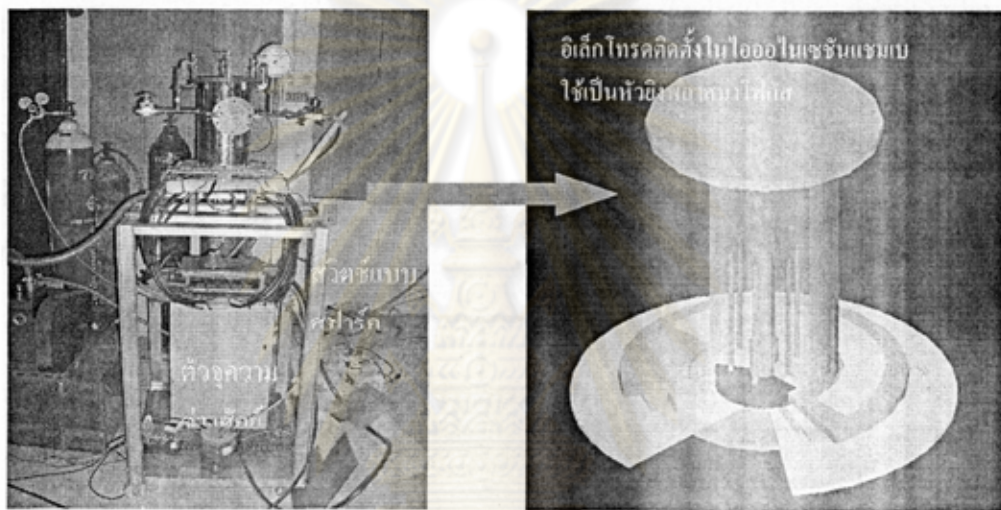
ประดุง สวนพุด และคณะ¹⁹ ได้ใช้พลาสมาอุณหภูมิต่ำมาตัดแปรผ้าไหม โดยเมื่ออบผ้าไหมในพลาสมาในระดับความดันที่ต่ำกว่าบรรยากาศ (ต่ำกว่า 1/100,000 ของความดันบรรยากาศ) พบว่าพลาสมาสามารถเปลี่ยนสมบัติเชิงผิวของผ้าไหม ทำให้การดูดซับน้ำได้มากขึ้น

จากงานวิจัยเหล่านั้นข้างต้น จะเห็นได้ว่า การตัดแปรด้วยพลาสมานั้น สามารถปรับปรุงสมบัติต่างๆ ของ ผลิตภัณฑ์สิ่งทอได้ตามต้องการ โดยเพียงแต่เปลี่ยนแปลงชนิดของแก๊สที่ใช้ในการตัดแปรเท่านั้น นอกจากนี้ งานวิจัยข้างต้น ยังแสดงให้เห็นว่า การเกิดหมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของผ้านั้น มีความแตกต่างกันไป หากประเภทของผ้ามีความแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะใช้แก๊สชนิดเดียวกันในการตัดแปร

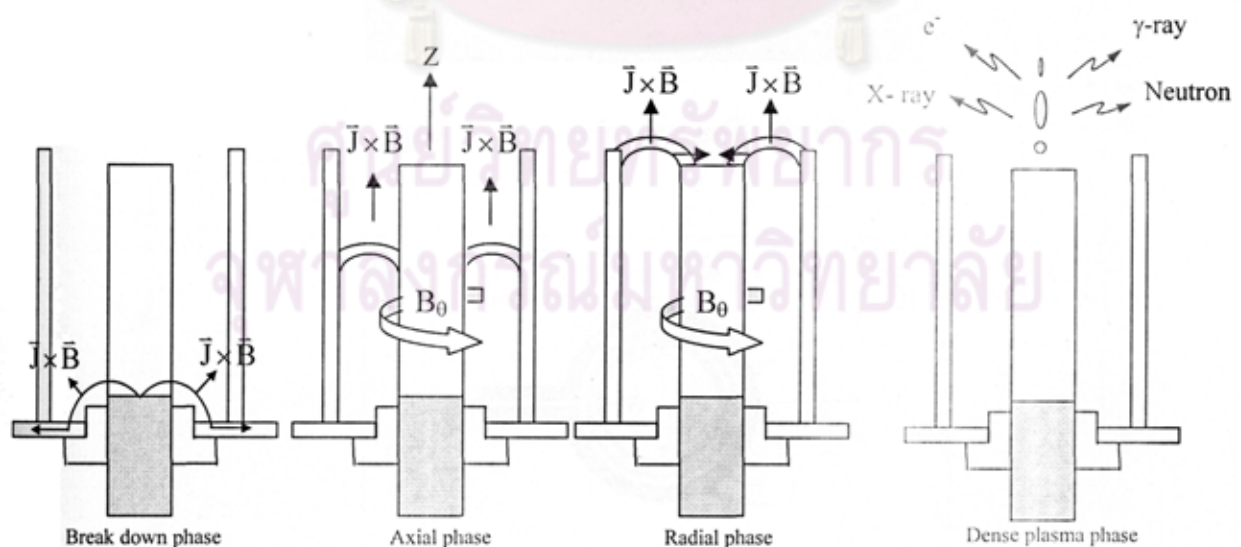
อย่างไรก็ตาม พลาสมาที่ใช้ในการตัดแปรผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากงานวิจัยข้างต้นนั้น ส่วนกำเนิดจากเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบอุณหภูมิต่ำที่ปล่อยพลาสมาออกมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ยากต่อการควบคุมระดับพลังงานและปริมาณของพลาสมาที่ไปสัมผัสกับพื้นผิวของวัสดุ ดังนั้น ในแผนงานวิจัยนี้ ได้ทดลองใช้เครื่องกำเนิดพลาสมาแบบอุณหภูมิสูงที่ปล่อยพลาสมาออกมาเป็นครั้งๆ จึงทำให้สามารถควบคุมระดับพลังงานและปริมาณของพลาสมาที่ไปสัมผัสกับพื้นผิวของผลิตภัณฑ์สิ่งทอได้ตามต้องการ และได้ดีกว่าเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบอุณหภูมิต่ำดังกล่าว

เครื่องกำเนิดพลาสมาแบบอุณหภูมิสูงที่ปล่อยพลาสมาออกมาเป็นครั้งๆ มีหลายประเภท เช่น เครื่องพลาสมาโฟกัส (Plasma Focus) ในรูปที่ 2.3 ซึ่งมีกลไกการกำเนิดพลาสมาดังแสดงในรูปที่ 2.4 ทั้งนี้ในเบื้องต้น คณะผู้วิจัย²¹ ได้มีการทดลองนำผ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนมาตัดแปรผิวด้วยเครื่องพลาสมาโฟกัส ซึ่งทำงานภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน ที่ความดัน 1.5 มิลลิบาร์ โดยเปลี่ยนแปลงจำนวนครั้งของการยิงพลาสมาตั้งแต่ 1 ถึง 5 ครั้ง เครื่องพลาสมาโฟกัสทำให้เกิดพลาสมาในโตรเจนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา ซึ่งเคลื่อนเข้าชนพื้นผิวของผ้าด้วยอัตราเร็วเหนือเสียง จากการศึกษาวิเคราะห์ที่คำนวณสัมประสิทธิ์ของน้ำและสมบัติการดูดซับน้ำของนอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนพบว่า การตัดแปรพื้นผิว ทำให้ความชอบน้ำของพอลิโพรพิลีนเพิ่มขึ้น เมื่อนำนอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนกับนอนวูฟเวนพอลิเอสเตอร์ผสมฝ้าย

มาลามิเนตด้วยกระบวนการอัดแบบ ณ อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 นาที โดยใช้อัตราส่วนของนอนนูปเวเนพอลิโพรพิลีนต่อนอนนูปเวเนพอลิเอสเตอร์และฟ้ายเป็น 95:5 90:10 85:15 และ 80:20 ตามลำดับ ได้วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีน- พอลิเอสเตอร์/ฟ้าย จากการศึกษพบว่า สมบัติด้านแรงดึงและสมบัติด้านแรงคดโค้งของวัสดุเชิงประกอบซึ่งเตรียมจากพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการตัดแปรพื้นผิวมีค่าสูงกว่าของวัสดุเชิงประกอบซึ่งเตรียมจากพอลิโพรพิลีนที่ไม่ผ่านการตัดแปรพื้นผิว ในขณะที่ความทนแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบทั้งสองกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่า วัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากนอนนูปเวเนพอลิโพรพิลีนซึ่งตัดแปรพื้นผิวด้วยการยิงพลาสมา 4 ครั้ง และนอนนูปเวเนพอลิเอสเตอร์/ฟ้าย 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีสมบัติเชิงกลดีที่สุด

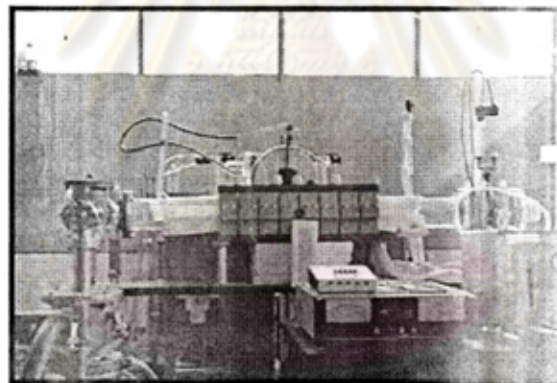


รูปที่ 2.3 องค์ประกอบของเครื่องพลาสมาโฟกัส

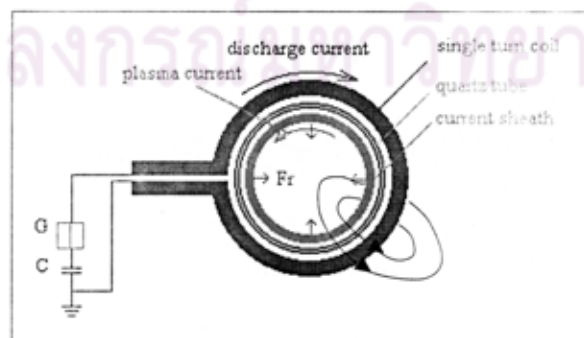


รูปที่ 2.4 กลไกการกำเนิดพลาสมาของเครื่องพลาสมาโฟกัส

จากลักษณะของเครื่องพลาสมาโพกัสข้างต้น จะเห็นได้ว่า หากจะนำมาประยุกต์ในทางอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยการนำมาใช้ดัดแปรผลิตภัณฑ์สิ่งทอในรูปแบบของผ้าผืน ซึ่งเป็นรูปแบบของผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่มีการใช้มากนั้น จะเป็นไปได้ค่อนข้างยาก ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการใช้เครื่องกำเนิดพลาสมาอุณหภูมิสูงอีกแบบ คือ เครื่องที่ตาพินช์ (Theta-pinch) ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.5 และมีกลไกการกำเนิดพลาสมาดังรูปที่ 2.6 โดยในเบื้องต้นนั้น ได้ทดลองศึกษาการดัดแปรเส้นใยสิ่งทอหลายประเภท ตัวอย่างเช่น การนำเส้นใยพอลิโพรพิลีน¹⁹ มาดัดแปรพื้นผิวโดยใช้เครื่องที่ตาพินช์ ซึ่งผลิตพลาสมาในโตรเจนและพลาสมาออกซิเจน ที่จำนวนครั้งในการยิงต่างๆ กัน แรงลอเรนทซ์เป็นสาเหตุที่ทำให้พลาสมาเกิดการเคลื่อนที่ไปสัมผัสบนผิวของเส้นใย ซึ่งการสัมผัสนี้ส่งผลให้พื้นผิวของเส้นใยมีความขรุขระ ซึ่งสามารถเห็นได้จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ชนิดของแก๊สและจำนวนครั้งของการยิงพลาสมามีผลต่อสมบัติด้านแรงดึง ความหนาแน่นเชิงเส้นและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย ในขณะที่สมบัติด้านการคิดไฟของเส้นใยที่ผ่านและไม่ผ่านการดัดแปรมีค่าใกล้เคียงกัน เส้นใยที่ผ่านการดัดแปรทั้งหมดมีคุณลักษณะในการชอบน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจากการเกิดหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำขึ้นบนพื้นผิว ซึ่งสามารถยืนยันได้จากอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของเครื่องที่ตาพินช์



รูปที่ 2.6 กลไกการกำเนิดพลาสมาของเครื่องที่ตาพินช์

2.2 ชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้ในงานวิจัย²²

ในงานวิจัยนี้ ใช้พอลิเมอร์ธรรมชาติ 2 ชนิด คือ พอลิเอสเทอร์และเซลลูโลส ทั้งที่เป็นผ้าเส้นใยชนิดเดี่ยวและผ้าเส้นใยผสม และใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์ 1 ชนิดคือ พอลิโพรพิลีน โดยรายละเอียดของพอลิเมอร์แต่ละชนิดมีดังต่อไปนี้

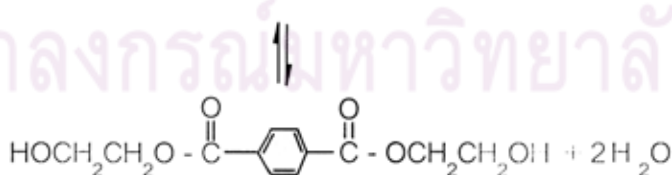
2.2.1 พอลิเอสเทอร์

Dr. W.H Carother เป็นผู้ค้นพบพอลิเอสเทอร์ ในช่วงปี ค.ศ. 1930 แม้เนื่องจากช่วงนั้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไนลอนกำลังเป็นที่สนใจอย่างมาก Dr.Carother จึงหันไปพัฒนาไนลอนแทน ต่อมาในปี ค.ศ. 1941 Whinfield และ Dickson ทดลองใช้พอลิเอสเทอร์ในการทำเส้นใยโดยตั้งชื่อเส้นใยพอลิเอสเทอร์นี้ว่า Terylene และต่อมา ทางบริษัท Dupont ก็ซื้อลิขสิทธิ์ของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ไป และผลิตจำหน่ายภายใต้ชื่อ Dacron

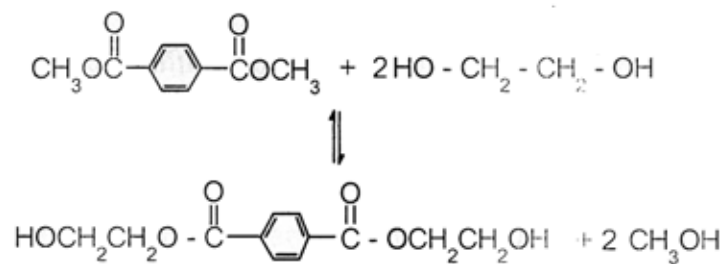
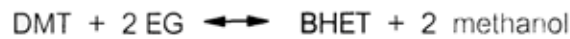
ผลิตสังเคราะห์จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันโดยตรง (direct esterification) ระหว่างกรดเทเรฟทาลิก (terephthalic acid, TPA) และเอทิลีนไกลคอล (ethylene glycol, EG) หรือจากปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนเอสเทอร์ (ester interchange) ระหว่างไดเมทิลเทเรฟทาเลต (dimethyl terephthalate, DMT) และเอทิลีนไกลคอล

ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ผลิตประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นแรก : เป็นการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเอทิลีนไกลคอล (EG) กับกรดเทเรฟทาลิก (TPA) โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150–200 องศาเซลเซียส และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม ผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยานี้ คือ บิส-2-ไฮดรอกซีเอทิลเทเรฟทาเลต [bis(2-hydroxyethyl) terephthalate, BHET] และมีน้ำเป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยา ดังสมการต่อไปนี้

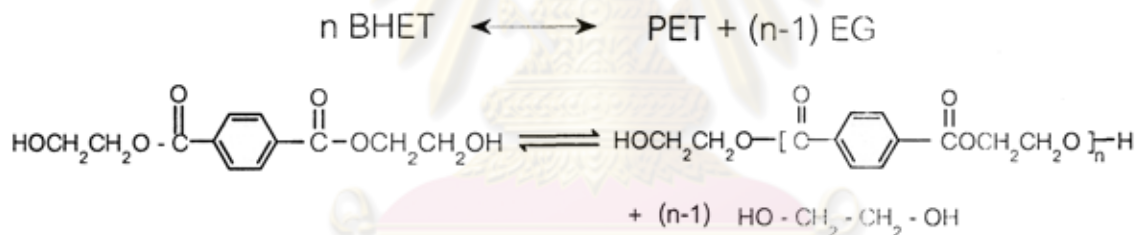


หรือไดเมทิลเทเรฟทาเลตทำปฏิกิริยากับเอทิลีนไกลคอล ซึ่งจะได้เมทานอลเป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยา ดังสมการต่อไปนี้



น้ำหรือเมทานอลซึ่งเป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยาต้องถูกกำจัดออกไป เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ และใช้เอทิลีน ไกลคอลที่มากเกินไป เพื่อให้ปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้ามากที่สุด กระบวนการในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย (solution polymerization)

ขั้นที่สอง : ให้ความร้อนกับของผสมซึ่งได้จากขั้นแรก ที่อุณหภูมิ 270–285 องศาเซลเซียส ความดันประมาณ 1 มิลลิเมตรปรอท ผลผลิตจากปฏิกิริยา คือ เพตที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และเอทิลีน ไกลคอล เป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยา ดังสมการต่อไปนี้



พอลิเอสเตอร์ นับเป็นเส้นใยที่ใช้กันอย่างกว้างขวางมากที่สุดในบรรดาเส้นใยสังเคราะห์ทั้งหมด อีกทั้งยังสามารถนำไปผสมกับเส้นใยอื่นได้แทบทุกชนิด โดยไม่ทำให้สมบัติเด่นของเส้นใยที่นำไปผสมนั้นเปลี่ยนแปลงไป จึงมีผู้เรียกพอลิเอสเตอร์ว่า ผู้ยิ่งใหญ่แห่งการผสม โดยทั่วไปแล้วเส้นใยพอลิเอสเตอร์ที่นิยมผลิตกันในปัจจุบันคือ พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต หรือ PET [Poly(ethylene terephthalate)] ซึ่งมีสมบัติดังนี้

- สมบัติการคืนตัวดี ทั้งในขณะเปียกและแห้ง เมื่อใช้ทำเป็นเครื่องนุ่งห่ม และดูแลรักษาได้ง่ายเหมาะต่อการใช้ประโยชน์ด้านทำการตกแต่งบ้าน
- เป็นผลิตภัณฑ์ที่รักษารูปทรงได้ดี สามารถซักด้วยเครื่องได้
- ทนทานต่อแสงแดด เหมาะทำเป็นผ้าม่าน
- มีความคงทนต่อการขูดขีด สามารถใช้งานในเชิงอุตสาหกรรมได้ ใช้ทำด้ายเย็บจักรตลอดจนเสื้อผ้า

➤ ความสวยงามเหนือกว่าในลอน นำมาผสมกับเส้นใยอื่นได้ มีลักษณะคล้ายไหม

พอลิเอสเตอร์สามารถผสมเข้ากับเส้นใยชนิดอื่นๆ ได้มากมาย ที่ประสบความสำเร็จสูงสุดคือ การผสมกับผ้าฝ้ายในสัดส่วน พอลิเอสเตอร์:ฝ้าย เท่ากับ 65:35 หรือที่เรียกกันว่าผ้า T/C และอีกชนิดคือการผสมกับเส้นใยเรยอน เรียกว่าผ้า T/R สามารถนำพอลิเอสเตอร์ไปใช้งานด้านต่างๆ ได้มากมายนับจากเสื้อผ้าสวมใส่เพื่อความสวยงาม เสื้อผ้าทำงาน เสื้อสูท กระโปรง ผ้าม่าน ผ้ามัดย้อมเฟอร์นิเจอร์ เฟอร์นิเจอร์ โต๊ะ ไปจนถึงพรม นับเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงสูง สามารถทำจีบถาวรได้ด้วยความร้อนทำเส้นด้ายเทกซ์เจอร์ซั๊กได้ด้วยเครื่องจักร และไม่ต้องรีดภายหลังการซัก

สมบัติทางกายภาพ

ลักษณะภายนอก เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์เป็นเส้นใยผิวเรียบ พื้นที่ทำมัดด้อมีหลายแบบ ส่วนมากเป็นวงกลม ดังนั้น จึงดูเป็นแท่งยาวมีความยาวแตกต่างกันตามความต้องการของการใช้งาน โดยทั่วไปมีสีขาวและมีความเงามันหลายระดับตั้งแต่สว่าง กึ่งทึบ และทึบ

ความแข็งแรง จัดเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรง ทนทานต่อการขูดขีดไม่ว่าอยู่ในสภาพแห้งหรือเปียกก็ตาม การยืดดึงร้อนทำให้การเรียงตัวของโครงสร้างภายในที่เป็นผลึกมีความเป็นระเบียบมากขึ้น อันเป็นผลโดยตรงต่อการเพิ่มความแข็งแรงของเส้นใยให้สูงขึ้น โดยปกติแล้วเส้นใยยาวจะมีความแข็งแรงสูงกว่าเส้นใยสั้น

สภาพยืดหยุ่น อยู่ในระดับปานกลางไปจนถึงดี โดยทั่วไปพอลิเอสเตอร์เป็นเส้นใยที่ไม่ยืดหยุ่นหรือยืดตัวดึ้น โดยเฉพาะที่%การยืดตัวสูงจะคืนกลับสภาพไม่ดี ในขณะที่เมื่อยืดตัวเพียงเล็กน้อยจะคืนตัวกลับได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับในลอน นับเป็นสมบัติเด่นของพอลิเอสเตอร์ในการรักษารูปทรงได้ดีจึงเหมาะต่อการทำเป็นผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้าย ซึ่งจะไม่ต้องถูกยืดดึงให้เสียรูปทรงง่าย

การคืนตัวจากแรงอัด อยู่ในระดับดีถึงดีมาก ทนทานต่อการอัดทั้งในสภาพแห้งและเปียก นับเป็นสมบัติเด่นที่เหมาะสมในการนำเส้นใยพอลิเอสเตอร์ไปบรรจุภายในผลิตภัณฑ์หมอนและผ้าห่มที่ต้องการรับน้ำหนัก โดยไม่เสียรูปทรง หรือสามารถคืนตัวกลับอยู่ในสภาพเดิมได้ดีภายหลังการใช้งาน

ความสามารถในการดูดซับความชื้น ค่อนข้างต่ำมาก โดยสามารถดูดซับความชื้นอยู่ระหว่าง 0.4-0.8% เท่านั้น ส่งผลในเชิงบวกทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งเร็วและไม่ต้องการให้น้ำเกาะซึมมากนัก แต่ข้อเสียคือ คราบไขมันและสิ่งสกปรกจะเกาะติดแน่น และเมื่อนำมาใช้เป็นเสื้อผ้าจะทำให้สวมใส่ไม่สบายตัว อึดอัด เนื่องจากความชื้นจากเหงื่อ มีปัญหาการสะสมของประจุไฟฟ้า

ผลของความร้อน ขึ้นกับชนิดของพอลิเอสเตอร์ ซึ่งจะเริ่มเกิดการเหนียวหรืออ่อนตัวลงที่อุณหภูมิ 227-242 องศาเซลเซียส และเผาไหม้ที่ อุณหภูมิ 249-290 องศาเซลเซียส

การติดไฟ เมื่อพอลิเอสเตอร์ถูกไฟจะคล้ายในลอน คือ เกิดการหล่นเป็นเปลวไฟเล็กน้อย แต่ไม่มีเปลวไฟติด จากนั้นเกิดการหลอมตัวและจับตัวเป็นหยด เมื่อเย็นตัวลงก็จะแข็งเป็นเม็ดดำ ข้อแตกต่างจากในลอนก็คือ กลิ่นที่ออกมามีกลิ่นคล้ายน้ำมันเบนซิน และมีเขม่าดำเป็นผงติดขึ้นด้วย

ความถ่วงจำเพาะ แล้วแต่ชนิดของพอลิเอสเทอร์ โดยมีค่าในช่วง 1.22-1.38

สมบัติทางเคมี

กรดและด่าง โดยทั่วไปทนต่อสารเคมีทั้งกรดและด่างได้ แต่ในภาวะที่อุณหภูมิสูงขึ้นความทนทานจะลดลง เช่น กับกรดกำมะถันที่อุณหภูมิสูงเส้นใยจะเสื่อมสภาพลงได้ เหนือไม่มีผลต่อเส้นใย นอกจากนั้นแล้ว พอลิเอสเทอร์ยังสามารถซักแห้งได้เช่นกัน

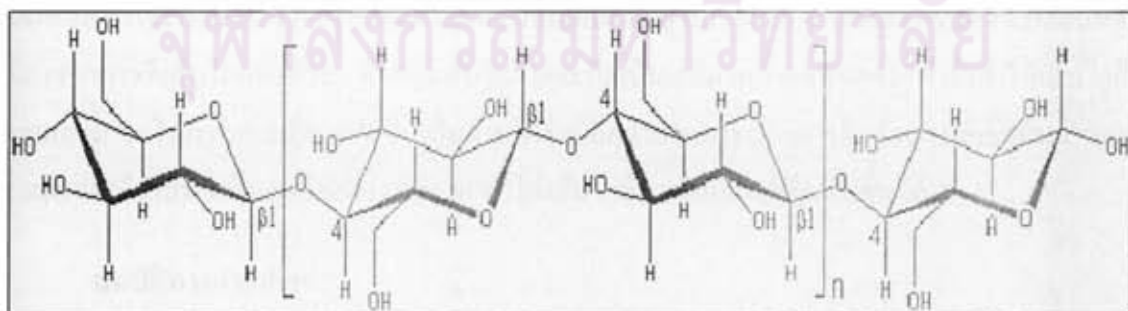
ราและแมลง พอลิเอสเทอร์ทนทานต่อเชื้อราและแมลงได้เป็นอย่างดี

แสงแดด ภายใต้อุณหภูมิปกติพอลิเอสเทอร์ทนทานต่อแสงแดดได้เป็นอย่างดี แต่หากถูกแสงนานๆ ไปอาจทำให้เส้นใยมีสมบัติที่เสื่อมสภาพลงได้

เส้นใยพอลิเอสเทอร์เป็น 1 ในเส้นใยที่สามารถนำมาผลิตเป็นผ้าเอนดูทเวทได้ ซึ่งสมบัติที่ดีของพอลิเอสเทอร์ก็ยังคงเดิม

2.2.2 เซลลูโลส

เส้นใยธรรมชาติจากพืชทุกชนิดจัดเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยคาร์บอน 44% ไฮโดรเจน 6.2% และออกซิเจน 49.4% มีโครงสร้างประกอบด้วยหน่วยขั้นพื้นฐานที่เรียกว่า anhydro-*d*-glucose ต่อกันเป็นสายโซ่โมเลกุลยาว แต่ละหน่วยของกลูโคสประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลทั้งหมด 3 หมู่ด้วยกันซึ่งเหมือนกับโครงสร้างน้ำตาลทั่วไป แต่เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลยาวที่ต่อกันเป็นลูกโซ่ จึงทำให้ไม่ละลายน้ำเหมือนกับน้ำตาล โครงสร้างทางเคมีนั้นมีความซับซ้อนในการกำหนดสมบัติของเส้นใย กล่าวคือ หมู่ไฮดรอกซิล จะเป็นตัวดึงดูดน้ำ ทำให้มีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้ดี อีกทั้งเป็นจุดที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยากับกรดอะซิติกได้เป็นเซลลูโลสอะซิเตต หรือเส้นใยอะซิเตต นั่นเอง ลักษณะการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลจะทำให้เส้นใยมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามไปได้นอกจากนี้แล้ว บริเวณพันธะ -C-O-C- จะเป็นบริเวณที่ถูกทำลายได้ด้วยผลจากการเกิดออกซิเดชันหรือจากการทำลายด้วยสภาพภูมิอากาศ ทำให้โมเลกุลยาวขาดออกเป็นโมเลกุลน้ำตาลขนาดเล็กๆ และกลายเป็นอาหารของพืชและสัตว์ต่อไป



หนึ่งในเส้นใยเซลลูโลสที่เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดอย่างหนึ่งก็คือ ฝ้าย

ฝ้าย นับได้ว่าเป็นเส้นใยพืชที่มีความสำคัญและมีการใช้งานอย่างกว้างขวางมากที่สุด สามารถใช้งานได้หลากหลาย อาจใช้เส้นใยฝ้าย 100% หรือใช้เส้นใยฝ้ายผสมกับเส้นใยอื่นๆได้แทบทุกชนิด ในประวัติศาสตร์ที่ผ่านมามนุษย์มีการนำเส้นใยฝ้ายมาใช้งานนานกว่า 5000 ปีมาแล้ว มีการเพาะปลูกฝ้ายในแทบทุกภูมิภาคของโลก ยกเว้นบางประเทศที่มาจากอากาศหนาว เนื่องจากฝ้ายจะไม่เจริญเติบโตในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 21 องศาเซลเซียส ฝ้ายเป็นไม้พุ่มมีความสูงประมาณ 0.9-1.8 เมตร ให้เส้นใยจากเมล็ดหรือปุ๋ยฝ้าย เส้นใยที่นำไปปั่นเป็นด้ายได้ต้องมีความยาวที่เหมาะสม คือไม่สั้นจนเกินไป โดยเฉพาะบริเวณที่ติดกับปลายเมล็ดจะค่อนข้างสั้นมากๆ เรียกกันว่า cotton linter นำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตเส้นใยประดิษฐ์ประเภทเซลลูโลส เช่น เรยอน

เนื่องจากฝ้ายมีปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วโลกจึงจำแนกได้ออกเป็นหลายพันธุ์ ซึ่งในแต่ละพันธุ์ก็จะมีคุณภาพของฝ้ายซึ่งขึ้นกับความยาว ความยาวของเส้นใย ความละเอียดของเส้นใย ดังนั้นความแข็งแรงของเส้นใย จึงแตกต่างกันไป

การปลูกฝ้ายจะกระทำในพื้นที่ที่มีอากาศอบอุ่นติดต่อกันเป็นเวลายาวนานเพียงพอ มีความชื้นแสงแดด ตลอดจนลักษณะดินที่เหมาะสม เมื่อดันฝ้ายเติบโตเต็มที่ หลังจากดอกฝ้ายเบ่งบานแล้วก็จะร่วงลง แล้วก็จะมีปรากฏปุ๋ยฝ้ายออกมา ภายในปุ๋ยฝ้ายจะมีเมล็ดฝ้ายอยู่ โดยเส้นใยฝ้ายจะเจริญมาจากเมล็ด เมื่อปุ๋ยฝ้ายสุกอมก็จะเบ่งบาน และเปิดออกมองเห็นเส้นใยฝ้ายเป็นปุ๋ยพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ ปุ๋ยฝ้ายที่ได้จะนำมาผ่านกระบวนการแยกเส้นใยหรือการเปิดหีบฝ้าย โดยการนำไปเข้าเครื่องหีบฝ้าย ก็จะได้เส้นใยฝ้ายที่ถูกอัดเป็นมัดสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่เรียกกันว่าเบล แต่ละเบลมีน้ำหนัก 225 กิโลกรัม ส่วนที่เป็นเปลือกของเมล็ดฝ้ายก็สามารถนำไปทำปุ๋ยได้ เนื้อในของเมล็ดฝ้ายก็นำไปสกัดเอาน้ำมัน

ฝ้ายมีโครงสร้างที่มีอัตราส่วนของส่วนผลึกต่อส่วนอสัณฐานเท่ากับ 2 ต่อ 1 ทำให้ความสามารถในการยืดตัวดี ดูดซึมความชื้น ได้สูง โดยทางกายภาพฝ้ายเป็นเส้นใยสั้น มีลักษณะทางภายนอกที่หยาบเป็นหลอดแบน ข้วนกันเป็นเกลียว และจากกล้องจุลทรรศน์ภาพตัดขวางจะคล้ายเม็ดถั่วที่มีช่องกลางตรงกลางเป็นช่องส่งน้ำ ภาพตัดขวางของเส้นใยฝ้ายในตอนแรกจะมีหน้าตาคล้ายรูปไตวู ผันเงาเซลล์บางขณะที่ยังอ่อนอยู่ ต่อเมื่อเส้นใยมีอายุมากขึ้นผนังเซลล์ก็จะเริ่มหนา มีลักษณะคล้ายเม็ดถั่วมากขึ้น รูตรงกลางที่เป็นท่อส่งน้ำจะหดเล็กลง ผิวนอกคล้ายมีฟิล์มมันเคลือบอยู่ ผันเงาของเส้นใยจะมีการบิดตัวเปลี่ยนทิศทางเนื่องจากการที่เส้นใยแห้งตัวลง ผิวของเส้นใยฝ้ายจะบิดเป็นเกลียวคล้ายหลอดกาแฟ ซึ่งทำให้เส้นใยฝ้ายมีความสามารถในการเกาะเกี่ยวกัน ปั่นเป็นด้ายได้ง่าย มีความสามารถในการยืดตัวสูง แต่เชื่อกันว่า หากสามารถทำให้เส้นใยฝ้ายเหยียดตรงออก จะทำให้เส้นใยมีความทนแรงดึงเพิ่มขึ้นได้

สมบัติทางกายภาพ

ลักษณะภายนอก ฝ้ายจากธรรมชาติมีผิวนอกคล้ายหลอดแบนที่บิดข้วนเป็นเกลียว พื้นทีหน้าตัดเป็นเม็ดถั่วมีรูตรงกลางซึ่งเคยเป็นช่องส่งน้ำมาก่อน ผิวของเส้นใยไม่เรียบและหยาบแสง

ความยาวของเส้นใยฝ้าย เส้นใยแต่ละเส้นมีความยาวอยู่ในช่วง 1/8 - 2 ½ นิ้ว โดยทั่วไปเส้นใยที่ ยาวจะแข็งแรงกว่าเส้นใยที่สั้น

สี ปกติฝ้ายมีสีขาว ในบางครั้งอาจพบสีครีมหรือสีน้ำตาล

ความมัน โดยปกติฝ้ายจะมีความเงามันต่ำ ยกเว้นในกรณีฝ้ายที่ผ่านกระบวนการชุบมันมาแล้ว จะทำให้มี ความมันดีขึ้น

ความแข็งแรง ฝ้ายเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงปานกลาง ความทนแรงดึง ณ จุดขาด มี ค่าประมาณ 3.0 – 5.0 gpd เมื่อเปียกน้ำเส้นใยจะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น 10-20% ฝ้ายที่ผ่านการชุบมันแล้ว จะมีความแข็งแรงสูง โดยทั่วไปความแข็งแรงจะแปรผันตามความยาวของเส้นใย เมื่อนำมาดีเกลือจะเป็น ค่าย เส้นใยยาวจะมีจุดสัมผัสการเกาะกันของเส้นใยมากกว่าเส้นใยสั้น ทำให้เกิดแรงเสียดทานได้มากกว่า ส่งผลให้การทนต่อแรงดึงสูงขึ้น

การยืดตัว เป็นเส้นใยที่มีการยืดตัวดีกว่าลินิน แต่ต่ำกว่าไหมและขนสัตว์ เกลือฝ้ายที่เกิดขึ้น ตามธรรมชาติทำให้มีการยืดตัวที่ดีและนำมาปั่นเป็นด้ายได้ง่าย

การคืนตัวจากแรงอัด ฝ้ายมีความสามารถในการคืนตัวภายหลังการกดทับได้ดี เกิดการยับได้ ง่าย จึงต้องมีวิธีการตกแต่งสารกันยับลงบนเนื้อผ้าที่ทำจากเส้นใยฝ้าย

การดูดซึมความชื้น ที่ภาวะมาตรฐาน อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65% ฝ้ายจะ ดูดซึมความชื้นได้ราวๆ 7-10 %

ความร้อน ฝ้ายทนต่อความร้อนได้ดี ในระยะเวลาสั้นๆฝ้ายจะเริ่มไหม้และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่ อุณหภูมิ 246 องศาเซลเซียส และถ้าสูงกว่านี้ก็อาจถูกทำลายได้

ความถ่วงจำเพาะ 1.5

สมบัติทางเคมี

กรด กรดอินทรีย์ เช่น กรดน้ำส้มไม่เป็นอันตรายต่อฝ้ายแต่ถ้าเป็นกรดประเภทกำมะถัน หรือ กรดไฮโดรคลอริกจะละลายฝ้ายเป็นขางเหนียว และถ้าถูกกรดในดริคทำปฏิกิริยาเป็นเซลลูโลสในเตรทที่ สามารถระเบิดได้

ด่าง ฝ้ายทนต่อสารละลายด่างได้ดี แม้ในด่างแก่ที่ใช้เป็นส่างในการซักล้างก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติของฝ้าย

ราและแมลง ปกติฝ้ายเกิดราและมีแมลงมาทำลายได้ง่าย เนื่องจากแป้งที่ตกค้างมาจาก กระบวนการลงแป้งทำให้เป็นปัจจัยต่อการเจริญเติบโตของรา

แสง ฝ้ายถูกแสงแดดจะถูกออกซิไดส์เป็นออกซีเซลลูโลส เปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเสื่อมคุณภาพ ลง

การใช้งานของฝ้าย

ด้วยสมบัติที่ดีเด่นมากมายของฝ้ายทั้งความแข็งแรง ทนทาน ความสามารถในการดูดซึมความชื้น การใช้งานได้หลากหลาย สามารถปั่นเป็นด้ายได้แทบทุกระดับของความละเอียด ทอเป็นผ้าได้ทุกโครงสร้าง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากฝ้ายเป็นที่นิยมและใช้กันมาตลอด ผ้าฝ้าย 100% ที่ไม่สามารถใช้อย่างอื่นทดแทนได้ เช่น กางเกงยีนส์ ผ้าปลอกหมอน ผ้าคลุมเตียง เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำฝ้ายมาใช้งานร่วมกับเส้นใยชนิดอื่นๆ ได้อีกมากมาย ทั้งเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ ที่รู้จักกันกว้างขวางก็คือ การใช้งานร่วมกันเส้นใยพอลิเอสเตอร์ เช่น ในกรณีผ้า T/C ที่ผลิตจากเส้นใยฝ้าย 35% นำมาผสมเข้ากับเส้นใยพอลิเอสเตอร์ 65% เป็นต้น

2.2.3 พอลิโพรพิลีน



พอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ในปัจจุบันจะสังเคราะห์จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบโคออร์ดิเนชัน (Coordination Polymerization) สามารถผลิตในรูปของ isotactic syndiotactic หรือ atactic ที่ใช้กันมากคือ isotactic PP ซึ่งมีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์เส้นตรงที่มีผลึกสูง มีจุดหลอมเหลว (melting point) ประมาณ 165 °C PP เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักเบาที่สุด โดยมีความหนาแน่น 0.905 มีสมบัติทางไฟฟ้าดีเยี่ยม เชื่อยต่อสารเคมีและความชื้น มักใช้ทำทั้งเส้นใยขาวและเส้นใยสี ผลิตเป็นฟิล์ม ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

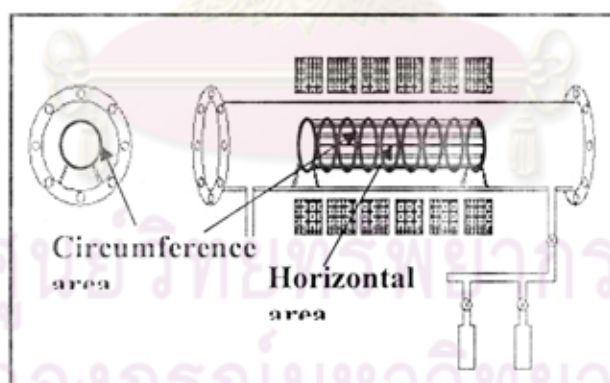
การทดลอง

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แผนงานวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 โครงการวิจัยย่อย ได้แก่ โครงการที่ 1 การตัดแปรสิ่งทอด้วยพลาสมาแบบแห้งที่กำเนิดจากเครื่องที่ตาพินซ์ และโครงการที่ 2 การตัดแปรผิวของพอลิโพรพิลีน โดยใช้เครื่องพลาสมาโฟกัสเพื่อเพิ่มการยึดติดในวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีน/พอลิเอสเทอร์/ผ้า จึงสามารถแบ่งการทดลองออกได้เป็น 2 ส่วน

3.1 วิธีการตัดแปรสิ่งทอด้วยพลาสมาแบบแห้งที่กำเนิดจากเครื่องที่ตาพินซ์และการทดสอบสมบัติของผ้า

3.1.1 การตัดแปรผิวผ้าโดยใช้เครื่องที่ตาพินซ์

ตัดผ้าแต่ละชนิดให้ได้ขนาด 48x26 ซม. แล้วนำไปพันรอบ ๆ ที่จับตัวอย่าง ก่อนนำไปวางไว้ตรงกลางของเครื่องที่ตาพินซ์ ตามรูปที่ 3.1 ก่อนเริ่มทำการทดลองต้องปั๊มอากาศและแก๊สที่ค้างอยู่ในเครื่องออกก่อนด้วยปั๊มสุญญากาศ จากนั้นจึงปล่อยแก๊สที่ต้องการเข้าไปในเครื่อง และตัดแปรผ้าโดยใช้ความดัน 2 Pa กระแส 125 kA และ Charging Voltage 20 kV เมื่อสิ้นสุดการตัดแปร นำผ้าออกจากเครื่อง แล้วนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป



รูปที่ 3.1 ลักษณะการวางผ้าตัวอย่างในเครื่องที่ตาพินซ์

โดยชนิดของผ้าที่ใช้ ชนิดของแก๊ส ชนิดของแก๊ส และจำนวนครั้งในการยิงพลาสมาแสดงได้ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ภาวะที่ใช้ในการคัดแปรผ้าชนิดต่างๆ

ชนิดของแก๊ส	จำนวนครั้งในการยิงพลาสมา		
	ผ้าพอลิเอสเตอร์	ผ้าฝ้าย	ผ้าพอลิเอสเตอร์/ฝ้าย
ไนโตรเจน	20,40	20,40	-
ออกซิเจน	20,40	20,40	-
อากาศ	10,20,30,40	10,20	10,20
อาร์กอน	10,20,30,40	10,20	10,20

โดยผ้าแต่ละชนิดได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทต่างๆ ดังนี้

Polyester (PET) woven fabric (plain), ของ THAI TAFFETA Co., Ltd.

Yarn count : Warp 70/24 dtex, Weft 160/90 dtex

Density : Warp 118 ends/cm, Weft 80 picks/cm

Weight : 89 g/m²

Bleach cotton knitted fabric (Single Jersey)

Yarn count : 20/1 (body size)

Weight : 1.98 g/m²

Cotton woven fabric (plain) ของ Jim Thomson Co., Ltd.

Density: Warp 35 ends/cm, Weft 20 picks/cm

Weight : 234 g/m²

Polyester/cotton blended woven fabric (plain) (65/35)

Density: Warp 46 ends/cm, Weft 30 picks/cm

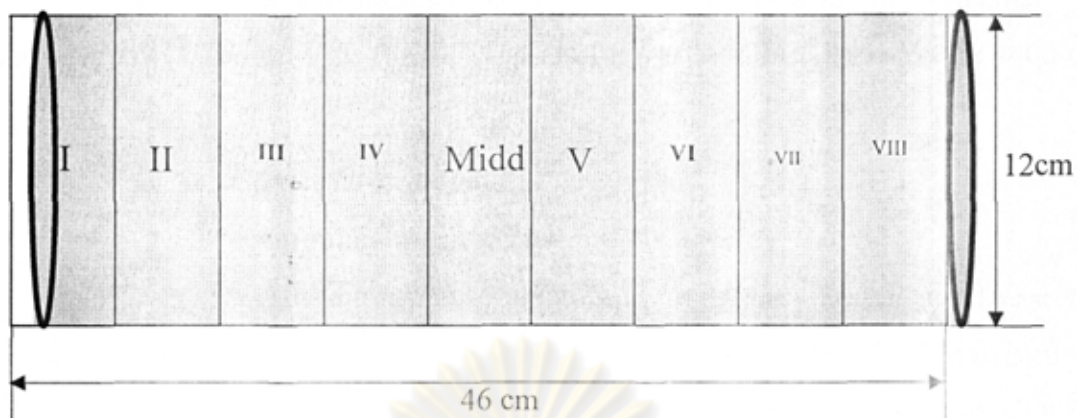
Weight : 101 g/m²

3.1.2 การวิเคราะห์และทดสอบสมบัติต่างๆของผ้า

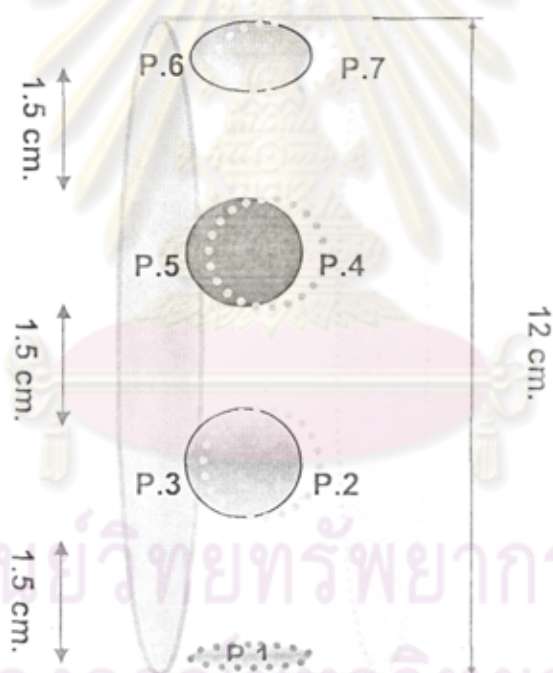
3.1.2.1 การทดสอบความสามารถในการเปียก (Wettability)

ศึกษาความสามารถในการเปียกของผ้าหรือความไม่ชอบน้ำของผ้าที่ผ่านและไม่ผ่านการคัดแปร ด้วยการวัดเวลาที่ผ้าใช้ในการดูดซึมน้ำบนผิวผ้าตามมาตรฐาน AATCC 79

หยดของน้ำกลั่นถูกปล่อยจากบิวเรตที่ความสูง 10 มิลลิเมตรลงบนผิวหน้าที่ซึ่งให้ตั้งของผ้าตัวอย่าง เวลาที่หยดน้ำหายไปบนผิวหน้าของผ้า นั่นคือ เวลาที่ใช้ในการเปียก (wetting time) ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการเปียกที่ตำแหน่งต่าง ๆ กันบนผิวหน้าของตัวอย่างจะถูกบันทึกไว้ในกรณีของผ้าพอลิเอสเตอร์และผ้าพอลิเอสเตอร์ผสมฝ้าย จะแบ่งพื้นที่ในการศึกษาเป็นตามแนวนอนของเครื่อง 9 ส่วน คือ ตั้งแต่ I-VIII ดังรูปที่ 3.2 และตามแนวตั้ง 7 ส่วน คือ P.1-P.7 ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 พื้นที่ในการวิเคราะห์ตามแนวนอน



รูปที่ 3.3 พื้นที่ในการวิเคราะห์ตามแนวตั้ง

3.1.2.2 การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ตรวจสอบสัณฐานวิทยาของผ้าที่ผ่านและไม่ผ่านการดัดแปรด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น JSM-6400 โดยใช้ศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ ซึ่งก่อนการทดสอบต้องเคลือบผิวด้วยทอง

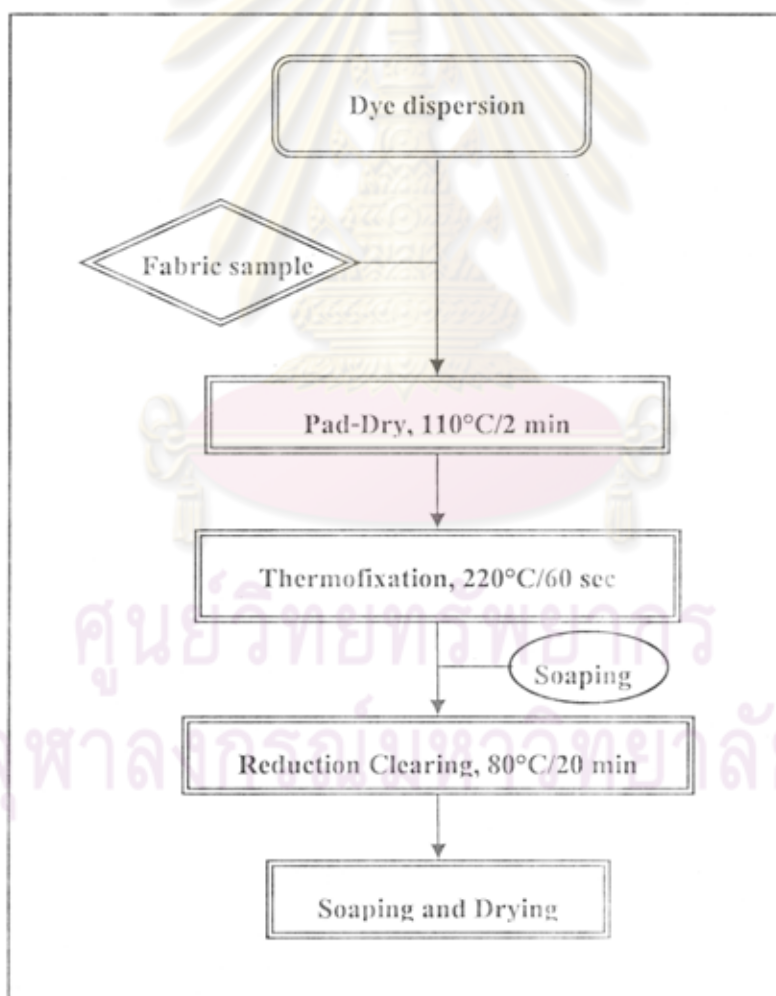
3.1.2.3 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีที่ผิว

โครงสร้างทางเคมีที่ผิวของผ้าสามารถวิเคราะห์โดยใช้เอทีอาร์ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Thermo Nicolet Nexus 670 โดยสแกนในช่วงเลขคลื่น $4000-600\text{ cm}^{-1}$

3.1.2.4 ความสามารถในการย้อมสี

ก. การย้อมสีผ้าพอลิเอสเทอร์

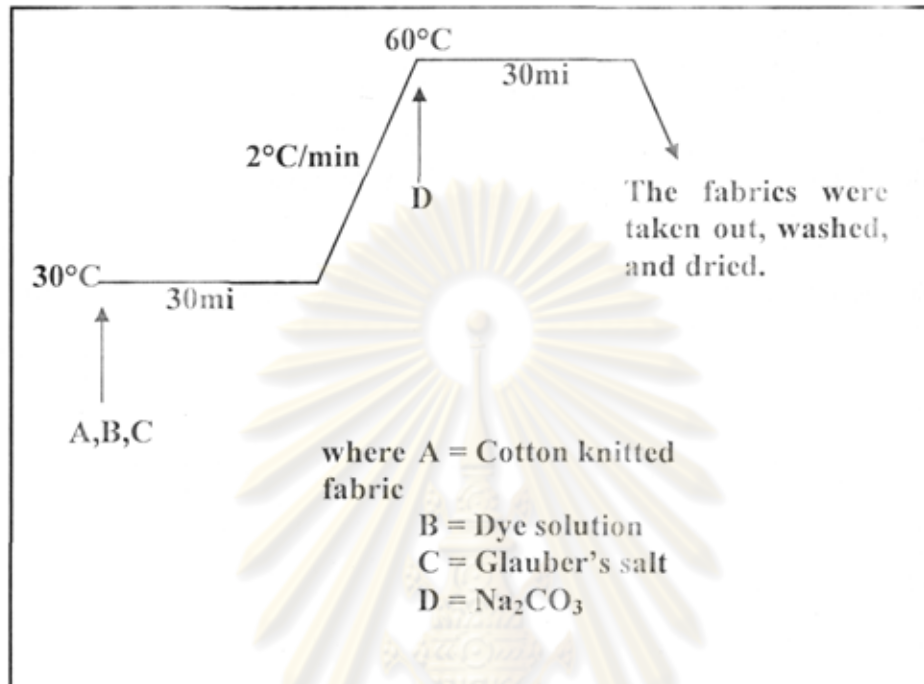
นำผ้าพอลิเอสเทอร์มาย้อมด้วยสีดิคสเฟิร์ส (Dianix Blue XF ของ Dystar Thai Ltd.) โดยใช้ผ้า 1.5 กรัม สารละลายสีย้อม 50 มล. ซึ่งประกอบด้วยสีย้อม 20 กรัม/ลิตร สารทำให้เปียก 2 กรัม/ลิตร (Sera Wet C-AS ของ Dystar Thai Ltd.) และกรดซัลฟูริก 50 มล./ลิตร (Sera Gel M-IP ของ Dystar Thai Ltd.) สำหรับการปรับความเป็นกรดค่านี้ นอกจากนี้ ต้องใส่สารยับยั้งการไมเกรตของสี (migration inhibitors) 2 กรัม/ลิตร (Sera Wet C-AS) โดยมีขั้นตอนในการย้อมสีดังนี้



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการย้อมสีผ้าพอลิเอสเทอร์

ข. การย้อมสีผ้าฝ้าย

นำผ้าฝ้ายมาย้อมด้วยสีรีแอกทีฟ (Levafix Navy CA gran supplied by Dystar Thai Ltd.) โดยใช้ภาวะในการย้อมดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการย้อมสีผ้าฝ้าย

ค. การย้อมสีผ้าพอลิเอสเตอร์ผสมฝ้าย

ย้อมตามวิธีการข้อ ก และ ข

3.1.2.5 การวัดค่าสี

การวัดค่าสีของผ้าที่ผ่านการย้อมสามารถทำได้โดยใช้ Instrument Color System (I.C.S.) Macbeth reflectance spectrophotometer โดยนำค่า % R ที่วัดได้มาแปลงเป็นค่า K/S ตามสมการ Kubelka-Munk equation นี้

$$K/S = \frac{(1-R^2)}{2R}$$

เมื่อ

K = the absorption coefficient.

S = the scattering coefficient.

R = the reflectance of the fabric at the wavelength of maximum absorption

(λ_{max})

3.1.2.6 ความคงทนต่อการซัก

เป็นการทดสอบตามมาตรฐาน AATCC Test Method 61 โดยทดสอบความคงทนต่อการซักที่ 10 20 และ 30 รอบของการซัก การวัดความต่างของสีของผ้า 2 ชั้น สามารถประเมินได้โดยใช้ค่า ΔE (the distance between two colors in the color space) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2}$$

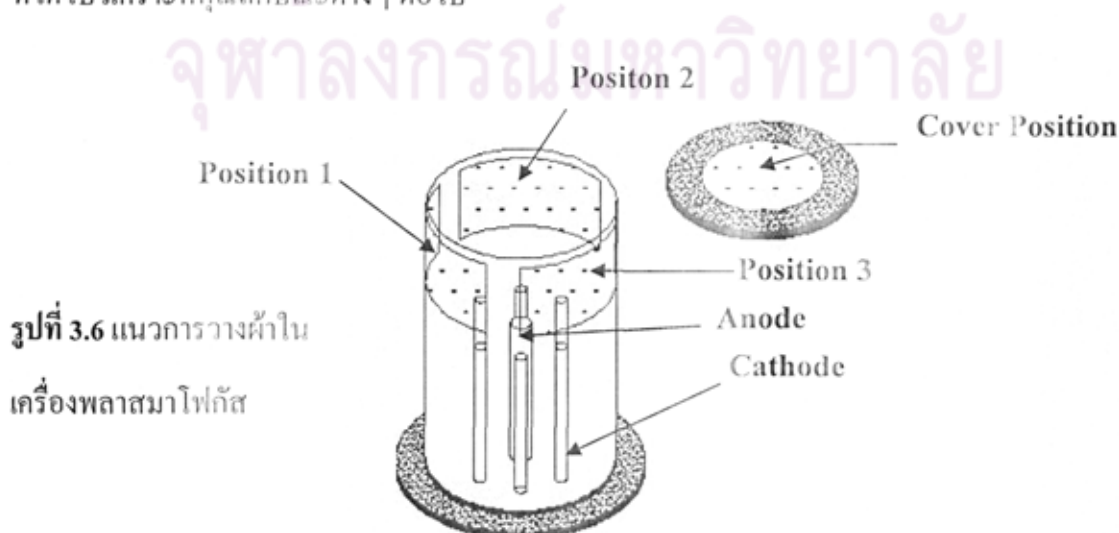
เมื่อ L^* , a^* , and b^* = the brightness black-white, red-green, and yellow-blue ตามลำดับ

3.2 การดัดแปรผิวของพอลิโพรพิลีนโดยใช้เครื่องพลาสมาโฟกัสเพื่อเพิ่มการยึดติดในวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีน/พอลิเอสเตอร์/ผ้า

3.2.1 การดัดแปรผิวของผ้าอนุพวงวนพอลิโพรพิลีนโดยใช้เครื่องพลาสมาโฟกัส

ดัดแปรผิวของผ้าอนุพวงวนพอลิโพรพิลีน ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก Mölnycke Health Care (Thailand) Limited. โดยใช้เครื่องพลาสมาโฟกัสที่ภาวะต่างๆ กัน กล่าวคือ มีการปรับเปลี่ยนชนิดของแก๊สที่ใช้ ซึ่งแบ่งได้เป็น แก๊สไนโตรเจนและออกซิเจน ตำแหน่งของการวางผ้าในเครื่อง รวมทั้งจำนวนครั้งของการยิงพลาสมาด้วย

นำผ้าอนุพวงวนพอลิโพรพิลีนที่มีขนาดยาว 13 เซนติเมตร และกว้าง 9 เซนติเมตร มาติดไว้ที่ฝาปิดและตำแหน่งที่ 1 2 และ 3 ดังรูปที่ 3.6 โดยที่ฝาปิดนั้นตำแหน่งที่อยู่บนแกนตรงกับตำแหน่งของการโฟกัส และตำแหน่งที่ 1 2 และ 3 เป็นตำแหน่งที่อยู่รอบจุดโฟกัส หลังจากนั้น ได้ทำการปรับความดันภายในภาชนะสุญญากาศ ให้มีค่าต่ำกว่า 1 มิลลิบาร์ แล้วบรรจุแก๊สที่ต้องการให้ได้ความดัน 1.5 มิลลิบาร์ ทำการชาร์จตัวจุให้ได้ศักย์ที่ 12.5 กิโลโวลต์ และปล่อยกระแสผ่านสวิตช์แบบสปาร์กเกป โดยการใช้อิทธิกรรสวิดซ์ไฟฟ้าในการกระตุ้นให้ประจุจากตัวจุส่งผ่านไปยังแอโนด ทำซ้ำเช่นนี้อีก 3 ครั้ง และนำผ้าที่ได้ไปวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ ต่อไป



3.2.2 การวิเคราะห์ผ้าที่ผ่านการดัดแปร

3.2.2.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

การวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าที่ไม่ผ่านและผ่านการดัดแปรผิวทำโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดรุ่น JSM-6400 จากบริษัท JEOL. โดยตัวอย่างผ้าที่ถูกนำมาวิเคราะห์นี้ได้ผ่านการเคลือบผิวด้วยทองคำก่อนที่ทำการบันทึกภาพเพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจน

3.2.2.2 มุมสัมผัส

การวิเคราะห์มุมสัมผัสของผ้าที่ไม่ผ่านและผ่านการดัดแปรผิวดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D4772 โดยนำน้ำกลั่นมาสู่มหยดหัวผิวของผ้าตัวอย่างที่ ๕ ตำแหน่งเพื่อวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำที่เกิดขึ้น ด้วยเครื่อง Cam-Plus Tantac Contact Angle Meter

3.2.2.3 โครงสร้างทางเคมีที่ผิว

โครงสร้างทางเคมีที่ผิวของผ้าสามารถวิเคราะห์โดยใช้เอทีอาร์ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Thermo Nicolet Nexus 670 โดยสแกนในช่วงเลขคลื่น 4000-600 cm^{-1}

3.2.3 การขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบ

นำฟ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ผ่านและไม่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสติกกับฟ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเตอร์ผสมฝ้าย ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก Mölnycke Health Care (Thailand) Limited. มาจัดเรียงดังรูปที่ 3.7 โดยใช้อัตราส่วนของฟ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนต่อฟ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเตอร์และฝ้ายเป็น 4 ชุดที่ 95:5 90:10 85:15 และ 80:20 หลังจากนั้นทำการมาลามิเนตด้วยกระบวนการอัดแบบ ณ อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส โดยใช้แรงกด 500 psi เป็นเวลา 5 นาที และหลังจากนั้นใช้แรงกด 1000 psi เป็นเวลา 7 นาทีเพื่อให้ได้วัสดุเชิงประกอบที่ต้องการ

ผิดพลาด!



รูปที่ 3.7 ลำดับการวางผ้าในการเตรียมวัสดุเชิงประกอบ

3.2.4 การทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบ

ในการทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบนี้ ตัวอย่างทั้งหมดได้ถูกตัดตามทิศทางแนวเครื่องจักรของผ่านอนุภาคพอลิเอสเทอร์ผสมไฟเบอร์ สมบัติเชิงกลที่ได้มีการทดสอบคือ สมบัติด้านแรงดึง สมบัติด้านแรงดัด โค้ง และ ความทนแรงกระแทก ตามมาตรฐาน ASTM D638 ASTM D790 และASTM D265 ตามลำดับ

3.2.4.1 การทดสอบสมบัติด้านแรงดึง

การทดสอบสมบัติด้านแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D638-82a (type IV) ใช้เครื่อง LLOYD Univesal Testing รุ่น LR 100K ซึ่งนำมาดึงวัสดุเชิงประกอบที่ได้ภายใต้ภาวะต่างๆ ดังต่อไปนี้

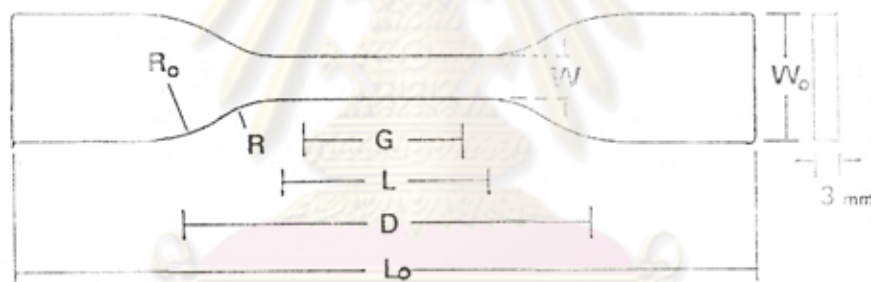
อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ 50 %

โหลดเซลล์ 1 กิโลนิวตัน

อัตราเร็วในการทดสอบ 50 มิลลิเมตรต่อนาที

ตัวอย่างที่นำมาทดสอบได้มีการเตรียมเป็นรูปดัมเบลล์ดังรูปที่ 3.8



W: 6 mm

L: 33 mm

G: 25 mm

R: 14 mm

W₀: 19 mm

L₀: 115 mm

D: 65 mm

R₀: 25 mm

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.4.2 การทดสอบสมบัติด้านแรงดัด โค้ง

การทดสอบสมบัติด้านแรงดัด โค้งตามมาตรฐาน ASTM D790-81 ใช้เครื่อง LLOYD Univesal Testing รุ่น 500 ซึ่งนำมาทดสอบวัสดุเชิงประกอบที่ได้ภายใต้ภาวะต่างๆ ดังต่อไปนี้

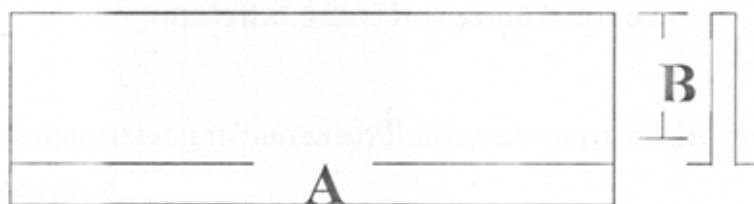
อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ 50 %

โหลดเซลล์ 2,500 กิโลนิวตัน

อัตราเร็วในการทดสอบ 50 มิลลิเมตรต่อนาที

ตัวอย่างที่นำมาทดสอบได้มีการเตรียมเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าดังรูปที่ 3.9



A: 80 mm

B: 25 mm

C: 3.2 mm

รูปที่ 3.9 ลักษณะตัวอย่างทดสอบสมบัติด้านแรงคัด โกง

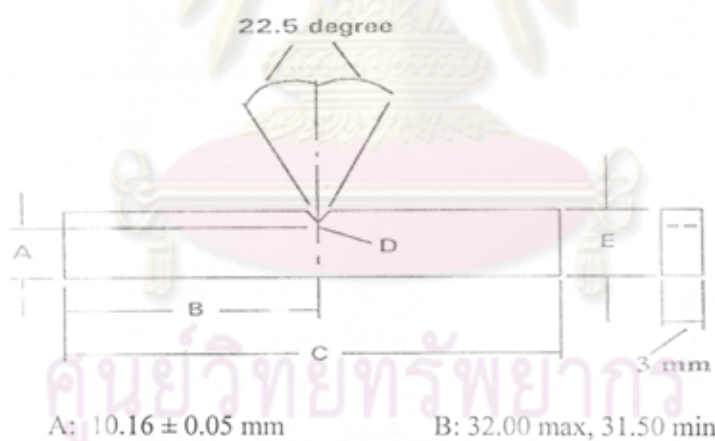
3.2.4.3 การทดสอบความทนแรงกระแทก

การทดสอบความทนแรงกระแทกใช้เครื่อง Gotech GP-7045MD เป็นชนิด Izod-Charpy Pendular Impact ตามมาตรฐาน ASTM D265-04 ภายใต้ภาวะต่างๆ ดังต่อไปนี้

อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ 50 %

ตัวอย่างที่นำมาทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.10



A: 10.16 ± 0.05 mm

B: 32.00 max, 31.50 min

C: 63.50 max, 53.50 min

D: 0.25 ± 0.05 mm

E: 12.70 ± 0.15 mm

รูปที่ 3.10 ลักษณะตัวอย่างทดสอบความทนแรงกระแทก

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 สมบัติและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าที่ไม่ผ่านและผ่านการตัดแปรด้วยพลาสมาที่กำเนิดจากเครื่องที่คาพินซ์

4.1.1 สมบัติและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าพอลิเอสเตอร์

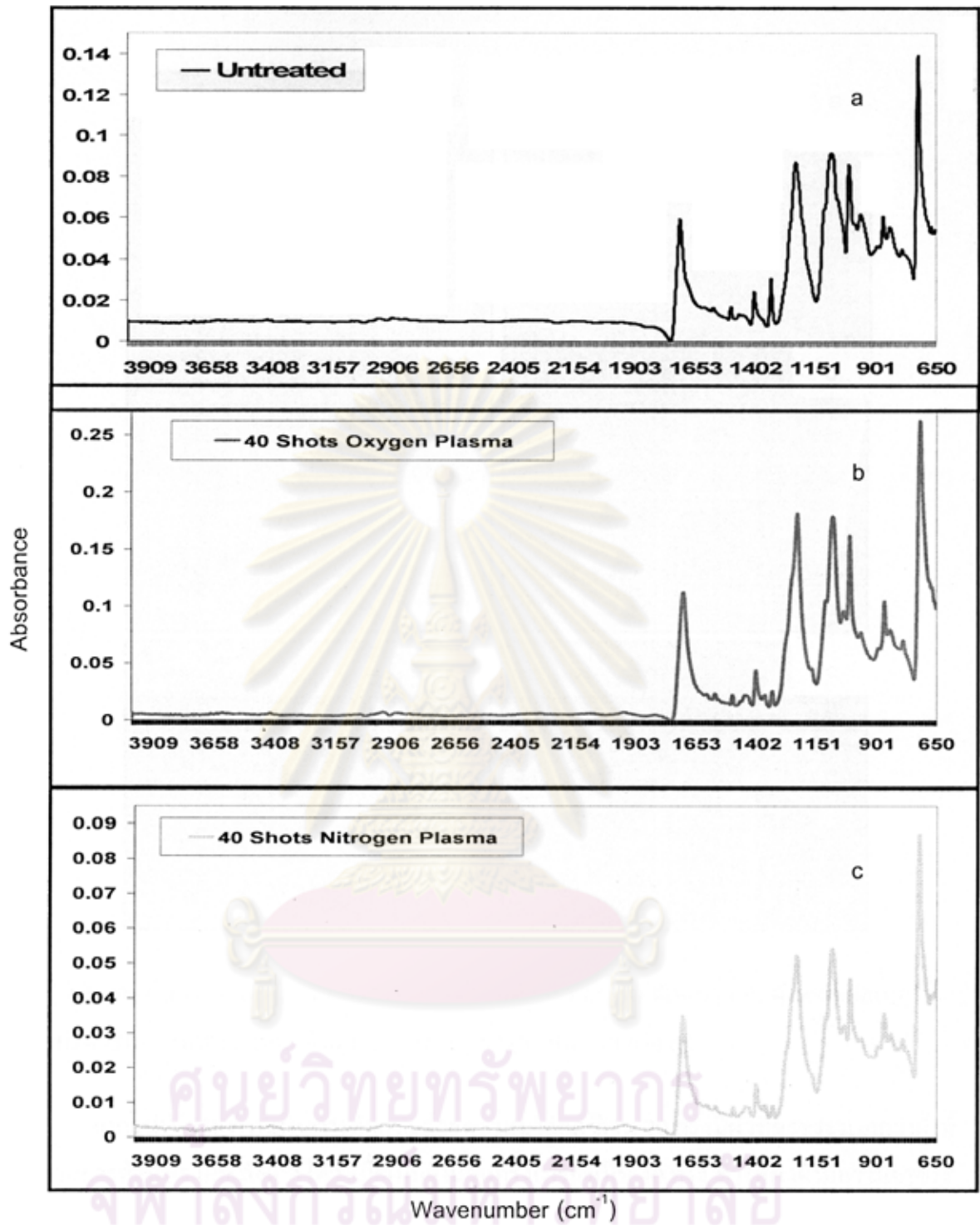
จากรูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า ผ้าที่ตัดแปรด้วยพลาสมาออกซิเจนและไนโตรเจนมีหมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างกัน โดยในกรณีของPET ตัดแปรด้วยพลาสมาออกซิเจน 40 ครั้ง พบว่ามีพีกปรากฏที่ 1041 และ 1370 cm^{-1} ซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1(b) พีกเหล่านี้สอดคล้องกับ C-O stretching ของแอลกอฮอล์แบบปฐมภูมิ และ bending ของเมทิลลิโดนหรือเอซีเทต เมื่อตัดแปรด้วยพลาสมาไนโตรเจน พีกที่ 1370 cm^{-1} แสดง stretching ของหมู่ไนโตรบนวงแหวนเอโรแมติก นอกจากนี้ พีกที่ 1040 cm^{-1} เป็น stretching ของหมู่เอมีน

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าพอลิเอสเตอร์

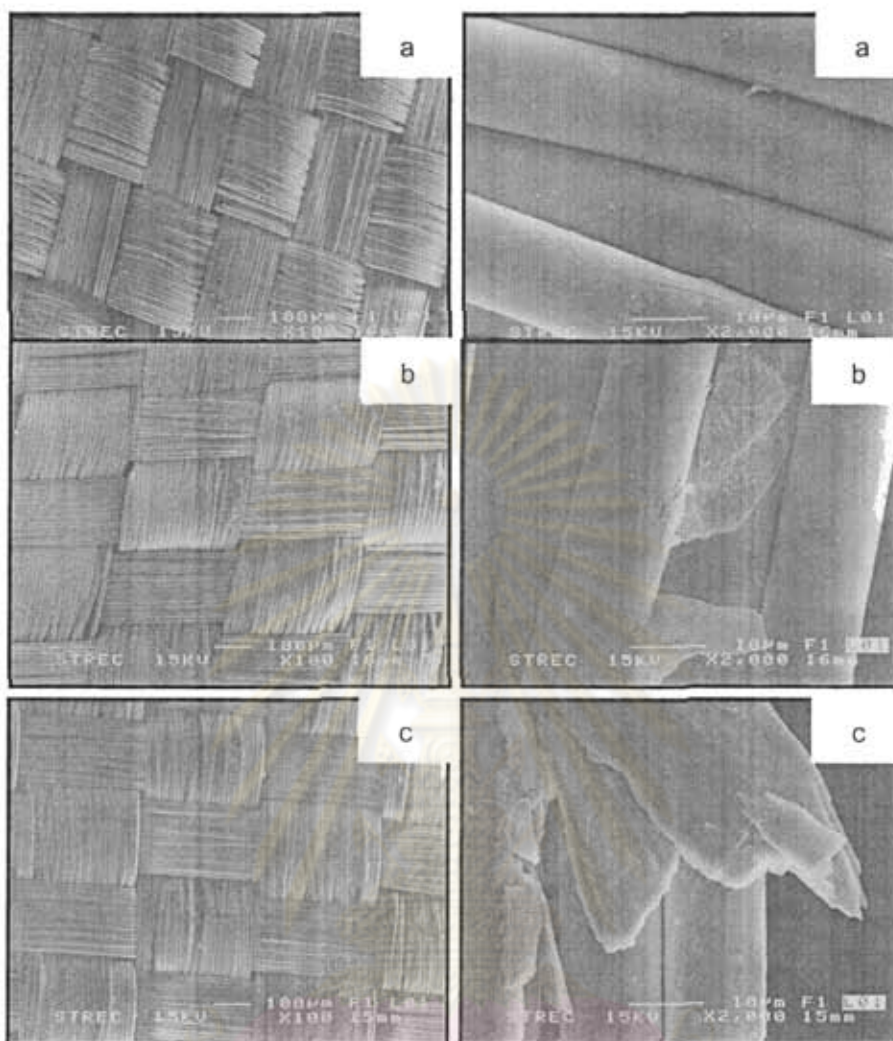
Wavenumber (cm^{-1})			Interpretation
Untreated	O ₂ Plasma	N ₂ Plasma	
3425	3425	3437	Stretching of ethylene glycol end groups
-	-	Region 3400-3300	N-H stretching of amine groups
3072,3043	3072,3043	3072,3043	Aromatic C-H stretching
2962,2907,2868	2962,2907,2868	2960,2907, 2868	C-H stretching of methylene groups

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าพอลิเอสเตอร์

Wavenumber (cm ⁻¹)			Interpretation
Untreated	O ₂ Plasma	N ₂ Plasma	
-	-	Region 2105-2300	Different nitrogen functionalities, such as aryl nitriles, isonitriles, and isocyanates
1957,1886	1955,1886	1995,1886	Weak combination bands and overtone bands attributed to aromatic C-H
1713	1708	1711	C=O stretching of the ester carbonyl group
1576,1503	1577 , 1504	1577, 1503	Ring C-...C stretching in plane
1470,1407	1451,1407	1451, 1407	Skeleton vibrations of the conjugated system and related to the p-disubstituted benzene rings
-	1370	1370	bending of methyl ketone or acetate
-	-	-	stretching of aromatic nitro group
1338 ,1014	1339 (decreased), 1015	1339 (decreased)	C-H in-plane bending in substituted aromatic rings and skeleton vibrations involving C-O stretching
-	1041	1040	C-O stretching of primary alcohol
-	-	-	C-N stretching of aliphatic amine group
1235,1088	1234,1086	1237, 1091	The ester C-O-C asymmetric and symmetric stretching vibrations

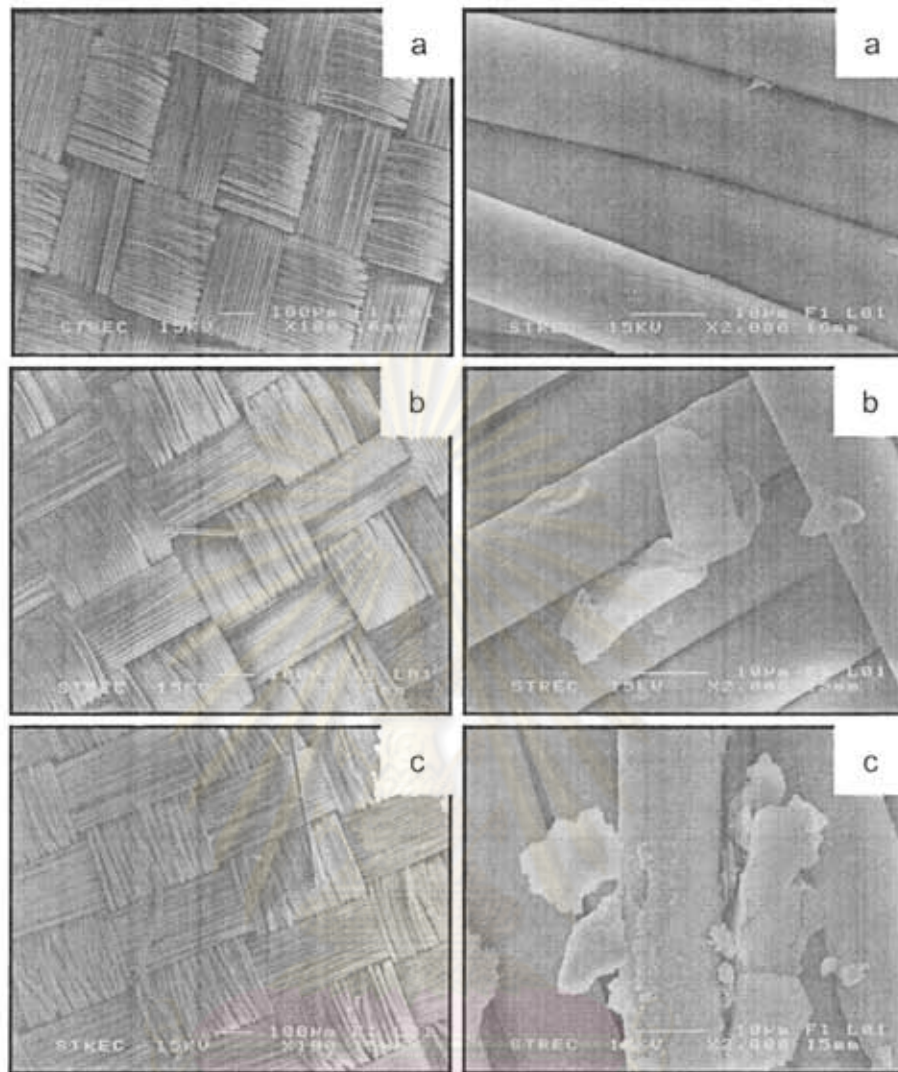


รูปที่ 4.1 สเปกตรัม ATR-FTIR ของผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ได้ดัดแปร (a) ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ดัดแปรด้วยพลาสมาออกซิเจน จำนวนการยิง 40 ครั้ง (b) และที่ดัดแปรด้วยพลาสมาไนโตรเจน จำนวนการยิง 40 ครั้ง (c).



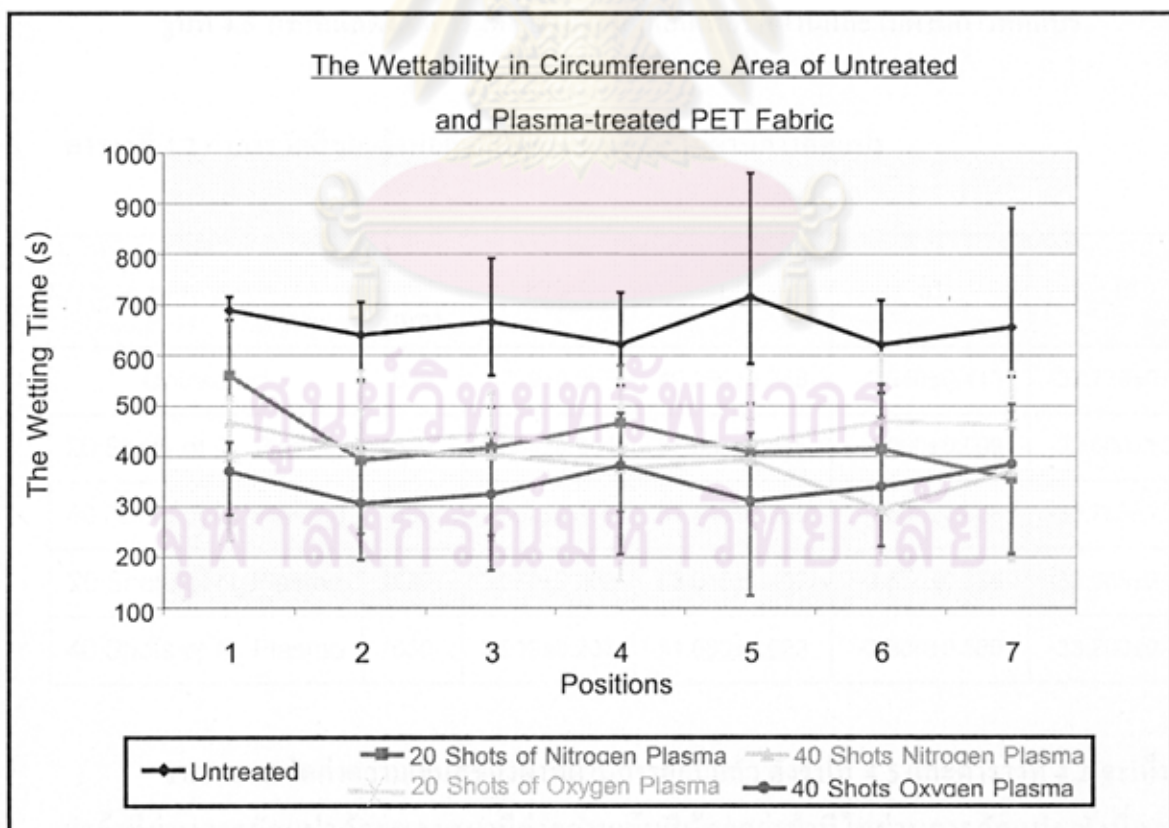
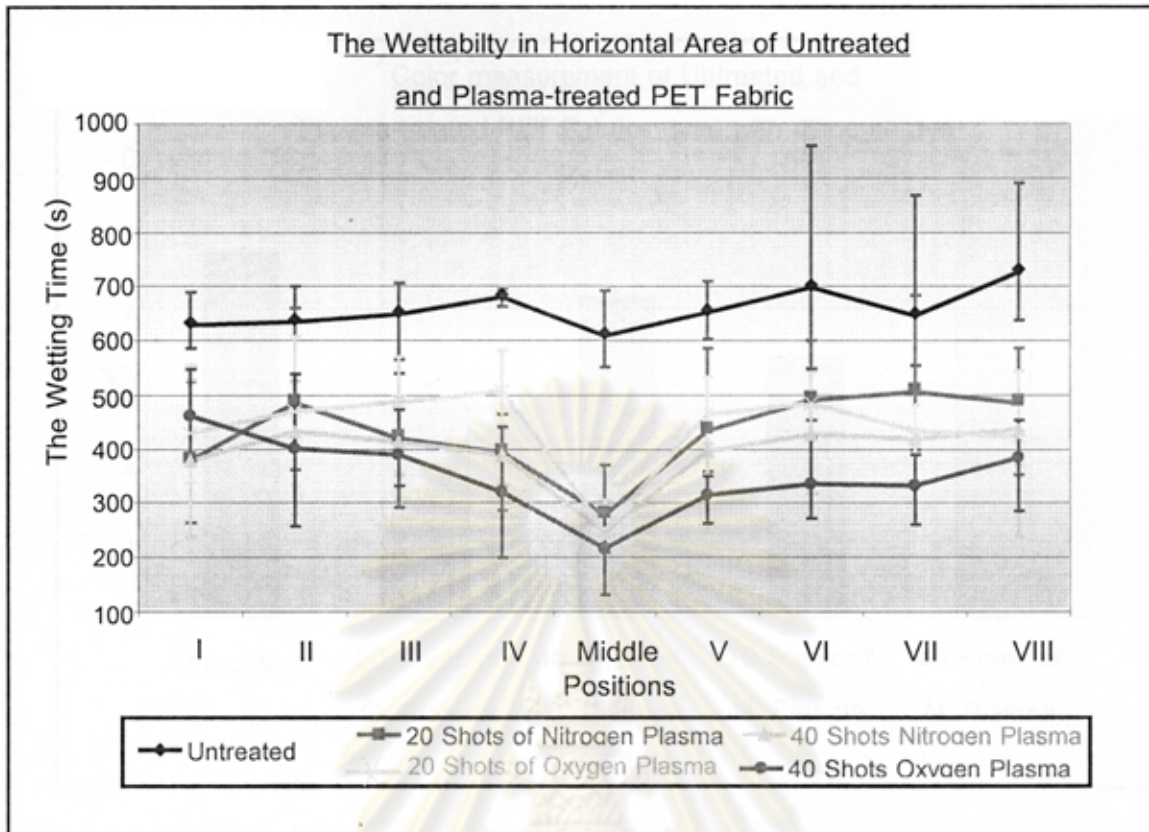
รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกราดของผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ได้ดัดแปร (a), ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ดัดแปรด้วยพลาสมาออกซิเจน จำนวนการยิง 20 ครั้ง (b), และ 40 ครั้ง (c)

จากรูปที่ 4.2b ผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาออกซิเจน 20 ครั้งมีผิวที่ขรุขระมากกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปร และสังเกตได้ว่าเมื่อเพิ่มจำนวนครั้งการยิงเป็น 40 ครั้ง ทำให้ผิวผ้ามีความขรุขระเพิ่มขึ้นอีก เนื่องจากเกิดการเอ็อน (etching) บางส่วนของเส้นใย โดยการชนของอิเล็กตรอนและอนุภาคว่องไวและการตกกลับลงมายังผิวของส่วนที่ถูกเอ็อนออก (redeposition) ในกรณีของผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาไนโตรเจนให้ผลเช่นเดียวกับพลาสมาออกซิเจน ดังรูปที่ 4.3 จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาขึ้นกับจำนวนครั้งการยิงพลาสมา

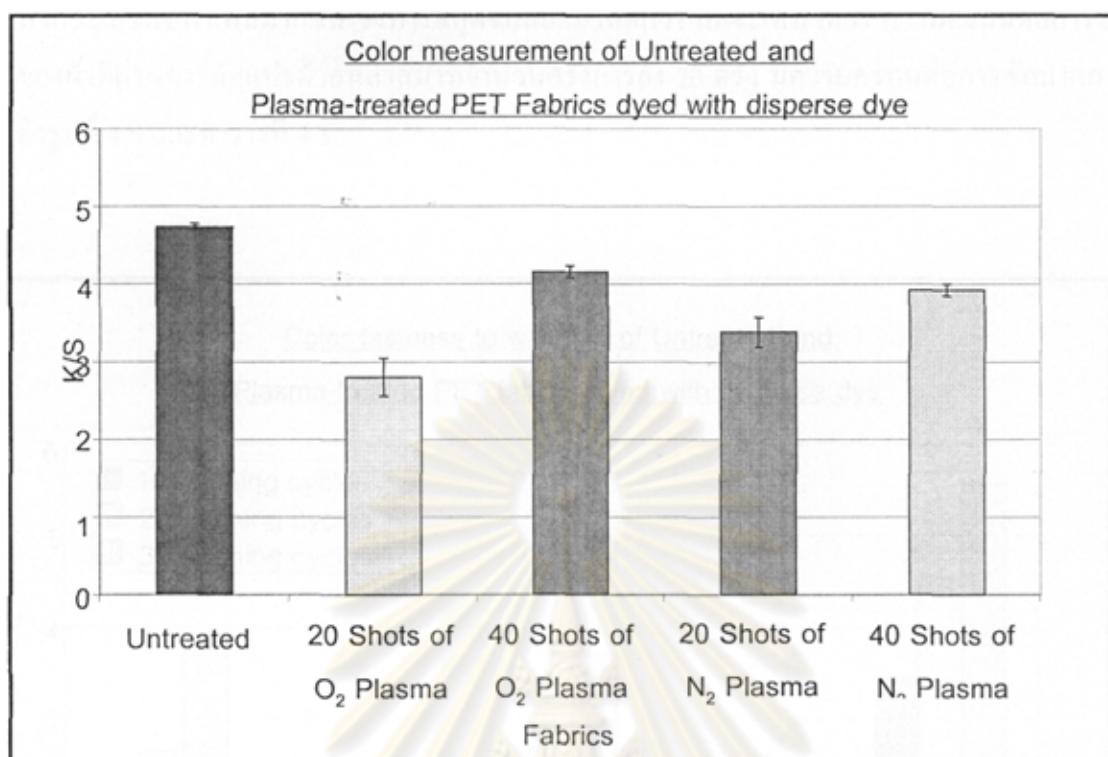


รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกราดของผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ดัดแปร (a), ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ดัดแปรด้วยพลาสมาไนโตรเจน จำนวนการยิง 20 ครั้ง (b), และ 40 ครั้ง (c)

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า หลังจากการดัดแปรผ้าด้วยพลาสมาออกซิเจนและไนโตรเจน เวลาที่ใช้ในการทำให้เปียกน้อยกว่าผ้าที่ไม่ได้ผ่านการดัดแปร แสดงว่าการดัดแปรทำให้ผ้ามีสมบัติความชอบน้ำเพิ่มมากขึ้น อันเนื่องมาจากการเกิดหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำเกิดขึ้นบนผิวผ้าชั้นชั้นผลจากสเปกตรัม IR เมื่อเพิ่มจำนวนครั้งการยิงจาก 20 ครั้ง เป็น 40 ครั้ง ยิ่งทำให้เวลาการทำให้เปียกลดลง เนื่องจากจำนวนหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำเพิ่มมากขึ้น จะเห็นได้ว่าที่ตำแหน่งตรงกลางของผ้ามีเวลาทำให้เปียกต่ำกว่าบริเวณอื่นเนื่องจากเครื่องที่คาพินซ์จะเกิดพลาสมาที่มีความหนาแน่นมากบริเวณตรงกลางเครื่อง



รูปที่ 4.4 เวลาที่ใช้ในการทำให้ผ้าเปียก



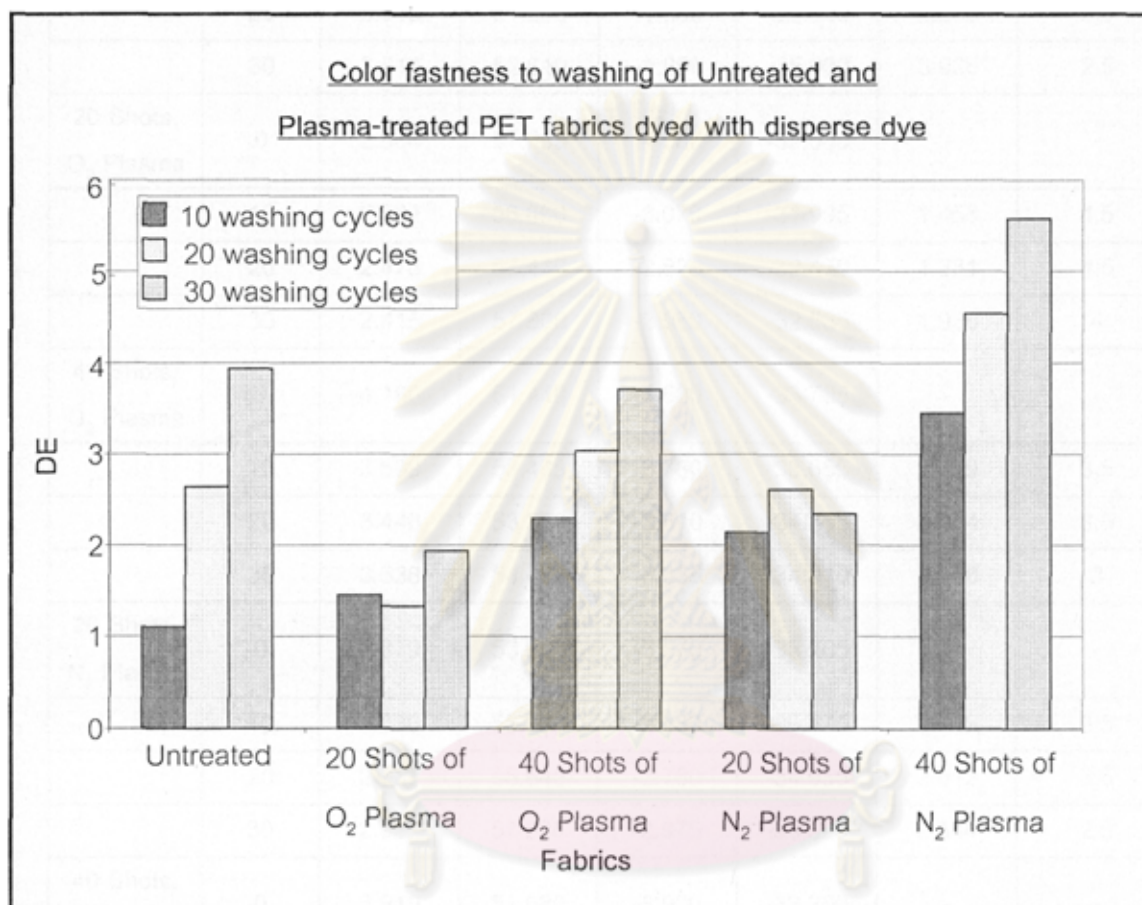
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าการวัดสีของผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านและไม่ผ่านการดัดแปร

ตารางที่ 4.2 ค่าการวัดสีของผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านและไม่ผ่านการดัดแปร

	λ_{\max} (nm)	K/S	L*	a*	b*
Untreated	630	4.739±0.055	49.280±0.368	-0.940±0.410	-37.770±0.042
20 Shots of O ₂ Plasma	630	2.804±0.344	57.535±3.415	-4.060±0.099	-32.080±1.230
40 Shots of O ₂ Plasma	630	4.160±0.106	51.440±0.255	-4.600±0.028	-33.705±1.223
20 Shots of N ₂ Plasma	630	3.379±0.268	53.845±1.407	-3.570±0.325	-33.985±0.629
40 Shots of N ₂ Plasma	630	3.919±0.237	51.680±0.622	-3.900±0.580	-33.200±0.290

จากผลการวัดค่าความเข้มสีของผ้าที่ผ่านการย้อมแล้ว ดังรูปที่ 4.5 และตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมามีค่าความเข้มสีน้อยกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปร ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเกิดการเลื่อนบริเวณ อสัณฐานออกไปมากซึ่งเป็นส่วนที่ดูดซับสีย้อมได้ดีจึงทำให้ค่าความ

เข้มสีมีค่าต่ำกว่า แต่เมื่อจำนวนครั้งในการยิงพลาสมาเพิ่มขึ้น ความเข้มสีกลับเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ดูดจับสีย้อมได้ดีกว่า แต่จะเห็นได้ว่า ความคงทนต่อการซักของผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาที่จำนวนครั้งการยิง 20 ครั้ง มีความคงทนต่อการซักมากกว่า คังรูปที่ 4.6 และตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.6 ค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มสีของผ้าที่จำนวนรอบของการซักต่างกัน

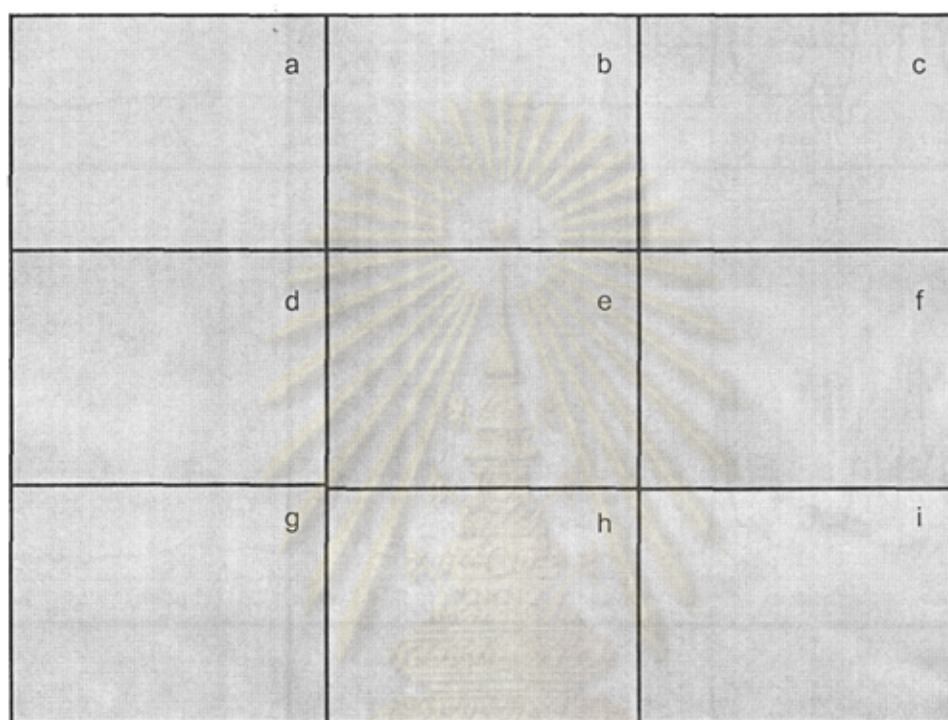
ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ค่า K/S values และ ΔE หลังการซักของผ้าพอลิเอสเตอร์

Conditions	Cycles	K/S	L*	a*	b*	ΔE	Color Change
Untreated	0	4.739	49.280	-0.940	-37.770	-	-
	10	4.370	50.230	-1.170	-37.255	1.105	4.5
	20	3.916	51.290	-1.380	-36.120	2.638	3.5
	30	3.610	52.610	-1.850	-35.900	3.936	2.5
20 Shots, O ₂ Plasma	0	2.804	57.535	-4.060	-32.080	-	-
	10	2.532	56.880	-3.070	-31.995	1.453	4.5
	20	2.478	57.410	-2.820	-32.470	1.331	4.5
	30	2.415	57.800	-2.950	-32.585	1.936	4
40 Shots, O ₂ Plasma	0	4.160	51.440	-4.600	-33.705	-	-
	10	3.599	53.485	-3.730	-33.655	2.299	3.5
	20	3.446	53.850	-3.610	-34.355	3.034	3.5
	30	3.338	54.420	-3.335	-34.910	3.708	3
20 Shots, N ₂ Plasma	0	3.379	53.845	-3.570	-33.985	-	-
	10	3.036	55.300	-2.880	-35.175	2.145	3.5
	20	2.937	55.640	-2.760	-34.935	2.612	3.5
	30	2.927	57.270	-2.975	-35.320	2.344	2.5
40 Shots, N ₂ Plasma	0	3.919	51.680	-3.900	-33.200	-	-
	10	3.309	53.795	-3.280	-33.255	3.453	3
	20	2.816	55.370	-2.865	-32.865	4.539	2.5
	30	2.824	56.975	-3.143	-34.705	5.581	2.5

จากผลการทดลองข้างต้น จะเห็นได้ว่า การใช้พลาสมาของแก๊สเพียงชนิดเดียวสามารถปรับสมบัติของผ้าพอลิเอสเตอร์ได้ตามที่ต้องการ แต่เพื่อให้มีโอกาสประยุกต์ในทางอุตสาหกรรมมากขึ้น จึงได้ทดลองโดยใช้อากาศเป็นแก๊สในการกำเนิดพลาสมา รวมทั้งทดลองใช้แก๊สเฉื่อยอีกชนิดหนึ่ง เพื่อศึกษาแนวทางเลือกในการคัดแปรเพิ่มขึ้น

จะเห็นได้ว่าผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศและอาร์กอน 30 และ 40 ครั้ง มีสีแตกต่างจากผ้าที่ไม่ผ่านการตัดแปรคือมีเหลืองเพิ่มขึ้นตามลำดับ อันเนื่องมาจากผลของการชนของอิเล็กตรอนบนผิวผ้าที่มากขึ้นตามจำนวนครั้งการยิงพลาสมาทำให้เกิดการเสียหายขึ้น ส่วนผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการตัดแปร 10 และ 20 ครั้ง ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ในการวิจัยนี้จึงเลือกใช้การตัดแปรพลาสมาที่จำนวนครั้ง 10 และ 20 ครั้ง

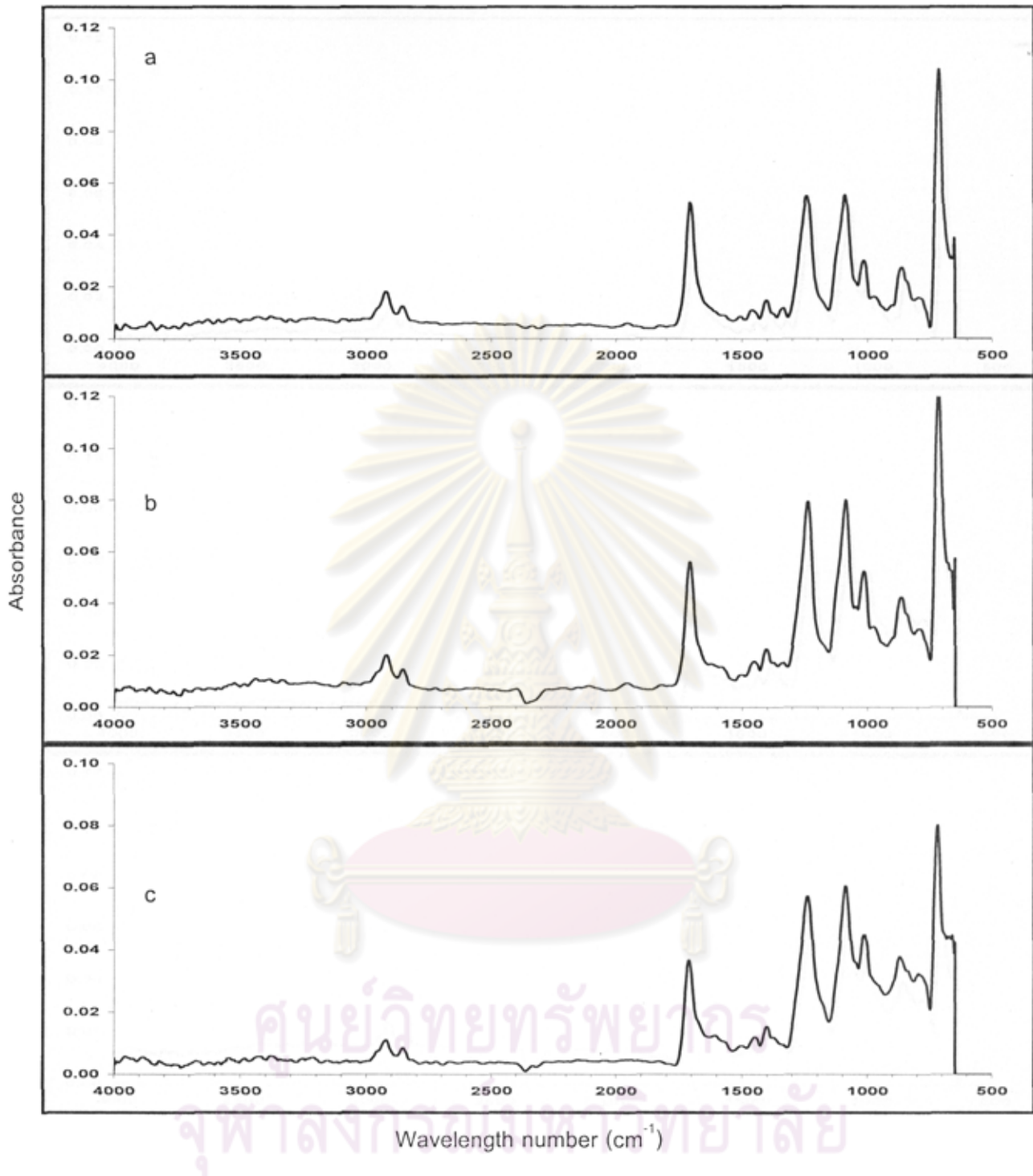


รูปที่ 4.7 ลักษณะภายนอกผ้าของพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ตัดแปรด้วยพลาสมา (a)

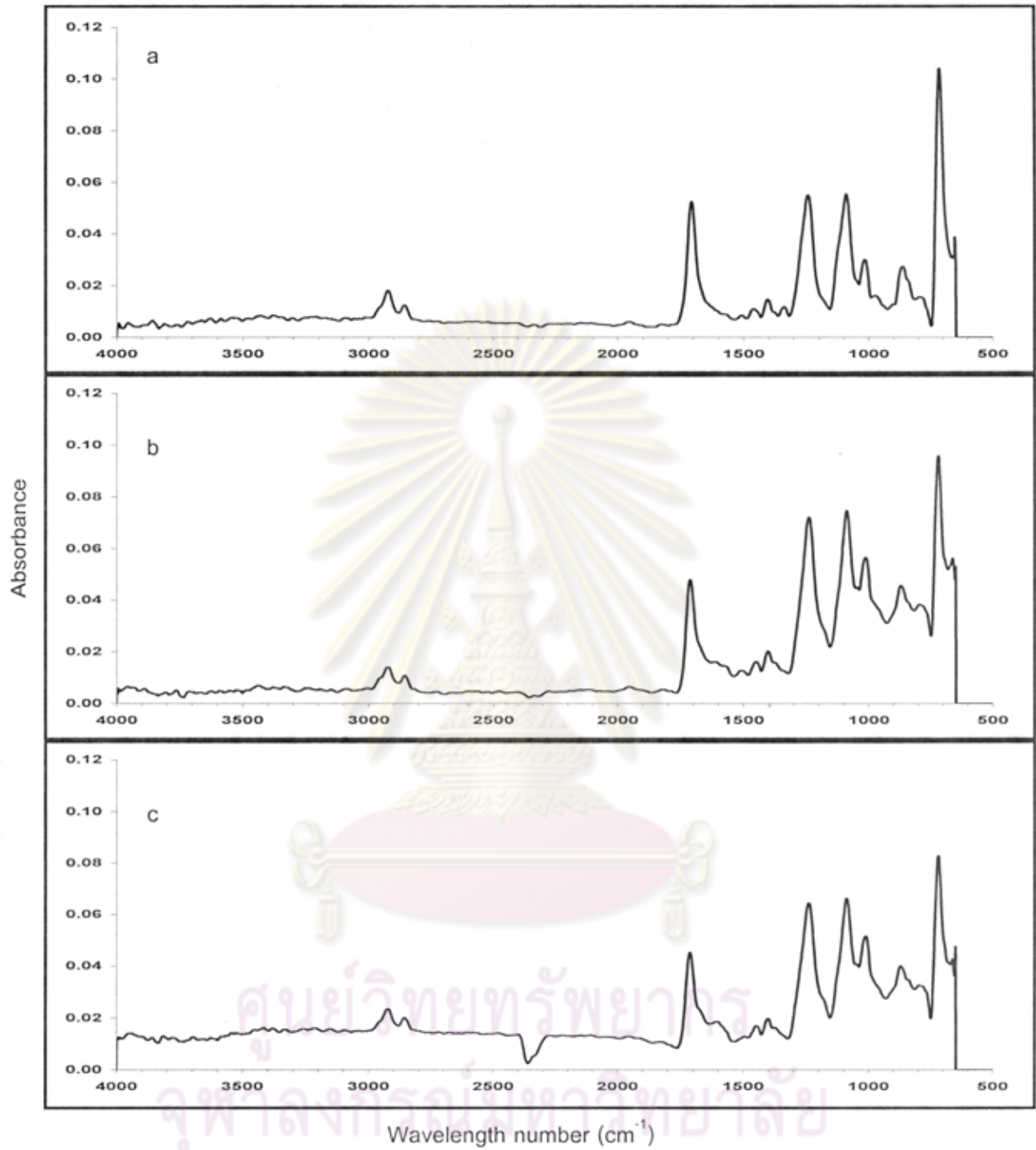
ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ จำนวนการยิง 10 (b) 20 (c) 30 (d) และ 40 ครั้ง (e)
ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอนจำนวนการยิง 10 (f) 20 (g) 30 (h) และ 40 ครั้ง (i)

ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศที่ 10 ครั้งเกิดพีคที่ความยาวคลื่น 1605 cm^{-1} ซึ่งแสดงหมู่คาร์บอนิล ใกล้เคียงหมู่คาร์บอนิลของฟังก์ชันเอสเทอร์ตามรูปที่ 4.8b และเมื่อเพิ่มครั้งการยิงเป็น 20 ครั้ง ความสูงของพีคเพิ่มขึ้นแสดงว่าการเพิ่มจำนวนครั้งการยิงพลาสมาทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.8c) จากผลของสเปกตรัมแสดงว่าการตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศสามารถทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบที่ผิวได้

ในส่วนของผ้าที่ผ่านการตัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอนก็เกิดพีคเช่นเดียวกับผ้าที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ โดยสามารถอธิบายได้ว่าเกิดจากการขาดของสายโซ่ และจัดเรียงตัวใหม่ทำให้ปรากฏหมู่คาร์บอนิลที่ผิวภายหลังการตัดแปร (รูปที่ 4.9b-c)



รูปที่ 4.8 สเปกตรัม ATR-FTIR ผ้าพอลิเอทเธอร์ที่ไม่ตัดแปรด้วยพลาสมา (a), ผ้าพอลิเอทเธอร์ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ จำนวนการยิง 10 ครั้ง (b), และ 20 ครั้ง (c).

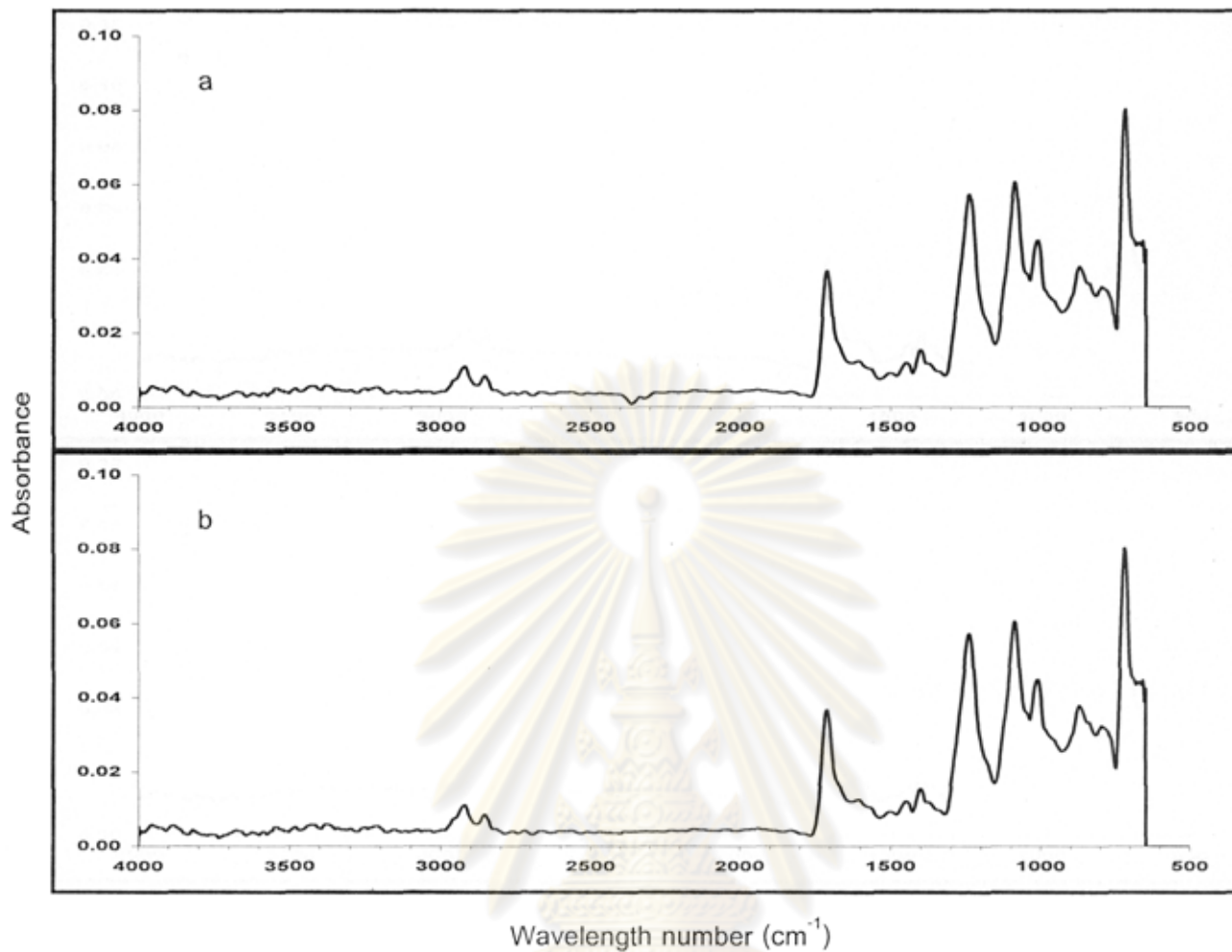


รูปที่ 4.9 สเปกตรัม ATR-FTIR ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ดัดแปรด้วยพลาสมา (a), ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ดัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอน จำนวนการยิง 10 ครั้ง (b) และ 20 ครั้ง (c).

ตารางที่ 4.4 สเปกตรัม ATR-FTIR ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ผ่านและผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ และพลาสมาอาร์กอน

Wavenumber (cm ⁻¹)			Interpretation
Untreated	Air Plasma	Ar Plasma	
2992	2922, 2857	2921, 2855	Saturated C-H stretching
1706	1706	1712	C=O stretching of ester group of polyester molecule
-	1605	1605	C=O stretching of the carbonyl group
1459,1403	1444,1405	1442,1406	C-H bending for CH ₂
1244, 1091	1244, 1091	1239, 1068	C-O-C stretching of the ester
980	982	980	Skeleton vibration involved in C-O stretching
863	863	871	Out of plane C-H of p-disubstituted aromatic rings

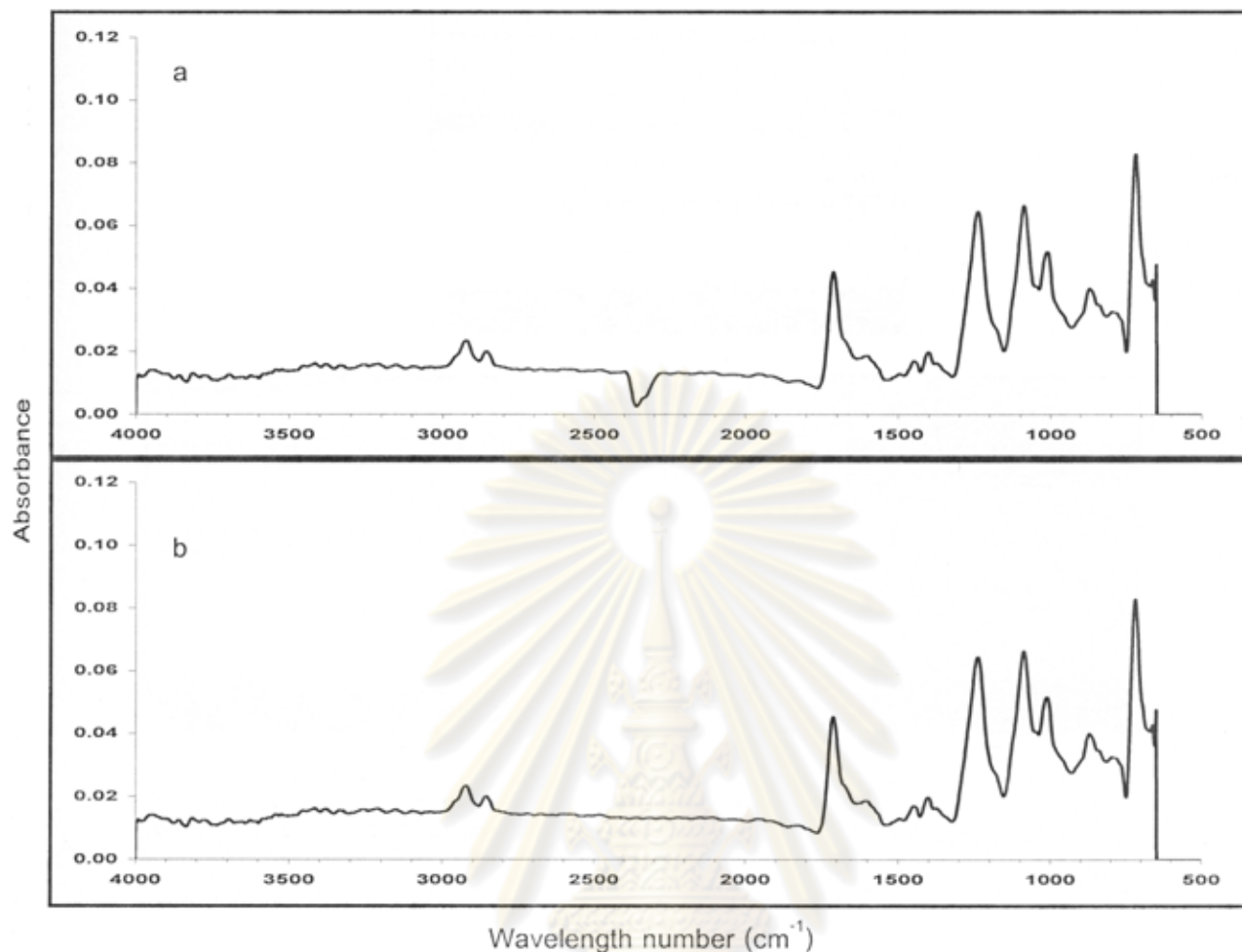
จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 หลังจากเก็บผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาอากาศและอาร์กอน นาน 30 วัน สเปกตรัมที่ 1605 cm⁻¹ ยังคงอยู่แสดงว่า หมู่คาร์บอนิลที่เกิดขึ้นหลังจากการดัดแปร สามารถคงอยู่ได้ภายใน 30 วัน



รูปที่ 4.10 สเปกตรัม ATR-FTIR ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ดัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ

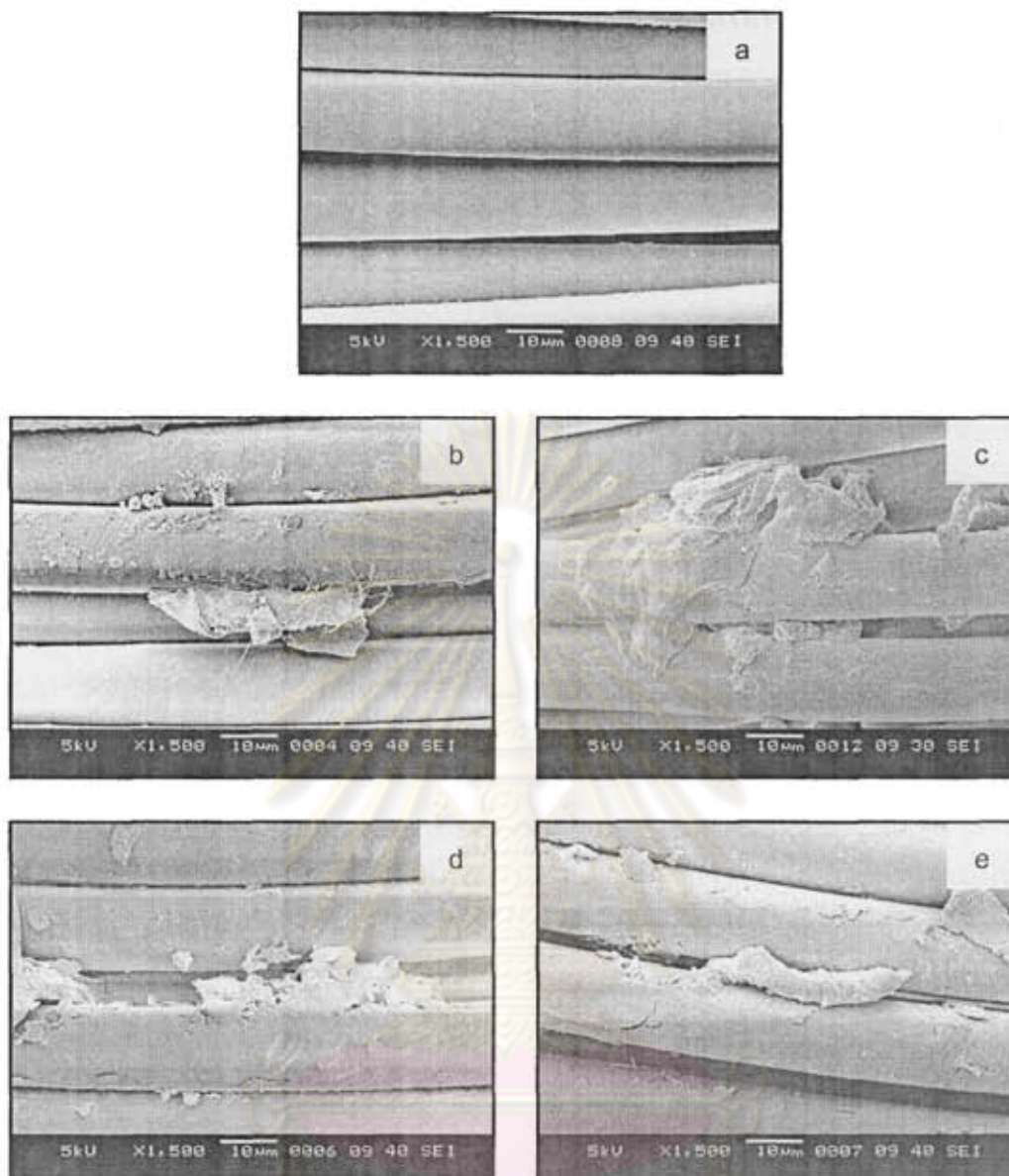
จำนวนการยิง 20 ครั้ง (a) และภายหลังจากที่เก็บไว้ 30 วัน (b)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 สเปกตรัม ATR-FTIR ผ้าพอลิเอทเธอร์ที่ดัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอนจำนวนการยิง 20 ครั้ง (a), และภายหลังจากที่เก็บไว้ 30 วัน (b)

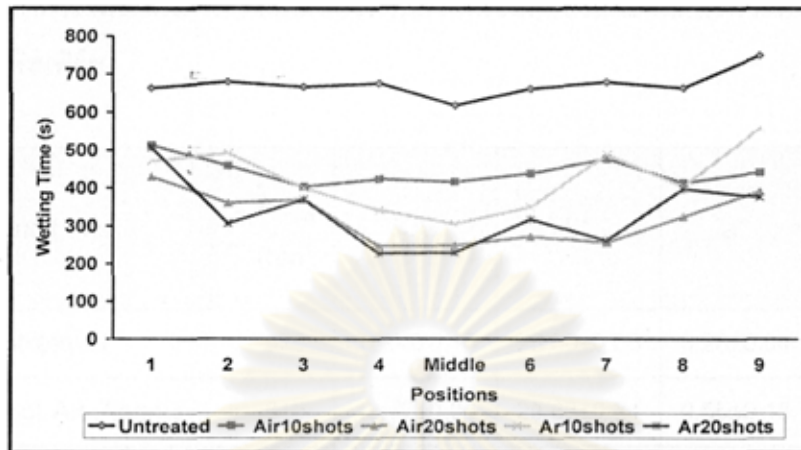
จากรูปที่ 4.12b ผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ 10 ครั้งมีผิวที่ขรุขระมากกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปร และสังเกตได้ว่าเมื่อเพิ่มจำนวนครั้งการยิงเป็น 20 ครั้ง ทำให้ผิวผ้ามีความขรุขระเพิ่มขึ้นอีก เนื่องจากเกิดการบางส่วนของเส้นใยออก โดยการชนของอิเล็กตรอนและอนุภาคว่างไว และการตกกลับลงมายังผิวของส่วนที่ถูกเจือปนออก ในกรณีของผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอนให้ผลเช่นเดียวกับพลาสมาอากาศ จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาขึ้นกับจำนวนครั้งการยิงพลาสมา



รูปที่ 4.12 ภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกราดผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ตัดแปร (a), ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ จำนวนการยิง 10 ครั้ง (b), และ 20 ครั้ง (c) ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอน จำนวนการยิง 10 ครั้ง (d) และ 20 ครั้ง (e).

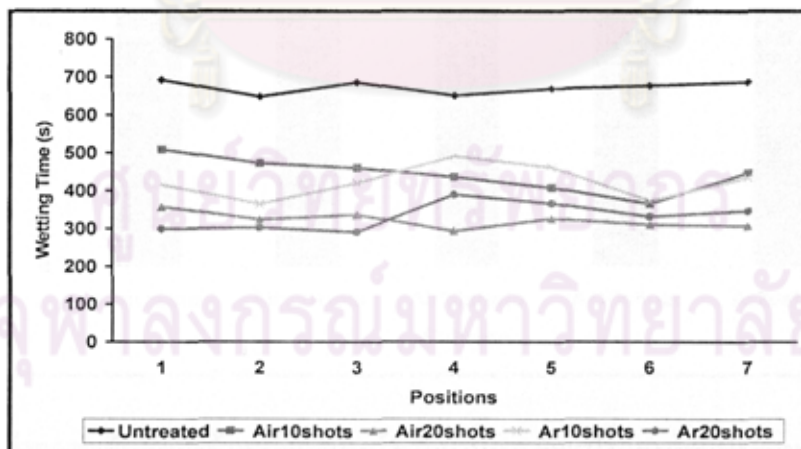
หลังจากการตัดแปรผ้าด้วยพลาสมาอากาศและอาร์กอนเวลาที่ใช้ในการทำให้เปียกน้อยกว่าผ้าที่ไม่ได้ผ่านการตัดแปร แสดงว่าการตัดแปรทำให้ผ้ามีสมบัติความชอบน้ำเพิ่มมากขึ้น อันเนื่องมาจากการเกิดหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำเกิดขึ้นบนผิวผ้าขึ้นย่นผลจากสเปกตรัม IR เมื่อเพิ่มจำนวนครั้งการยิงจาก 10 ครั้ง เป็น 20 ครั้ง ยิ่งทำให้เวลาการทำให้เปียกลดลง เนื่องจากจำนวนหมู่ฟังก์ชันที่

ขอบน้ำเพิ่มมากขึ้น จะเห็นได้ว่าที่ตำแหน่งตรงกลางของผ้ามีเวลาทำให้เปียกต่ำกว่าบริเวณอื่น เนื่องจากเครื่องที่คาพิทซ์จะเกิดพลาสมาที่มีความหนาแน่นมากบริเวณตรงกลางเครื่อง



รูปที่ 4.13 ความสามารถในการเปียกของผ้าพอลิเอสเตอร์ตามแนวเครื่อง

เช่นเดียวกับความสามารถในการเปียกตามแนวเครื่อง ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาอากาศและพลาสมาอาร์กอนมีเวลาที่ทำให้เปียกน้อยกว่าผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปรเห็นได้จากรูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่าการดัดแปรผิวด้วยพลาสมาอากาศและพลาสมาอาร์กอนสามารถเพิ่มสมบัติขอบน้ำของผ้าพอลิเอสเตอร์ได้

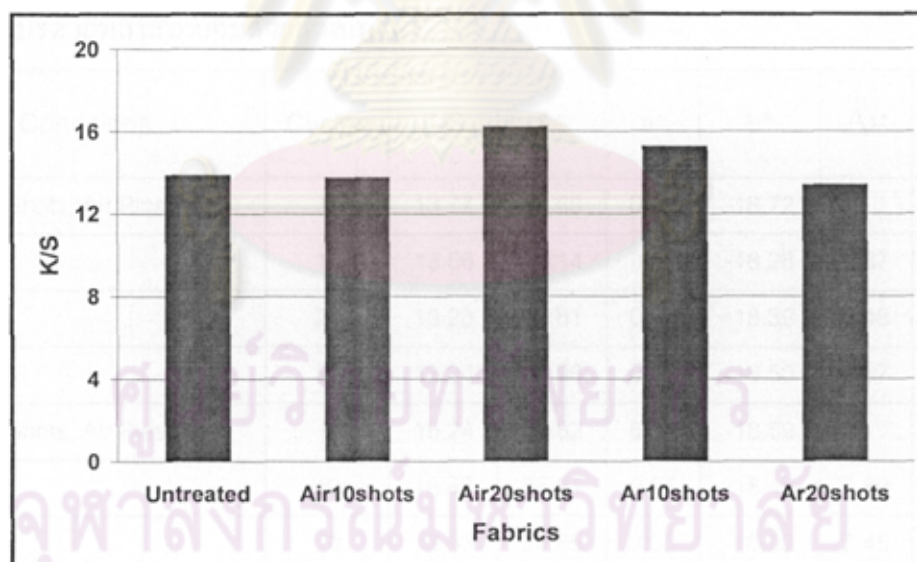


รูปที่ 4.14 ความสามารถในการเปียกของผ้าพอลิเอสเตอร์ แนวรัศมี

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความเข้มของสี (K/S) ผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ข้อมด้วยสีคิสเพิร์ส ทั้งที่ไม่ผ่านการคัดแปรและคัดแปรด้วยพลาสมาอากาศและพลาสมา

ตารางที่ 4.5 ค่าการวัดสีของผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ผ่านการคัดแปรและคัดแปรด้วยพลาสมาข้อมด้วยสีคิสเพิร์ส

Conditions	λ_{\max} (nm)	K/S	L*	a*	b*
Untreated	620	13.88±0.16	26.60±0.08	0.28±0.04	-18.51±0.13
10 Shots of Air Plasma	610	13.77±0.06	26.63±0.24	0.55±0.13	-18.72±0.45
20 Shots of Air Plasma	610	16.24±0.46	24.48±0.49	0.68±0.10	-18.07±0.45
10 Shots of Argon Plasma	620	15.28±0.19	25.14±0.32	0.90±0.10	-18.48±0.45
20 Shots of Argon Plasma	610	13.49±0.21	26.46±0.18	0.46±0.02	-17.50±0.06



รูปที่ 4.15 ค่าความเข้มสีของผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ผ่านการคัดแปรและคัดแปรข้อมด้วยสีคิสเพิร์ส

จากผลการวัดค่าความเข้มสีของผ้าที่ผ่านการข้อมแล้วจะเห็นว่าผ้าที่ผ่านการคัดแปรด้วยพลาสมาอากาศจำนวน 20 ครั้งและพลาสมาอาร์กอนจำนวน 10 ครั้ง มีค่าความเข้มสีมากกว่าผ้าที่

ไม่ผ่านการดัดแปร สามารถอธิบายได้ว่าผ้าที่ผ่านการดัดแปรแล้วนั้นจะมีผิวที่ขรุขระเพิ่มมากขึ้นทำให้อนุภาคสีสามารถแทรกเข้าไปในเนื้อเส้นใยได้มากขึ้น

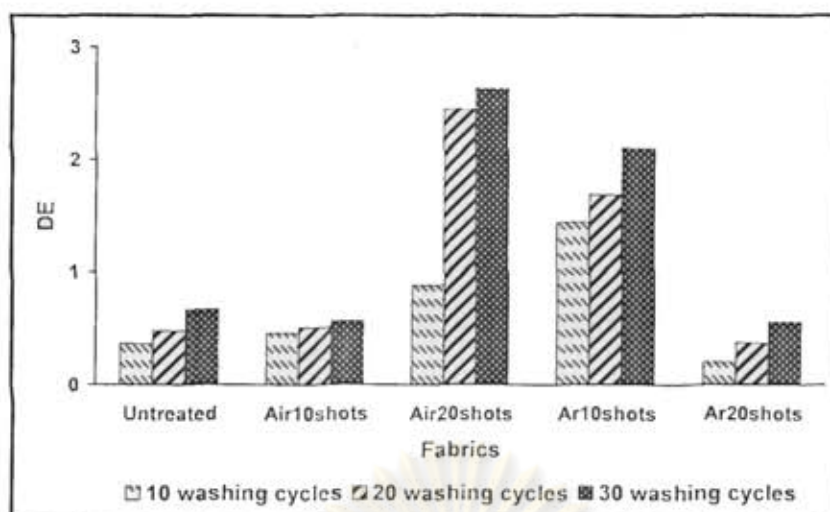
ในกรณีของผ้าที่ดัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอนจำนวน 20 ครั้งค่าความเข้มสีไม่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเกิดการเดือนเนื้อบริเวณอศฐานออกไปมากซึ่งเป็นส่วนที่ดูดซับสีย้อมได้ดีจึงทำให้ค่าความเข้มสีมีค่าน้อย

ตารางที่ 4.6 ค่า K/S และ ΔE ภายหลังการซักของผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ผ่านการดัดแปรและผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาด้วยสปีดิสเพิร์ส

Conditions	Cycles	K/S	L*	a*	b*	ΔE	Color Change
Untreated	0	13.88	26.60	0.28	-18.51	-	-
	10	13.66	26.81	0.30	-18.68	0.37	4.5
	20	13.27	27.07	0.28	-18.43	0.48	4.5
	30	13.18	22.14	0.35	-18.65	0.67	4.5

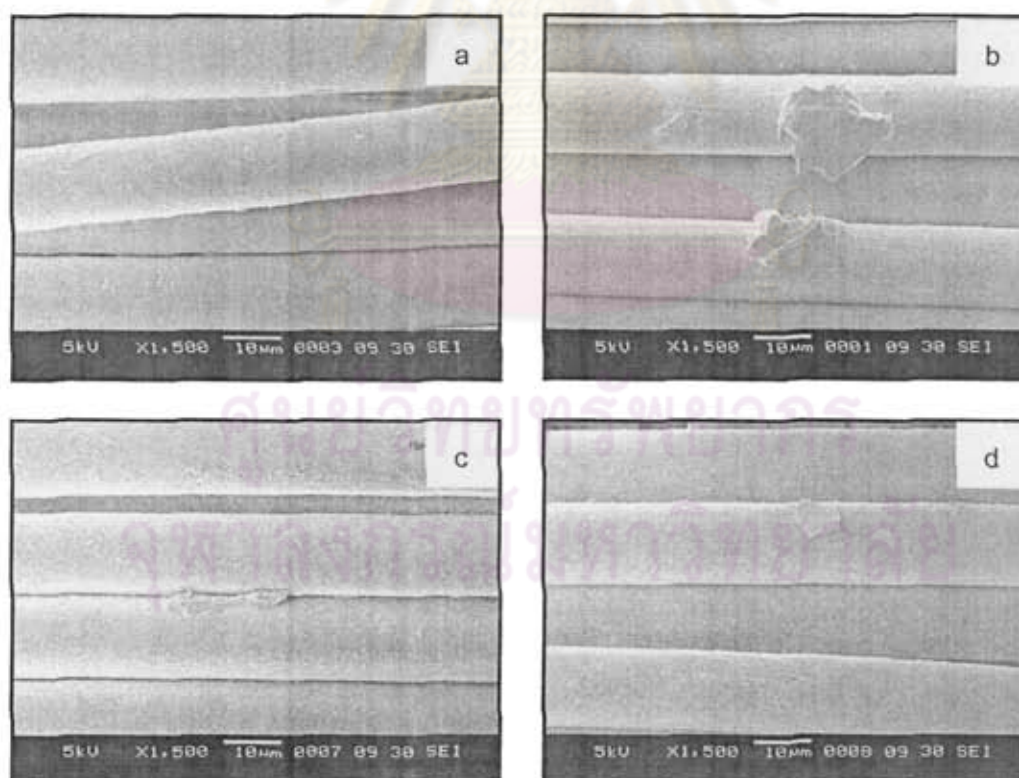
ตารางที่ 4.7 ค่า K/S และ ΔE ภายหลังการซักของผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ผ่านการดัดแปรและผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาด้วยสปีดิสเพิร์ส

Conditions	Cycles	K/S	L*	a*	b*	ΔE	Color Change
10 Shots, Air Plasma	0	13.77	26.63	0.55	-18.72	-	-
	10	13.56	25.14	0.48	-18.28	0.37	4.5
	20	13.28	26.81	0.49	-18.39	0.48	4.5
	30	13.24	26.98	0.42	-18.50	0.67	4.5
20 Shots, Air Plasma	0	16.24	24.82	0.61	-18.39	-	-
	10	15.42	25.21	0.65	-18.45	0.89	4.5
	20	13.33	26.85	0.35	-18.09	2.45	3.5
	30	13.13	27.08	0.34	-18.19	2.64	3.5
10 Shots, Argon Plasma	0	15.28	25.14	0.90	-18.48	-	-
	10	13.68	26.55	0.65	-18.53	1.45	4
	20	13.76	26.58	0.58	-18.73	1.69	4
	30	13.07	27.13	0.69	-18.82	2.11	3.5
20 Shots, Argon Plasma	0	13.41	26.46	0.46	-17.50	-	-
	10	13.25	26.63	0.48	-17.53	0.20	5
	20	12.98	26.82	0.46	-17.38	0.38	4.5
	30	12.78	27.02	0.49	-17.49	0.56	4.5



รูปที่ 4.16 ค่า ΔE ผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ไม่ผ่านและผ่านการตัดแปร หลังการซัก

ผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ 20 ครั้งและพลาสมาอาร์กอน 10 ครั้ง มีค่าความทนทานต่อการซักที่ต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องจากอนุภาคตกกลับที่อยู่บนผิวเส้นใยซึ่งเป็นส่วนที่สามารถดูดซับสีย้อมได้ดีหลุดออกไปในขณะที่ทำการซัก ดังแสดงรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกราดของผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศจำนวนการยิง 20 ครั้ง หลังการซัก (a) และ (b) ผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอนจำนวนการยิง 10 ครั้ง หลังการซัก (c) และ(d).

ตารางที่ 4.8 Color stain ของผ้าพอลิเอสเตอร์ที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปรด้วยพลาสมา
ย้อมด้วยสีดิสเพิร์ส

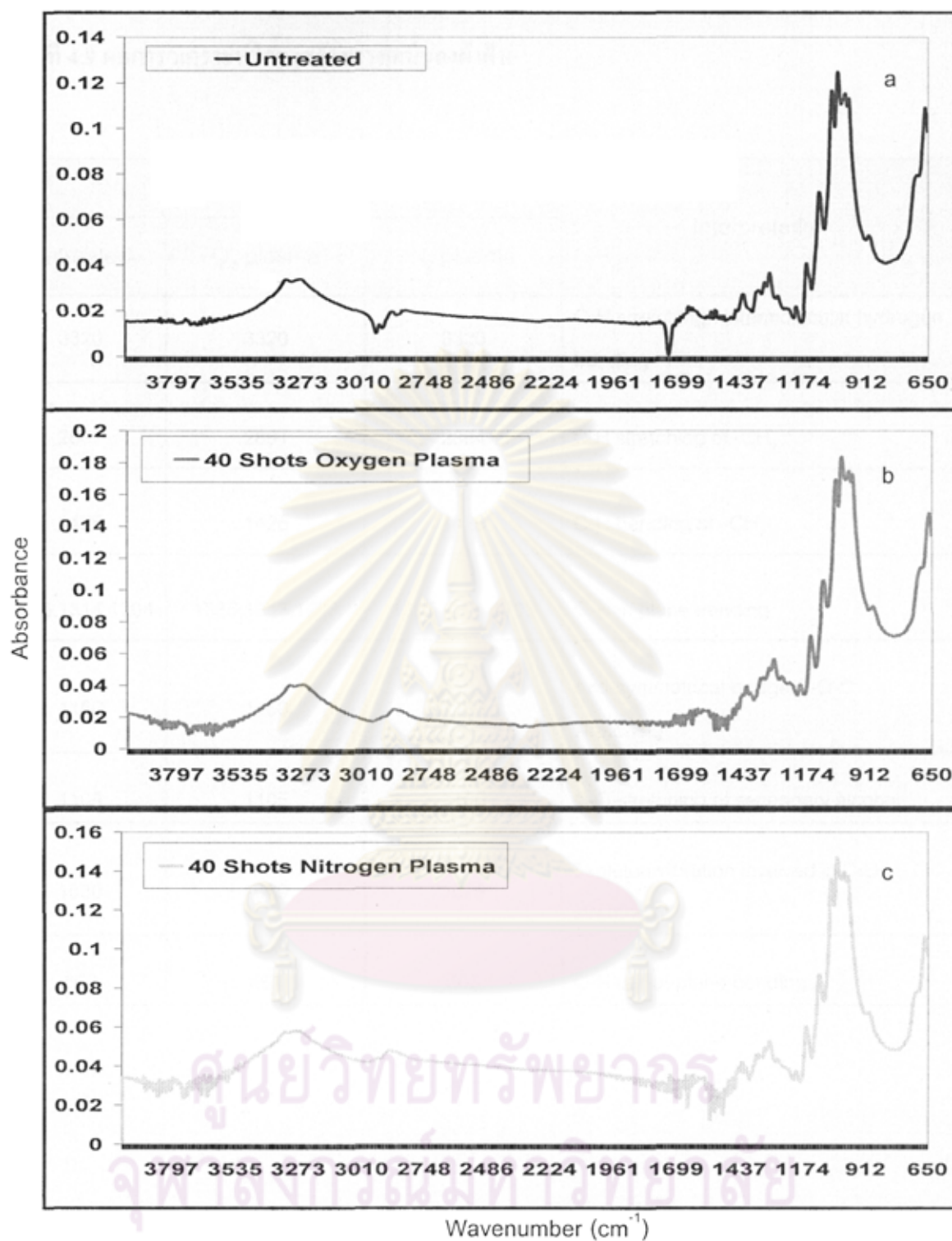
Fabrics	Conditions	Color stain	
		Dry	Wet
PET	Untreated	5	4.5
	10 Shots, Air Plasma	5	4.5
	20 Shots, Air Plasma	5	4.5
	10 Shots, Argon Plasma	5	4.5
	20 Shots, Argon Plasma	5	4.5

จากผลการทดสอบการขจัดดูจะเห็นว่า ทั้งผ้าที่ไม่ผ่านและผ่านการด้วยแปรด้วยพลาสมาไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าการตัดแปรผิวด้วยพลาสมาไม่ส่งผลต่อสมบัติด้านการขจัดดูของผ้า เนื่องจากการตัดแปรเกิดขึ้นบริเวณที่ผิวเท่านั้น

4.1.2 สมบัติและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้าย

จากตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.18 จะเห็นได้ว่า โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตัดแปรด้วยพลาสมาไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากผ้าที่ไม่ได้ตัดแปรมากนัก เมื่อพิจารณาประกอบกับเวลาที่ใช้ในการทำให้เปียก จะเห็นว่า ค่าก็ไม่แตกต่างกันมากนัก สาเหตุประการหนึ่งอาจเนื่องมาจากผ้าเป็นพอลิเมอร์ที่มีสมบัติชอบน้ำมากอยู่แล้ว จึงทำให้ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ผลของการตัดแปรด้วยพลาสมา ทำให้พื้นผิวของผ้ามีความขรุขระเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากการเจือปน ดังแสดงในรูปที่ 4.19 และ 4.20 จึงส่งผลให้สมบัติการข้อมสีดีขึ้นเล็กน้อย ดังรูปที่ 4.22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

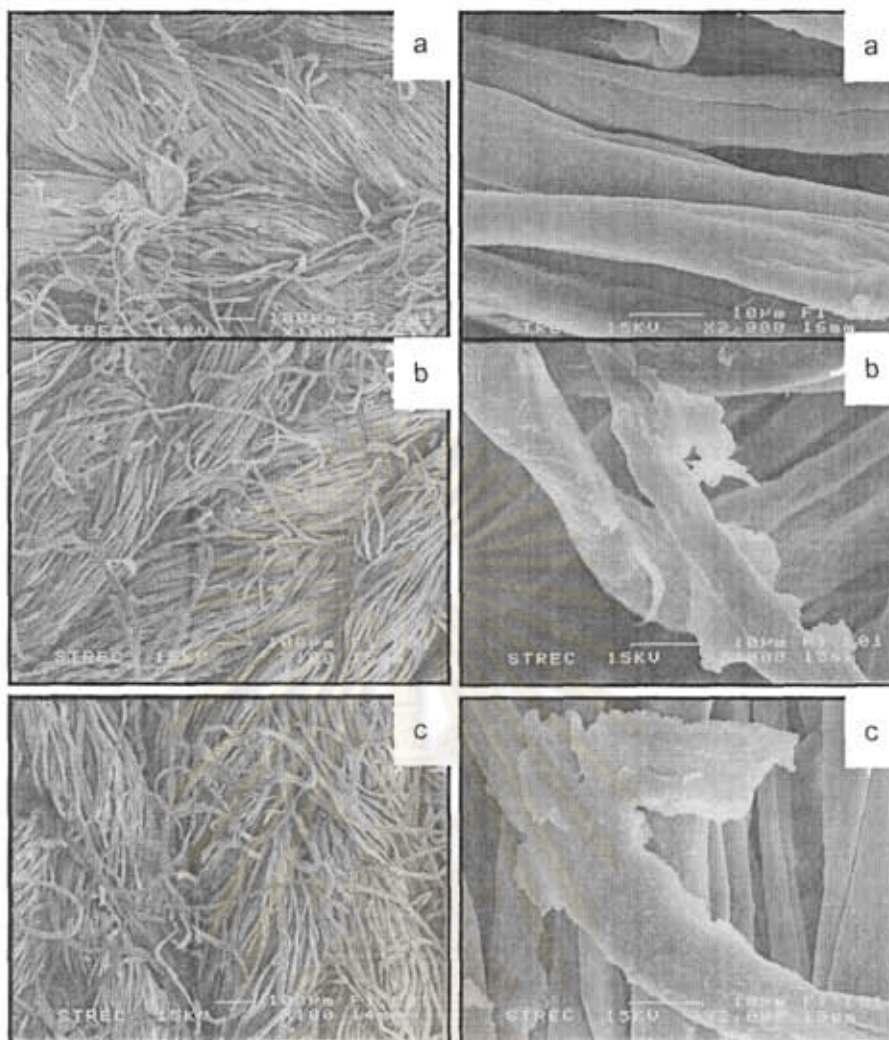


รูปที่ 4.18 สเปกตรัม ATR-FTIR ของผ้าฝ้ายที่ไม่ดัดแปร (a) ผ้าฝ้ายที่ดัดแปรด้วยพลาสมาออกซิเจน จำนวนการยิง 40 ครั้ง (b) และที่ดัดแปรด้วยพลาสมาไนโตรเจน จำนวนการยิง 40 ครั้ง (c).

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้าย

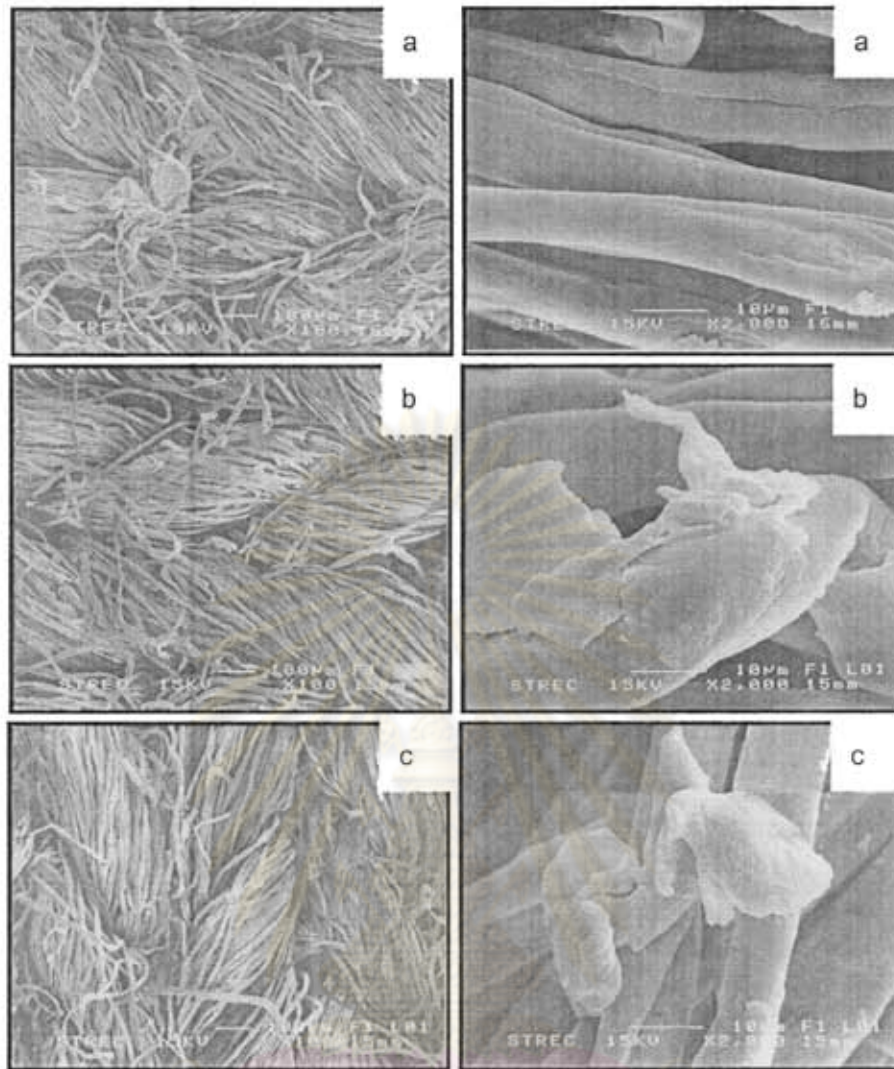
Wavenumber (cm-1)			Interpretation
Untreated	O ₂ plasma	N ₂ plasma	
3320	3320	3320	O-H stretching : intermolecular hydrogen bonding
2887	2891	2894	C-H stretching of -CH ₂
1425	1426	1426	C-H bending of -CH ₂
1335,1314,1204	1335,1313,1203	1335,1313,1203	O-H in plane bending
1160	1160	1160	Anti-symmetrical bridge C-O-C stretching
1108	1105	1106	C-O stretching of secondary alcohol
1030	1029	1029	Skeleton vibration involved in C-O stretching
662	661	663	O-H out-of-plane bending

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



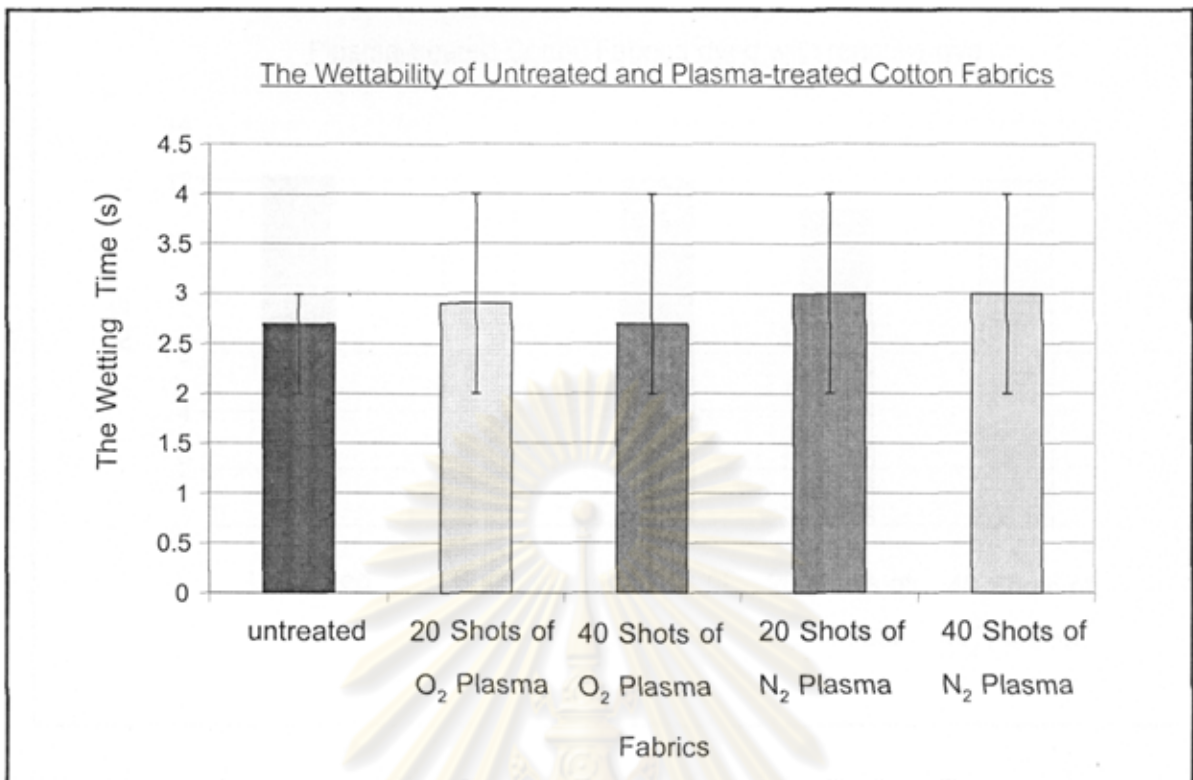
รูปที่ 4.19 ภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกราดของผ้าฝ้ายที่ไม่ตัดแปร (a), ผ้าฝ้ายที่ตัดแปรด้วย
 พลาสมาออกซิเจน จำนวนการยิง 20 ครั้ง (b), และ 40 ครั้ง (c)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



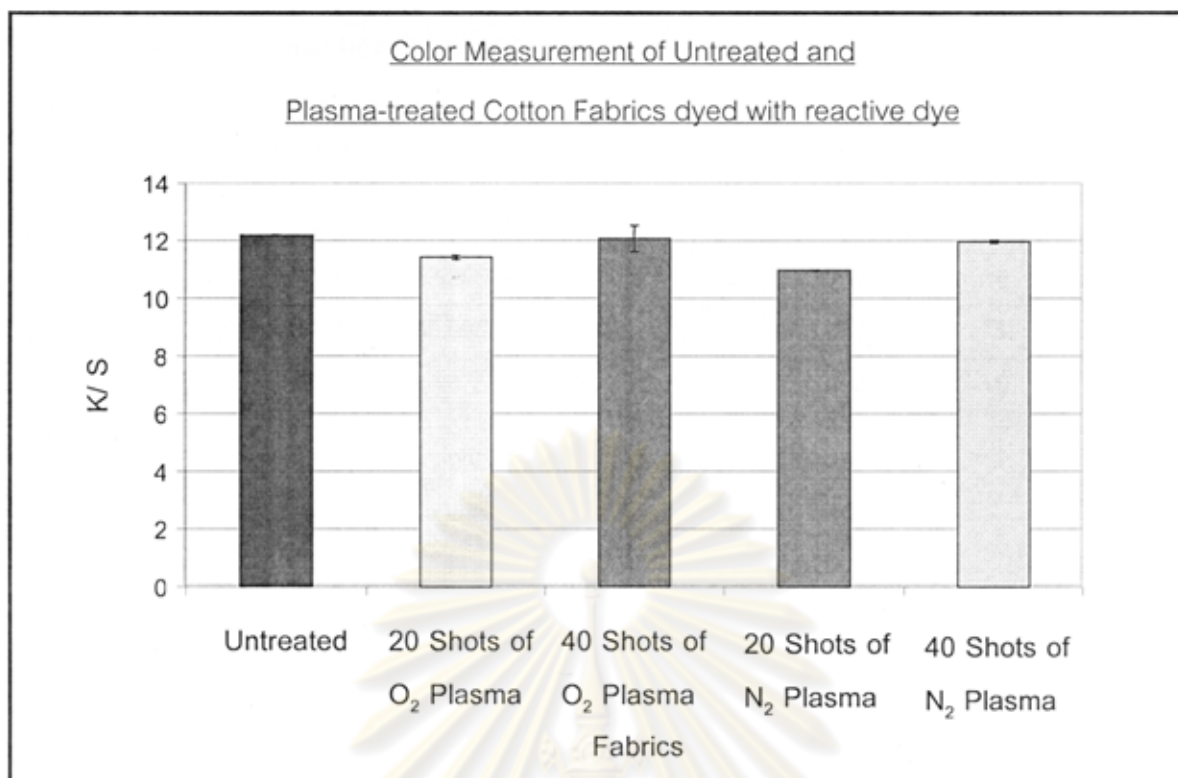
รูปที่ 4.20 ภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกราดของผ้าฝ้ายที่ไม่ตัดแปร (a), ผ้าฝ้ายที่ตัดแปรด้วยพลาสมาไนโตรเจน จำนวนการยิง 20 ครั้ง (b), และ 40 ครั้ง (c)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.21 เวลาที่ใช้ในการเปียกของผ้าฝ้าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



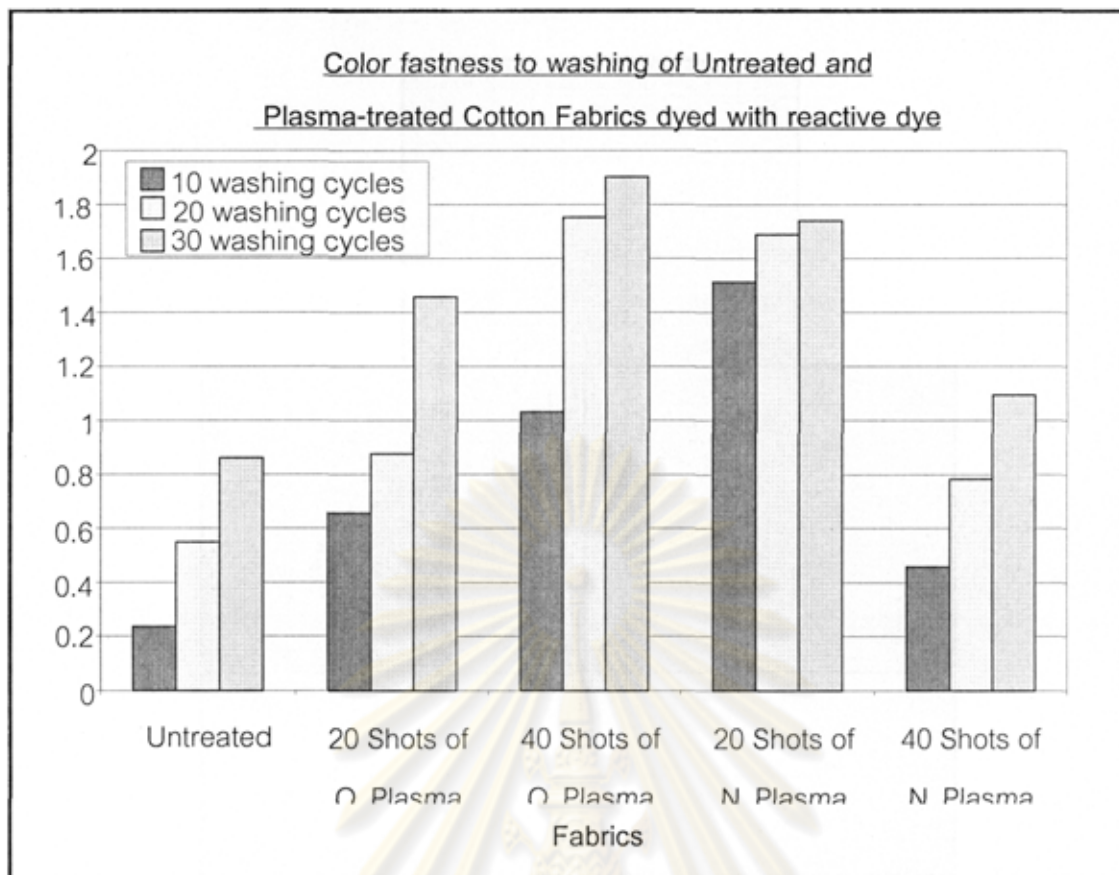
รูปที่ 4.22 กราฟค่าความเข้มสีของผ้าฝ้าย

ตารางที่ 4.10 ค่าความเข้มสีของผ้าฝ้าย

Conditions	λ_{max} (nm)	K/S	L*	a*	b*
Untreated	610	12.195±0.025	33.365±0.021	-6.420±0.000	-20.440±0.028
20 Shots of O ₂ Plasma	620	11.413±0.108	33.905±0.106	-6.615±0.021	-19.440±0.325
40 Shots of O ₂ Plasma	610	12.073±0.649	33.240±0.636	-6.530±0.170	-19.775±0.177
20 Shots of N ₂ Plasma	620	10.969±0.020	33.445±0.021	-6.645±0.177	-19.950±0.481
40 Shots of N ₂ Plasma	620	11.956±0.071	33.430±0.014	-6.670±0.014	-19.750±0.127

ตารางที่ 4.11 ค่า K/S values และ ΔE หลังการซักของผ้าฝ้าย

Conditions	Cycles	K/S	L*	a*	b*	ΔE	Color Change
Untreated	0	12.195	33.365	-6.420	-20.440	-	-
	10	11.497	33.265	-6.575	-20.465	0.236	5
	20	11.759	33.695	-6.620	-20.050	0.549	5
	30	11.352	34.075	-6.590	-20.010	0.863	5
20 Shots, O ₂ Plasma	0	11.413	33.905	-6.615	-19.440	-	-
	10	11.175	34.345	-6.795	-19.825	0.657	5
	20	10.717	34.715	-6.785	-19.725	0.877	5
	30	10.246	35.325	-6.885	-19.625	1.457	4.5
40 Shots, O ₂ Plasma	0	12.073	33.240	-6.530	-19.775	-	-
	10	11.382	34.210	-6.760	-20.045	1.033	4.5
	20	10.507	34.970	-6.775	-19.780	1.753	4
	30	10.360	35.125	-6.775	-19.675	1.902	4
20 Shots, N ₂ Plasma	0	10.969	33.445	-6.645	-19.950	-	-
	10	10.622	34.950	-6.725	-19.825	1.513	4.5
	20	10.421	35.080	-6.855	-19.595	1.688	4
	30	10.297	35.115	-6.780	-19.485	1.739	4
40 Shots, N ₂ Plasma	0	11.956	33.430	-6.670	-19.750	-	-
	10	11.505	33.875	-6.650	-19.780	0.458	5
	20	11.134	34.165	-6.670	-19.605	0.783	5
	30	10.815	34.485	-6.745	-19.500	1.094	4.5

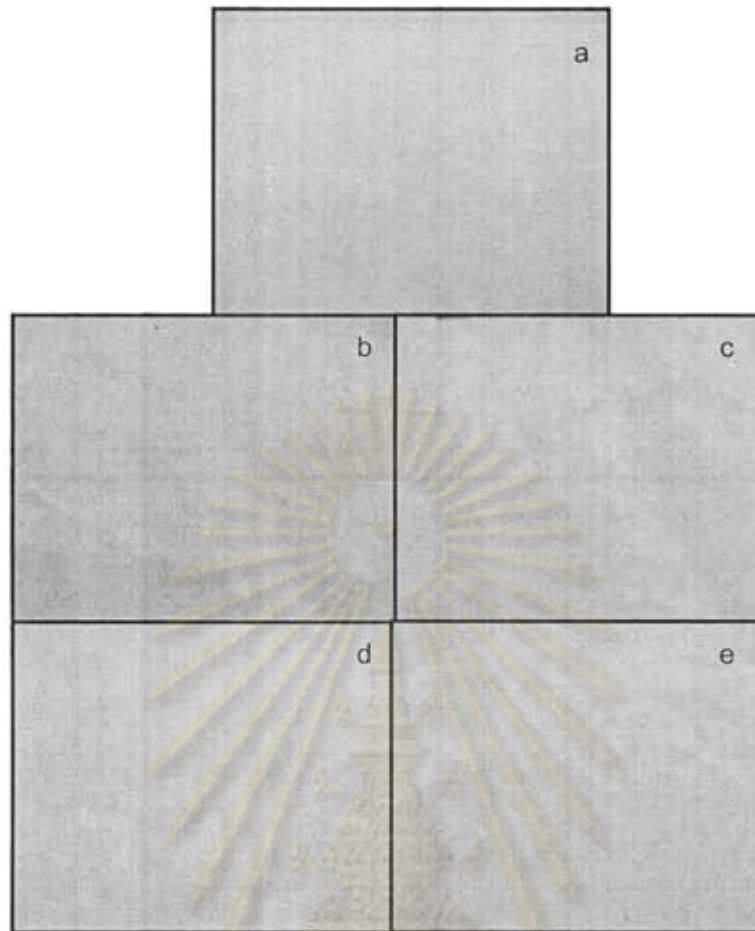


รูปที่ 4.23 ค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มสีของผ้าฝ้ายภายหลังการซัก

จากรูปที่ 4.23 และตารางที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของความเข้มสีภายหลังการซักของผ้าที่ผ่านและไม่ผ่านมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้เนื่องมาจากหมู่ฟังก์ชันที่เกิดขึ้นไม่มีความแตกต่างกันมากนัก

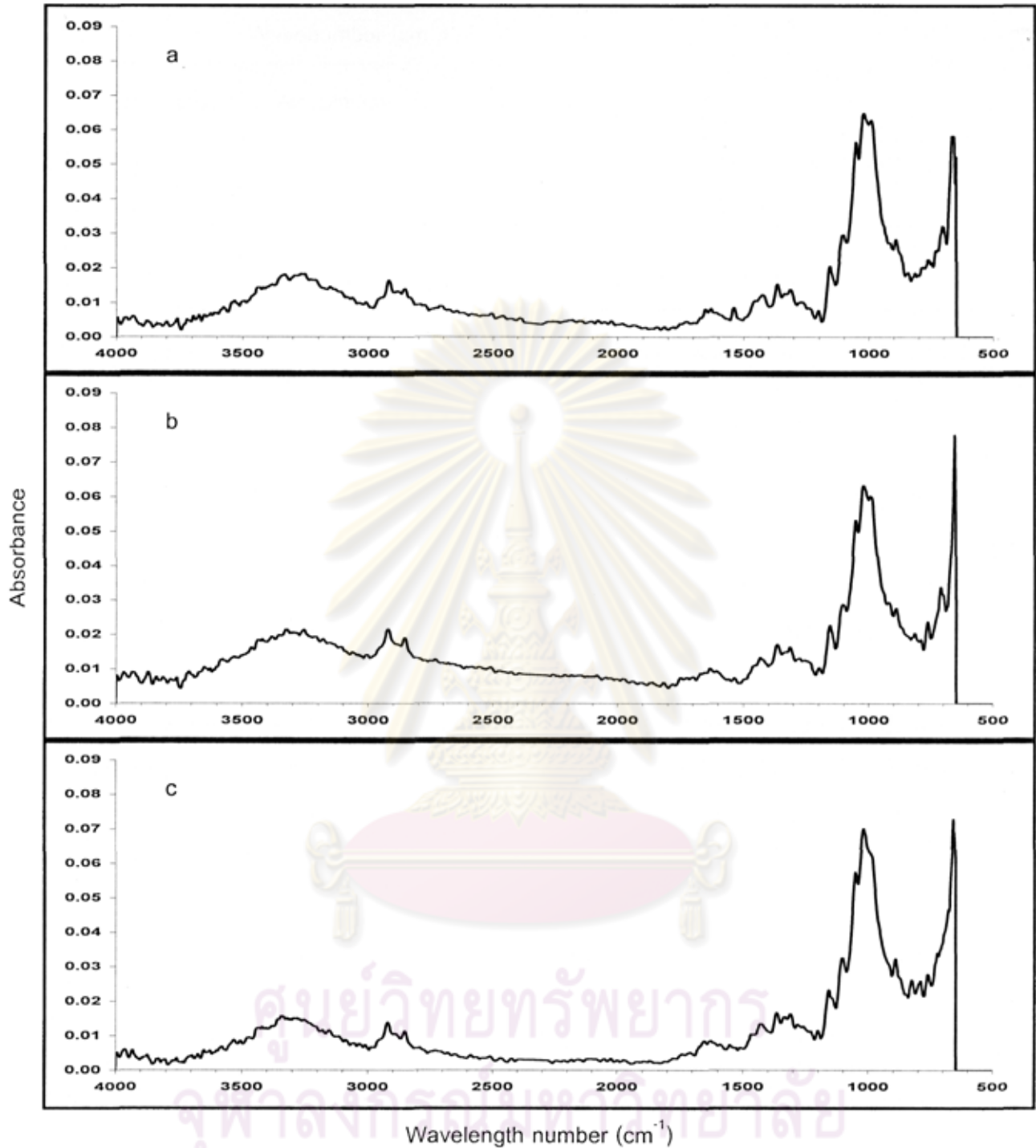
จากผลการทดลองข้างต้น จะเห็นได้ว่า การใช้พลาสมาของแก๊สเพียงชนิดเดียวยังไม่สามารถปรับสมบัติของผ้าฝ้ายได้เด่นชัด จึงมีการทดลองใช้พลาสมาอากาศและอาร์กอน เพื่อศึกษาแนวทางเลือกในการคัดแปรเพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 4.24 จะเห็นได้ว่าจำนวนครั้งการคัดแปรที่ 10 และ 20 ครั้งไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภายนอกของผ้าฝ้าย



รูปที่ 4.24 ลักษณะภายนอกผ้าฝ้ายที่ไม่ตัดแปรด้วยพลาสมา (a), ผ้าฝ้ายที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ จำนวนการยิง 10 (b), และ 20 ครั้ง (c) ผ้าฝ้ายที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอน จำนวนการยิง 10 (d), และ 20 ครั้ง (e).

รูปที่ 4.25 และตารางที่ 4.12 แสดงสเปกตรัมที่เกิดขึ้นหลังการตัดแปรผ้าฝ้ายด้วยพลาสมาอากาศ ที่บริเวณ 763 cm^{-1} แสดงหมู่ฟังก์ชันเอมีน และผ้าฝ้ายที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอน เกิดสเปกตรัมที่ 825 cm^{-1} อัลดีไฮด์ จากผลจึงสามารถยืนยันได้ว่าการตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศและอาร์กอนสามารถทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันที่มีไนโตรเจนและออกซิเจนเป็นองค์ประกอบขึ้นที่ผิวได้



รูปที่ 4.25 สเปกตรัม ATR-FTIR ผ้าฝ้ายที่ไม่ดัดแปรด้วยพลาสมา (a), ผ้าฝ้ายที่ดัดแปรด้วยพลาสมา
อากาศ จำนวนการยิง 20 ครั้ง (b) และที่ดัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอนจำนวนการยิง 20 ครั้ง (c)

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้าย

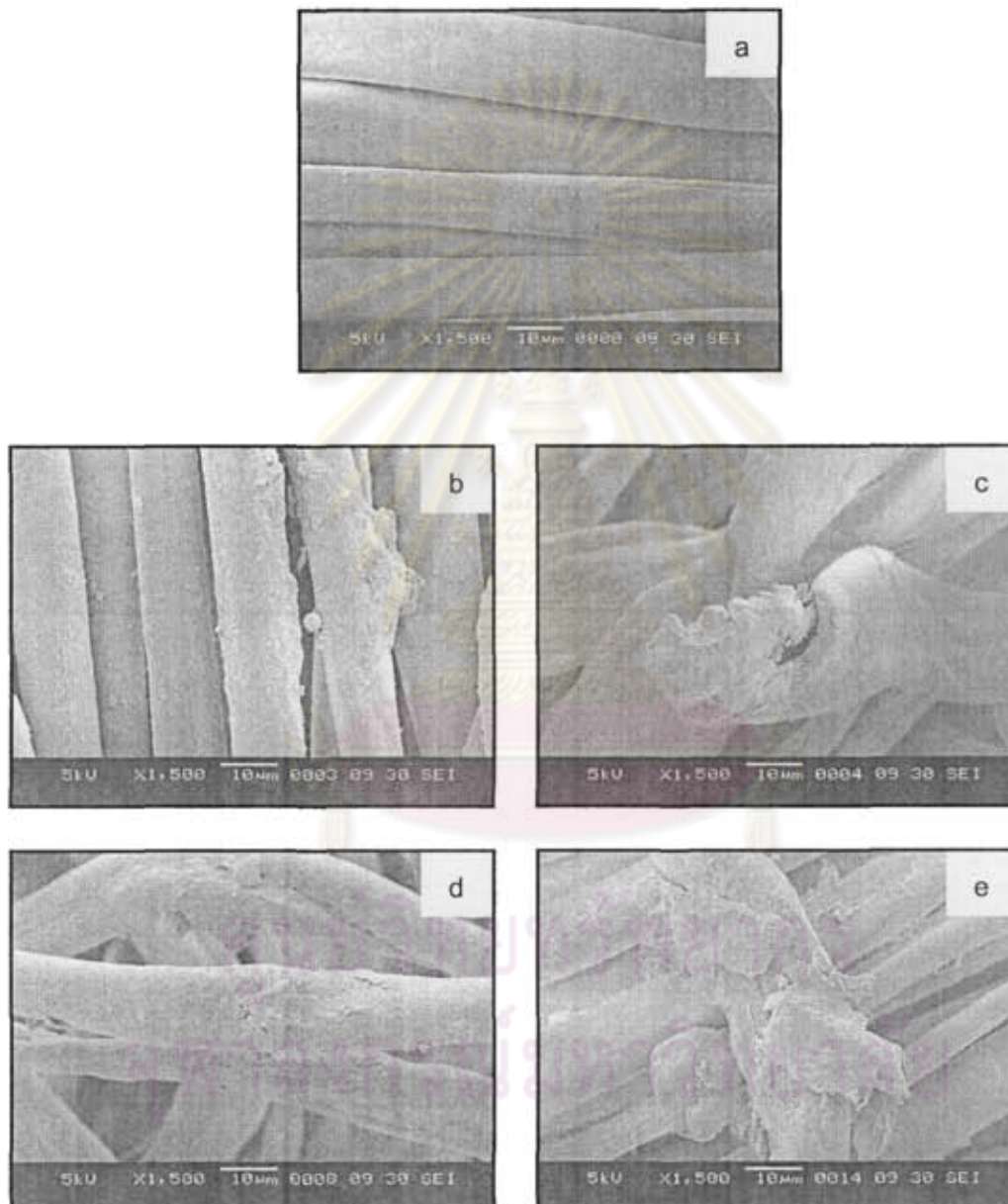
Wavenumber (cm ⁻¹)			Interpretation
Untreated	Air plasma	Ar plasma	
3254	3256	3298	O-H stretching : intermolecular hydrogen bonding
2919	2922	2922	C-H stretching of -CH ₂
1304	1313	1313	O-H in plane bending
1157	1156	1157	Anti-symmetrical bridge C-O-C
1052	1052	1052	C-O stretching of primary alcohol
-	763	-	C-N bending of primary amine
-	-	825	CH-O bending of aldehyde

ภายหลังจากการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของผ้าฝ้ายที่ดัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ จำนวน 20 ครั้ง ปรากฏปริมาณธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจากผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปร ดังตารางที่ 4.13 จึงสามารถสรุปได้ว่าการดัดแปรผิวด้วยพลาสมาอากาศสามารถทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบได้

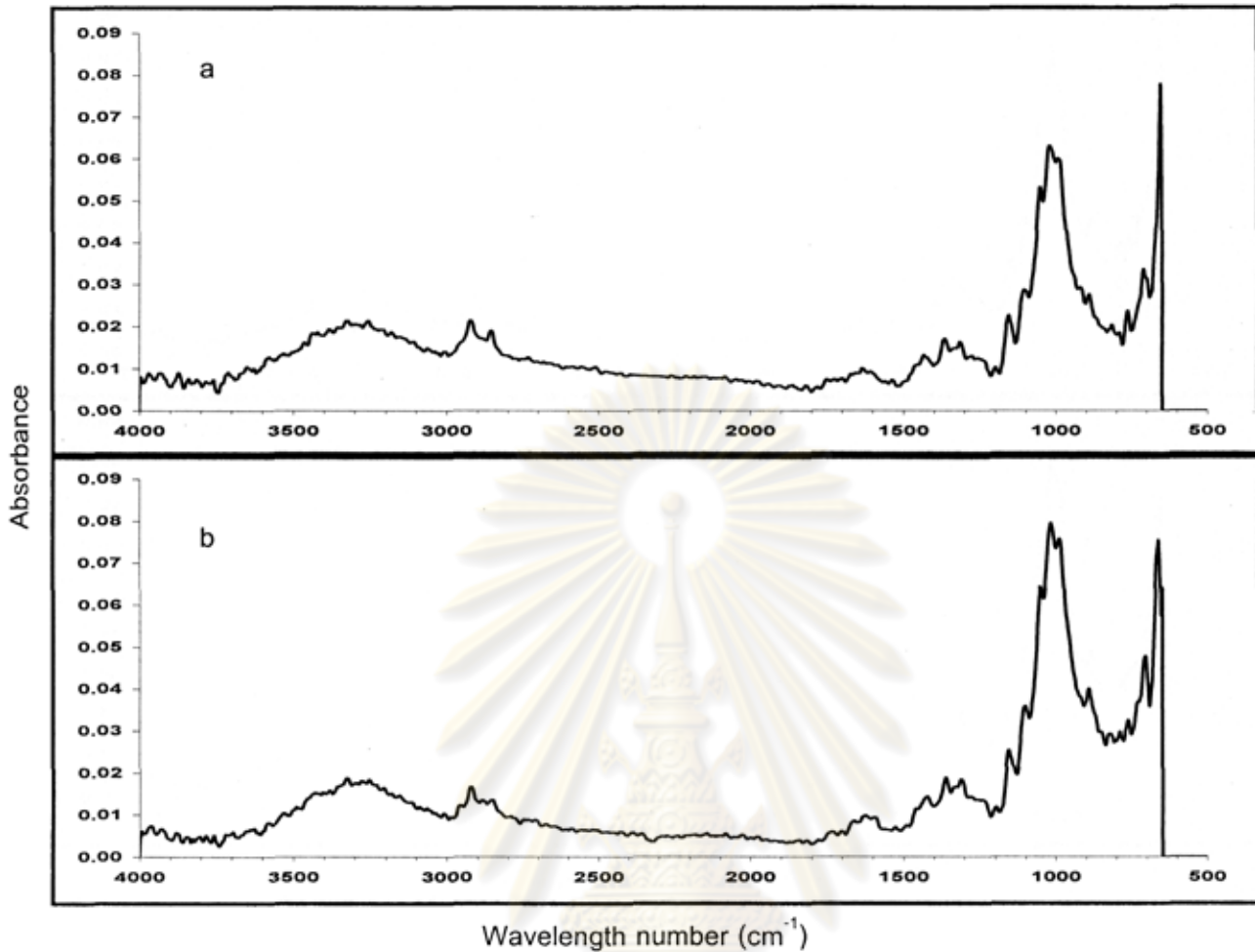
ตารางที่ 4.13 ปริมาณธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและไนโตรเจนของผ้าฝ้ายที่ไม่ดัดแปรและดัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ

Fabrics	% Element		
	Carbon	Hydrogen	Nitrogen
Untreated	41.810	7.030	0.037
20 Shots, Air Plasma	41.905	6.952	0.220

รูปที่ 4.26(a) จะเห็นได้ว่าผ้าฝ้ายที่ยังไม่ผ่านการดัดแปรจะมีผิวที่เรียบเป็นปกติ แต่หลังจากการดัดแปรด้วยพลาสมาอากาศจำนวน 10 ครั้ง ผิวผ้ากลับมีความขรุขระเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเจือเนื้อและการสะสมของอนุภาคตกกลับดังจะเห็นได้ในรูปที่ 4.26(b) เมื่อเพิ่มจำนวนการยิงเป็น 20 ครั้ง จะเห็นได้ในรูปที่ 4.26(c) ว่าเกิดการแตกหักของเส้นใย ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มจำนวนครั้งการยิงพลาสมาจะทำให้การเจือเนื้อและการชนของอิเล็กตรอนหรืออนุภาคว่างไวนบนผิวเส้นใยเพิ่มขึ้น. ในกรณีของผ้าฝ้ายที่ดัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอนให้ผลเช่นเดียวกับพลาสมาอากาศ

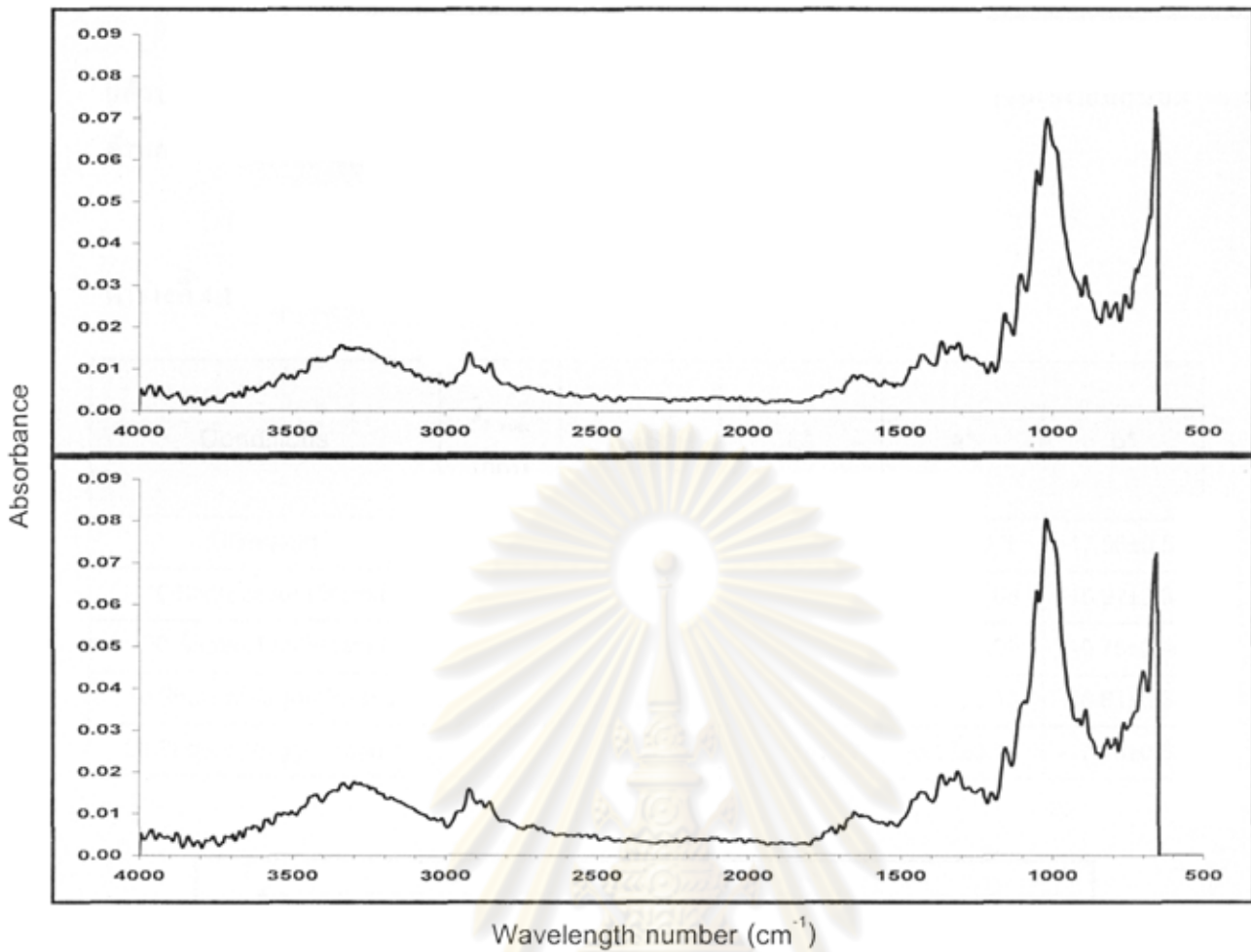


รูปที่ 4.26 ภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกราดของผ้าฝ้ายที่ไม่ดัดแปร (a), ผ้าฝ้ายที่ดัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ จำนวนการยิง 10 ครั้ง (b), และ 20 ครั้ง (c) ผ้าฝ้ายที่ดัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอนจำนวนการยิง 10 ครั้ง (d), และ 20 ครั้ง (e).

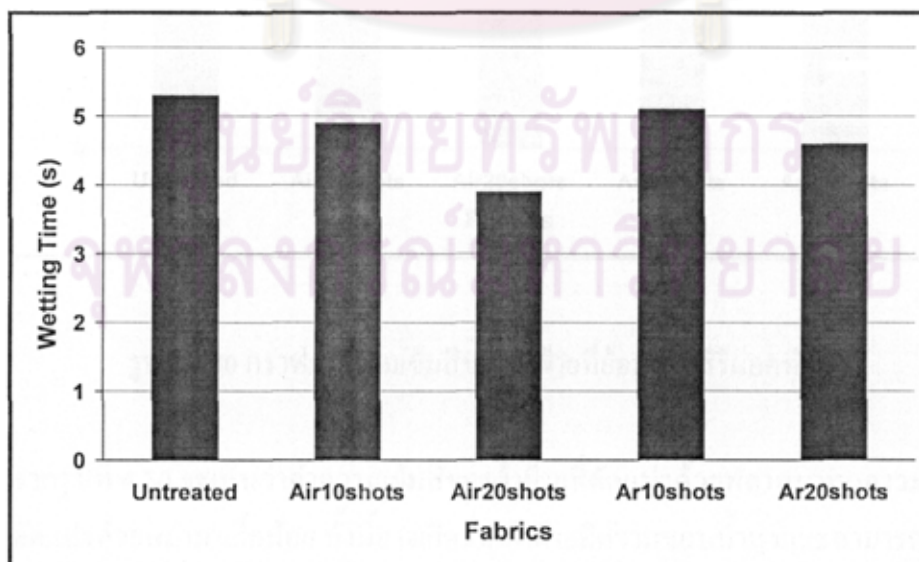


รูปที่ 4.27 สเปกตรัม ATR-FTIR ผ้าฝ้ายที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ จำนวนการยิง 20 ครั้ง (a) และ
 ภายหลังจากการยิง 30 วัน (b)

ค่าความเข้มของสเปกตรัมบริเวณ 763 cm^{-1} ของผ้าฝ้ายที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศจำนวน 20 ครั้ง ลดลงหลังจากเก็บไว้นาน 30 วัน แสดงในรูปที่ 4.27(b) อย่างไรก็ตาม ผ้าฝ้ายที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอนที่เกิดหมู่ฟังก์ชันอัลดีไฮด์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆดังรูปที่ 4.28(b) ทั้งนี้เนื่องจากหมู่เอมีนว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศทำให้ค่าความเข้มของสเปกตรัมลดลง



รูปที่ 4.28 สเปกตรัม ATR-FTIR ผ้าฝ้ายที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอน จำนวนการยิง 20 ครั้ง (a) และภายหลังจากการยิง 30 วัน (b)

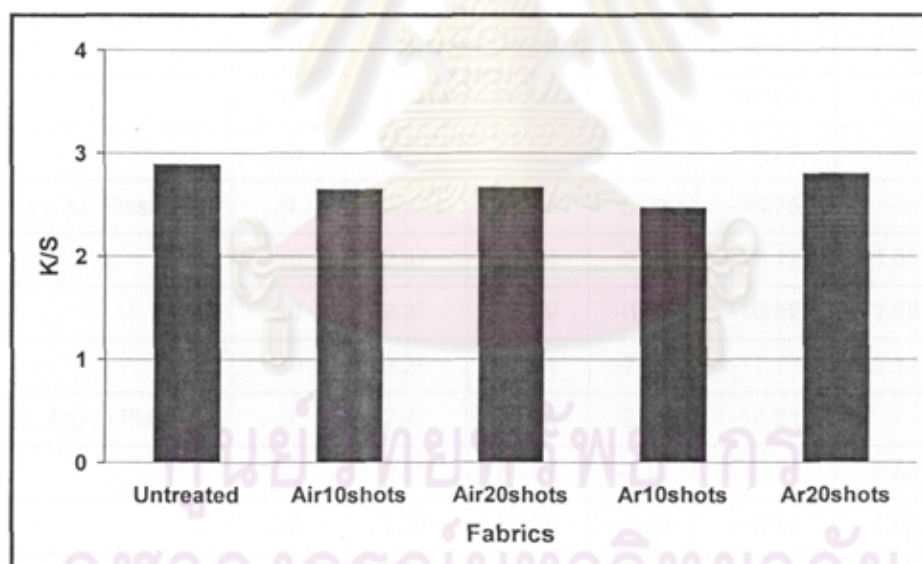


รูปที่ 4.29 ความสามารถในการเปียกของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านและผ่านการตัดแปรด้วยพลาสมา

เมื่อเปรียบเทียบเวลาการทำให้เปียกของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการตัดแปรและผ่านการตัดแปรแล้วปรากฏว่าไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนดังรูปที่ 4.29 อาจเนื่องมาจากว่าผ้าฝ้ายมีสมบัติด้านความชอบน้ำมากอยู่แล้ว

ตารางที่ 4.14 ค่าการวัดสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอกทีฟ

Conditions	λ_{max} (nm)	K/S	L*	a*	b*
Untreated	620	2.88±0.60	53.06±2.92	-8.42±0.3	-17.56±0.57
10 Shots of Air Plasma	620	2.65±0.45	53.85±2.44	-8.17±0.08	-16.92±0.35
20 Shots of Air Plasma	620	2.67±0.52	53.74±2.71	-8.23±0.05	-16.75±0.46
10 Shots of Argon Plasma	620	2.47±0.37	55.08±2.34	-8.26±0.13	-16.81±0.34
20 Shots of Argon Plasma	620	2.81±0.83	53.22±4.12	-8.17±0.02	-17.10±0.88



รูปที่ 4.30 กราฟค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีรีแอกทีฟ

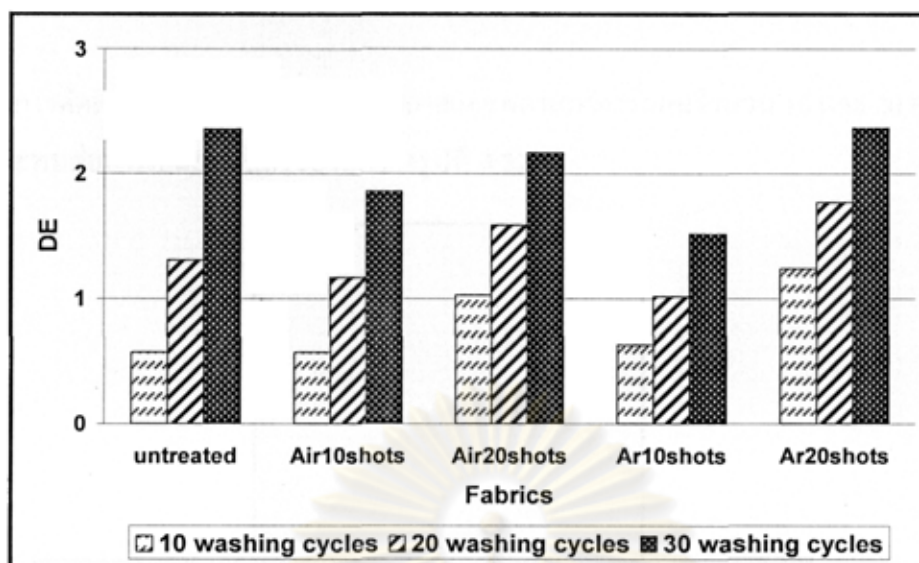
จากรูปที่ 4.30 จะเห็นว่าค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ตัดแปรด้วยพลาสมาทุกภาวะต่ำกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ตัดแปรด้วยพลาสมาเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดจากผ้าฝ้ายมีความชอบน้ำสูงและสามารถย้อมติดสีได้ดีอยู่แล้ว นอกจากนี้การตัดแปรด้วยพลาสมายังทำให้เกิดการเจือปนเนื้อบริเวณสัณฐานออกไป

ซึ่งเป็นส่วนที่ดูดซับสีข้อม ได้ดีจึงทำให้ค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา ลดลง.

จากตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.31 จะเห็นว่าค่าความทนต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ดัดแปรด้วยพลาสมาทุกภาวะมีค่าใกล้เคียงกับผ้าที่ไม่ได้ดัดแปร เนื่องจากผ้าฝ้ายมีสมบัติดูดซับน้ำสูงอยู่แล้วการดัดแปรผิวด้วยพลาสมาจึงไม่มีผลต่อสมบัติด้านนี้ของผ้าฝ้าย

ตารางที่ 4.15 ค่า K/S และ ΔE ภายหลังจากการซักของผ้าฝ้าย

Conditions	Cycles	K/S	L*	a*	b*	ΔE	Color Change
Untreated	0	2.88	53.06	-8.42	-17.56	-	-
	10	2.69	53.74	-8.20	-17.21	0.57	4.5
	20	2.59	54.22	-8.15	-17.02	1.31	4
	30	2.38	55.12	-7.93	-16.56	2.36	4
10 Shots, Air Plasma	0	2.65	53.85	-8.17	-16.92	-	-
	10	2.55	54.38	-8.19	-16.89	0.57	4.5
	20	2.42	54.92	-7.94	-16.54	1.17	4
	30	2.29	55.53	-7.85	-16.27	1.86	4
20 Shots, Air Plasma	0	2.67	53.74	-8.23	-16.75	-	-
	10	2.47	54.74	-8.03	-18.17	1.03	4.5
	20	2.37	55.29	-8.01	-16.55	1.59	4
	30	2.26	55.81	-7.82	-17.77	2.17	4
10 Shots, Argon Plasma	0	2.47	55.08	-8.26	-16.81	-	-
	10	2.35	55.47	-8.12	-16.67	0.63	4.5
	20	2.27	55.79	-7.99	-16.42	1.02	4
	30	2.19	56.26	-7.90	-16.28	1.52	4
20 Shots, Argon Plasma	0	2.81	53.22	-8.17	-17.10	-	-
	10	2.55	54.39	-8.00	-16.74	1.24	4
	20	2.44	54.74	-7.82	-16.29	1.77	4
	30	2.33	55.42	-7.76	-16.33	2.37	3.5



รูปที่ 4.31 ค่า ΔE ผ้าฝ้ายหลังการซัก.

การดัดแปรผิวผ้าฝ้ายด้วยพลาสมาอากาศและพลาสมาอาร์กอนไม่มีผลต่อความทนทานการขจัดของผ้าฝ้ายจะเห็นได้ดังตารางที่ 4.9 ทั้งนี้เป็นเพราะการดัดแปรจะเกิดขึ้นบริเวณผิวเท่านั้น

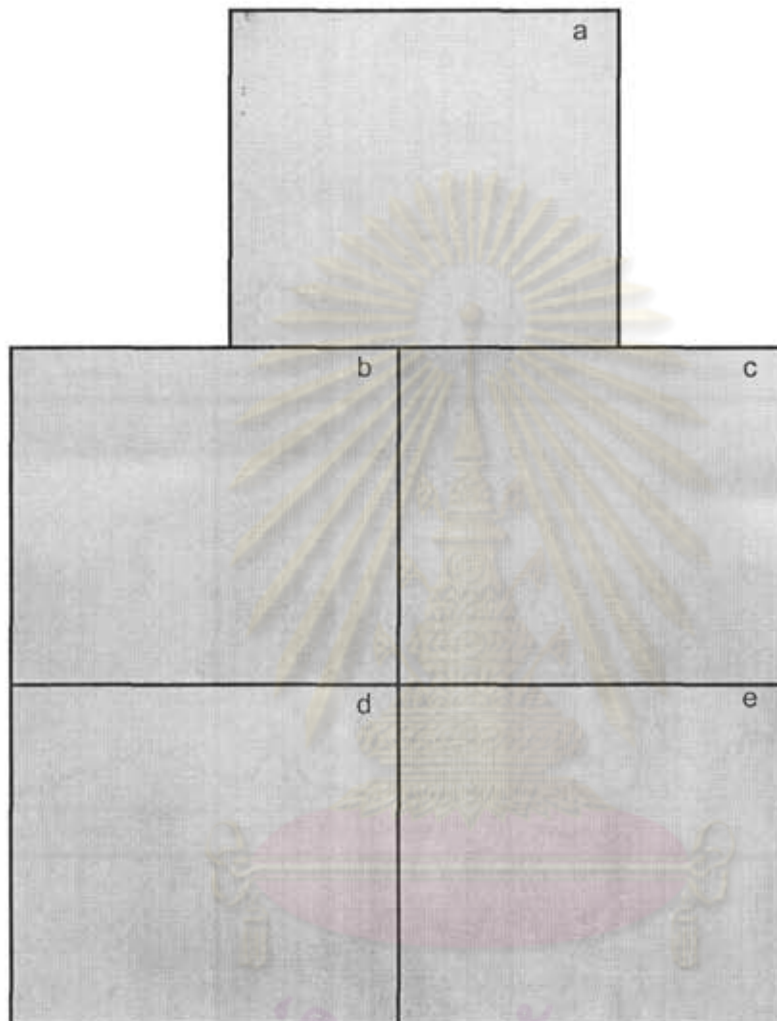
ตารางที่ 4.16 Color stain ของผ้าฝ้าย

Fabrics	Conditions	Color stain	
		Dry	Wet
Cotton	Untreated	5	4.5
	10 Shots, Air Plasma	4.5	4.5
	20 Shots, Air Plasma	5	4.5
	10 Shots, Argon Plasma	4.5	4.5
	20 Shots, Argon Plasma	5	4.5

จากผลการทดลองทั้งหมด จะเห็นได้ว่า สามารถปรับสมบัติผ้าที่มีองค์ประกอบจากเส้นใยเพียงชนิดเดียวได้ โดยใช้การดัดแปรผิวด้วยพลาสมา ในส่วนต่อไป จึงทดลองดัดแปรกับผ้าที่มีองค์ประกอบเป็นเส้นใย 2 ชนิด

4.1.3 สมบัติและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าผสมพอลิเอสเตอร์/ฝ้าย (T/C)

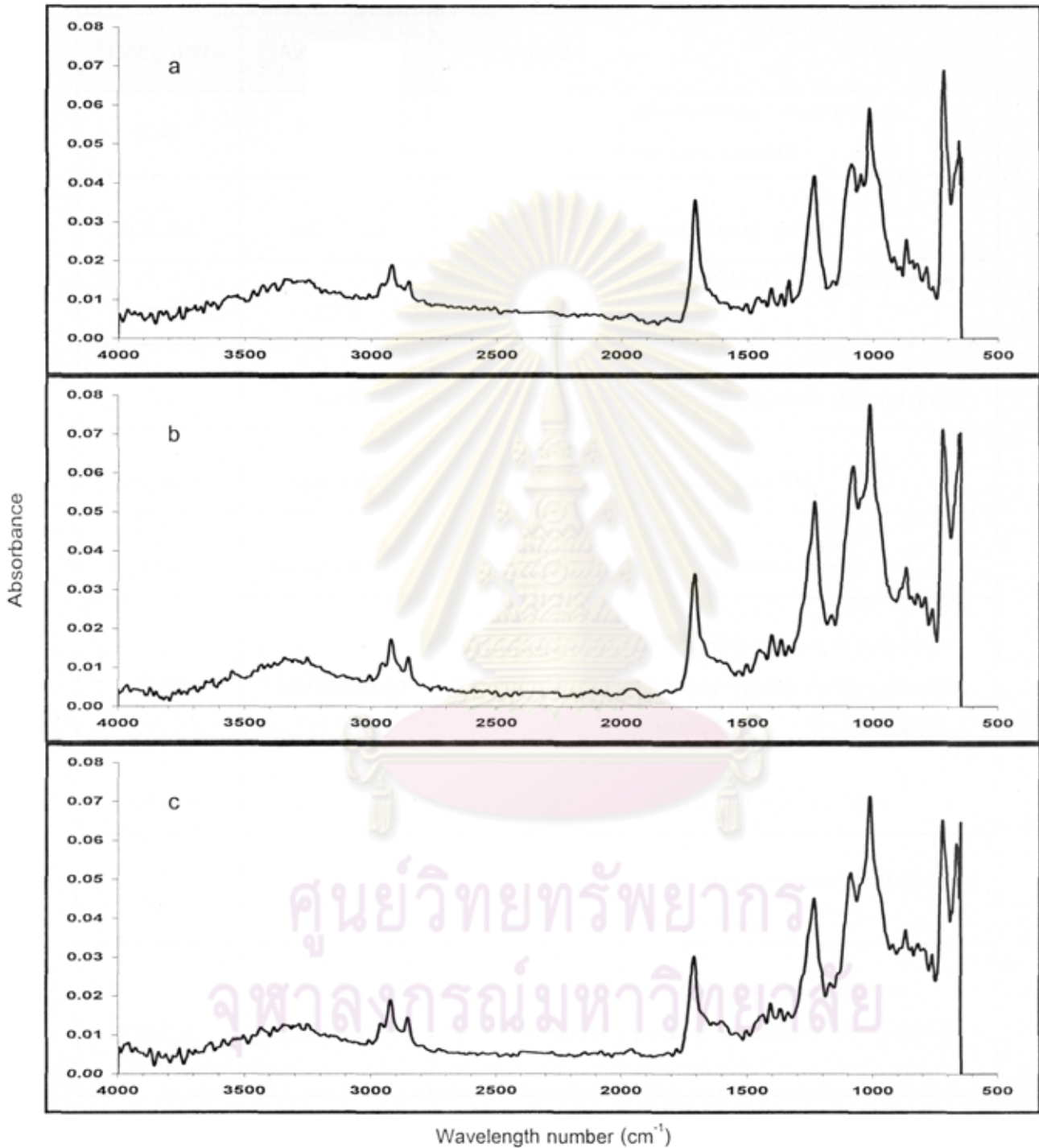
การดัดแปรผ้า T/C ด้วยพลาสมาอากาศและพลาสมาอาร์กอนจำนวน 10 และ 20 ครั้งไม่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของสีผ้าดังรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 ลักษณะภายนอกผ้าT/C ที่ไม่ดัดแปรด้วยพลาสมา (a) ผ้าT/Cที่ดัดแปรด้วยพลาสมาอากาศจำนวนการยิง 10 (b) และ 20 ครั้ง (c) ผ้าT/C ที่ดัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอน จำนวนการยิง 10 (d) และ 20 ครั้ง (e)

จากรูปที่ 4.33 สเปกตรัม ATR-FTIR ของผ้า T/C ทั้งที่ไม่ผ่านและผ่านการดัดแปร แสดงให้เห็นได้ว่า ผ้า T/C ที่ดัดแปรด้วยพลาสมาอากาศจำนวน 20 ครั้ง มีพีกปรากฏที่ 1600 cm^{-1} ของหมู่คาร์บอนิล นอกจากนี้ ความเข้มของพีกที่ 1366 cm^{-1} ที่แสดงหมู่เมทิลีนไดโตนและพีกที่ 658 cm^{-1} แสดง

หมู่คาร์บอนิลบนวงแอโรแมติกมีค่าเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน ความเข้มของพีคบริเวณ 1338 cm^{-1} ที่แสดงพันธะ C-H บนวงแอโรแมติกมีค่าลดลง

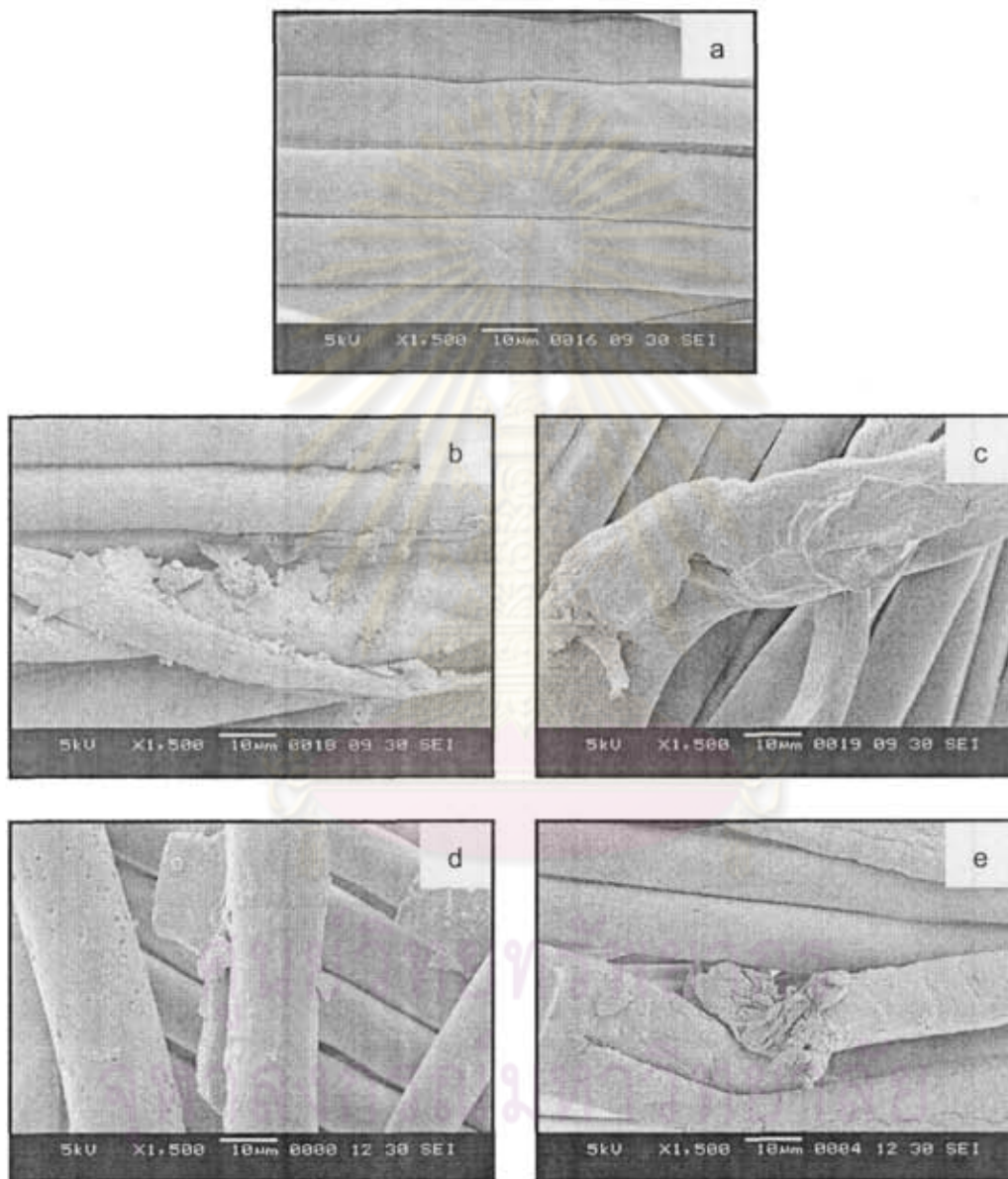


รูปที่ 4.33 สเปกตรัม ATR-FTIR ผ้า T/C ที่ไม่ตัดแปรด้วยพลาสมา (a) ผ้า T/C ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ จำนวนการยิง 20 ครั้ง (b), และพลาสมาอาร์กอนจำนวนการยิง 20 ครั้ง (c).

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของ ผ้าT/C

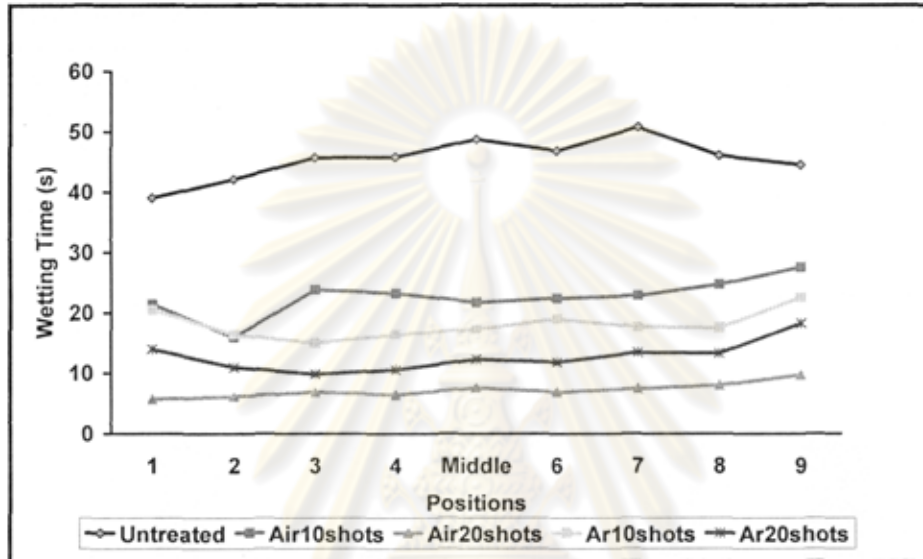
Wavenumber (cm ⁻¹)			Interpretation
Untreated	Air plasma	Ar plasma	
3343	3342	3251	O-H stretching : intermolecular hydrogen bonding
2919,2852	2922,2853	2921,2853	C-H stretching of -CH ₂
1709	1710	1711	C=O stretching of the ester carbonyl group
-	1629	1592	C=O stretching of the carbonyl group
1442,1411	1442,1405	1442,1411	C-H bending for CH ₂
1366	1368(increase)	1369(increase)	Bending of methyl ketone
1338	1335(decrease)	1335(decrease)	C-H in plane bending in substituted aromatic rings and skeleton vibrations involving C-O
1239,1091	1235, 1091	1234, 1083	C-O-C stretching of the ester
870	869	874	Out of plane C-H of p-disubstituted aromatic rings
720,658	722,658(increase)	722,667(increase)	Out of plane bending of the two carbonyl substituents on the aromatic ring

รูปที่ 4.34 (b) และ(c) แสดงรูปถ่าย SEM ของผ้า T/C ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศและพลาสมาอาร์กอนจำนวน 10 และ 20 ครั้ง เห็นได้ชัดว่าผิวของผ้า T/C มีความขรุขระมากขึ้นจาก T/C ที่ไม่ได้ตัดแปร และสังเกตได้ว่าความขรุขระของผ้า T/C ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศมีความขรุขระมากกว่าผ้า T/C ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอน อาจเนื่องมาจากอัตราการเกิดการเจือปนเนื้อบนผิววัสดุขึ้นกับชนิดของพลาสมาและพลังงานที่ใช้

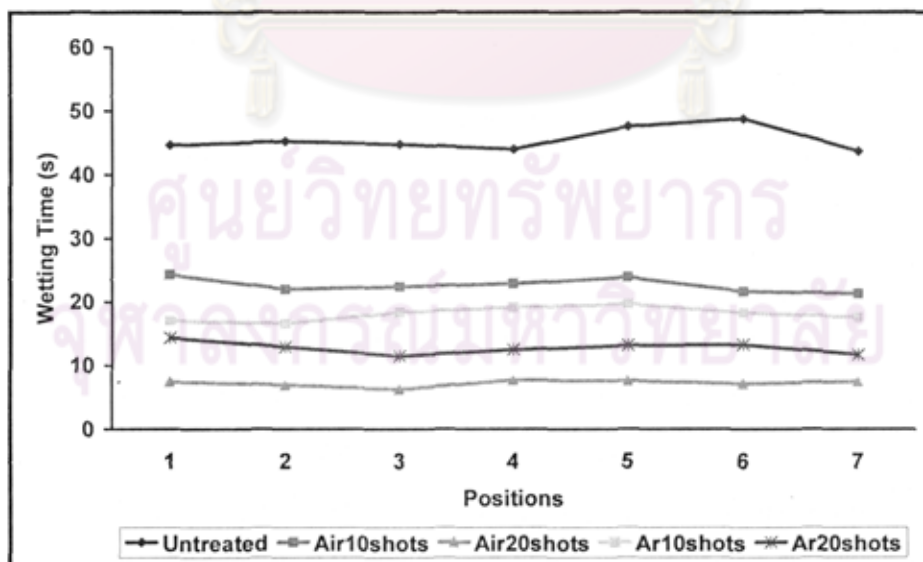


รูปที่ 4.34 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด T/C ที่ไม่ได้ตัดแปร (a), ผ้า T/C ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศ จำนวนการยิง 10 ครั้ง (b), และ 20 ครั้ง (c) ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอนจำนวนการยิง 10 ครั้ง (d), และ 20 ครั้ง (e).

จากรูปที่ 4.35 และ 4.36 จะเห็นได้ว่า เวลาในการทำให้เปียกลดลงหลังจากการตัดแปรด้วย พลาสมาและยิ่งลดลงเมื่อเพิ่มจำนวนครั้งในการยิงพลาสมา ทั้งนี้เนื่องจากว่าจำนวนการยิงพลาสมา เพิ่มขึ้นทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำบนผิวเพิ่มขึ้น จึงทำให้สามารถดูดซับน้ำได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม เวลาการทำให้เปียกของผ้า T/C ที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอน 10 ครั้ง ต่ำกว่าผ้า T/C ที่ตัดแปรด้วย พลาสมาอาร์กอน 10 ครั้ง เนื่องมาจากผ้าที่ตัดแปรด้วยพลาสมาอาร์กอน 10 ครั้งเกิดการเงื่อนไขขึ้นมากกว่าการเกิดหมู่ฟังก์ชันบนผิว



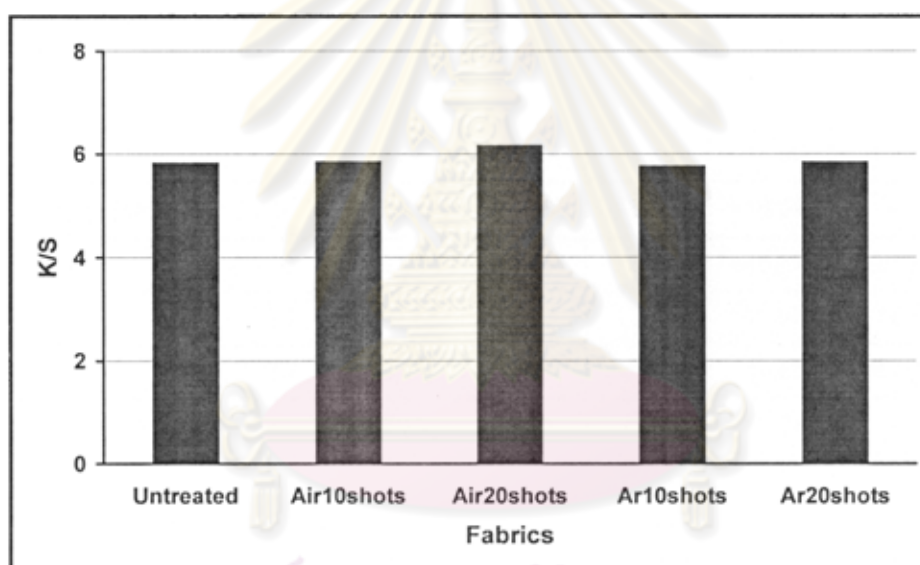
รูปที่ 4.35 ความสามารถในการเปียกของผ้า T/C ตามแนวเครื่อง



รูปที่ 4.36 ความสามารถในการเปียกของผ้า T/C ตามแนวรัศมี

ตารางที่ 4.18 ค่าการวัดสีของผ้า T/C ที่ด้วยสเปคโตรสโคปและสีรีแอก

Conditions	λ_{\max} (nm)	K/S	L*	a*	b*
Untreated	620	5.83±0.12	39.09±0.28	-3.55±0.17	-15.91±0.27
10 Shots of Air Plasma	620	5.86±0.04	38.27±0.02	-3.26±0.13	-13.98±0.12
20 Shots of Air Plasma	620	6.17±0.06	37.65±0.01	-3.29±0.16	-14.21±0.21
10 Shots of Argon Plasma	620	5.77±0.21	39.38±0.87	-3.65±0.13	-16.07±0.69
20 Shots of Argon Plasma	620	5.85±0.21	38.81±0.70	-3.47±0.32	-15.25±0.01



รูปที่ 4.37 กราฟค่าความเข้มของสีผ้า T/C ที่ข้อมด้วยสเปคโตรสโคปและสีรีแอกที่ฟ

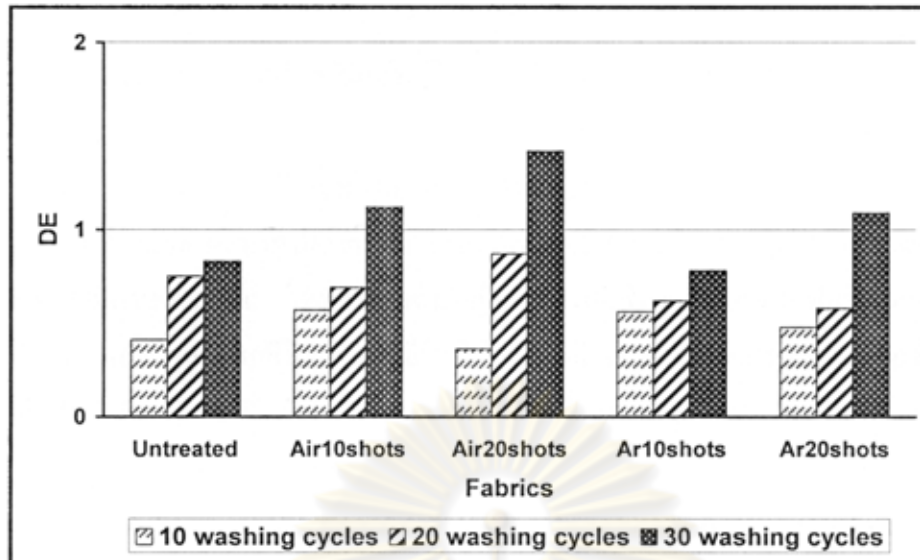
ค่าความเข้มสีของผ้า T/C ที่ผ่านการตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศและพลาสมาอาร์กอนไม่ค่อยมีความแตกต่างจากผ้าที่ไม่ได้ตัดแปร เนื่องจากผ้า T/C มีส่วนผสมของฝ้ายที่มีความชอบน้ำและสามารถย้อมสีได้คืออยู่แล้วจึงทำให้ไม่ค่อยเห็นการเปลี่ยนแปลง

ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีภายหลังการซักของผ้า T/C ที่ผ่านการตัดแปรด้วยพลาสมาอากาศและพลาสมาอาร์กอนใกล้เคียงกับผ้า T/C ที่ไม่ได้ตัดแปร แสดงว่าการตัดแปรผิวด้วยพลาสมาไม่มีผลกระทบต่อสมบัติด้านนี้ของผ้า T/C

ตารางที่ 4.19 ค่า K/S และ ΔE ภายหลังการซักของผ้า T/C ที่ย้อมด้วยสีย้อมสีดิสเพิร์สและสีรีแอคทีฟ

Conditions	Cycles	K/S	L*	a*	b*	ΔE	Color Change
Untreated	0	5.83	39.09	-3.55	-15.91	-	-
	10	5.72	39.25	-3.46	-15.58	0.41	4.5
	20	5.58	39.51	-3.44	-15.35	0.75	4.5
	30	5.51	39.66	-3.38	-15.38	0.83	4.5
10 Shots, Air Plasma	0	5.86	38.27	-3.26	-13.98	-	-
	10	5.70	38.69	-3.14	-14.28	0.57	4.5
	20	5.65	38.81	-3.12	-14.32	0.69	4.5
	30	5.55	39.28	-3.35	-14.37	1.12	4
20 Shots, Air Plasma	0	6.17	37.65	-3.29	-14.21	-	-
	10	6.09	37.68	-3.17	-13.90	0.36	4.5
	20	5.97	38.11	-3.17	-14.46	0.87	4.5
	30	5.80	38.71	-3.29	-14.92	1.42	4
10 Shots, Argon Plasma	0	5.77	39.38	-3.65	-16.07	-	-
	10	5.62	39.48	-3.41	-15.77	0.56	4.5
	20	5.58	39.62	-3.48	-15.58	0.62	4.5
	30	5.45	39.91	-3.49	-15.65	0.78	4.5
20 Shots, Argon Plasma	0	5.85	38.81	-3.47	-15.25	-	-
	10	5.66	39.15	-3.44	-14.95	0.48	4.5
	20	5.61	39.28	-3.46	-14.94	0.58	4.5
	30	5.50	39.67	-3.54	-15.04	1.09	4.5

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.38 ค่า ΔE ผ้า T/C ที่ข้อมด้วยสปีดิสเพิร์สและซีรีแอคทีฟ หลังการซัก

เช่นเดียวกับผ้าทั้งสองชนิดข้างต้น ค่าความคงทนต่อการซักของผ้า T/C ที่ดัดแปรด้วยพลาสมาอากาศและพลาสมาอาร์กอนมีค่าใกล้เคียงกับผ้า T/C ที่ไม่ผ่านการดัดแปร เนื่องจากเป็นการดัดแปรที่ผิววัสดุเท่านั้น

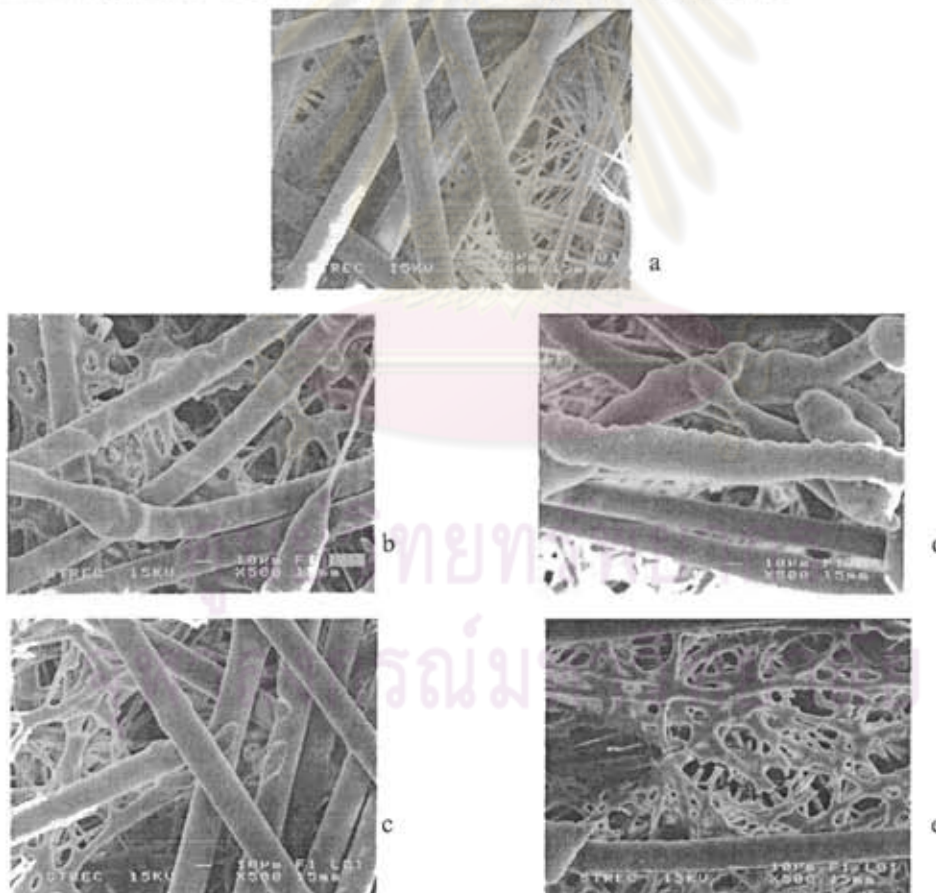
ตารางที่ 4.20 Color stain ของผ้า T/C ที่พลาสมาข้อมด้วยสปีดิสเพิร์สและซีรีแอคทีฟ

Fabrics	Conditions	Color stain	
		Dry	Wet
T/C	Untreated	5	5
	10 Shots, Air Plasma	5	4.5
	20 Shots, Air Plasma	5	4.5
	10 Shots, Argon Plasma	4.5	4.5
	20 Shots, Argon Plasma	4.5	4.5

4.2 การเตรียมวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีน/พอลิเอสเตอร์/ฝ้าย

4.2.1 ลักษณะวิทยาและสมบัติของฝ้ายอนุพวงวนพอลิโพรพิลีน

รูปที่ 4.39a แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของฝ้ายอนุพวงวนพอลิโพรพิลีนที่ยังไม่ผ่านการตัดแปร โดยจะเห็นเส้นใยที่ยาวของพอลิโพรพิลีนรอบๆพื้นที่สี่เหลี่ยมที่มีการกดเส้นใยให้ยึดติดกัน เส้นใยของพอลิโพรพิลีนนี้มีผิวที่เรียบ หลังจากการผ่านการตัดแปรโดยเครื่องพลาสติก พบว่าเส้นใยของพอลิโพรพิลีนมีผิวที่ขรุขระมากขึ้นตามที่แสดงดังรูป 4.39 b ถึง c และจะเห็นได้ว่าพลาสติกไนโตรเจนและพลาสติกออกซิเจน ทำให้เกิดลักษณะของเส้นใยอีกด้วยพร้อมกับการหลอมของเส้นใยที่เกิดจากการระดมเข้าสู่ของอนุภาคต่างๆจากพลาสติกที่มาจากถ่ายเทพลังงานจนนำไปเป็นพลังงานความร้อน จากการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ตำแหน่งต่างๆของการตัดแปรพบว่า ตำแหน่งที่ตรงกับแอโนดจะเกิดความขรุขระที่ผิวของเส้นใยมากที่สุดดังรูป 4.1 b ซึ่งปรากฏการณ์นี้เป็นไปตามความคาดหมาย เนื่องจากพลาสติกจะมีพลังงานมากที่สุดตามแกนของแอโนดซึ่งพลาสติกนี้ได้ถูกเร่งจากแรงลอเรทซ์



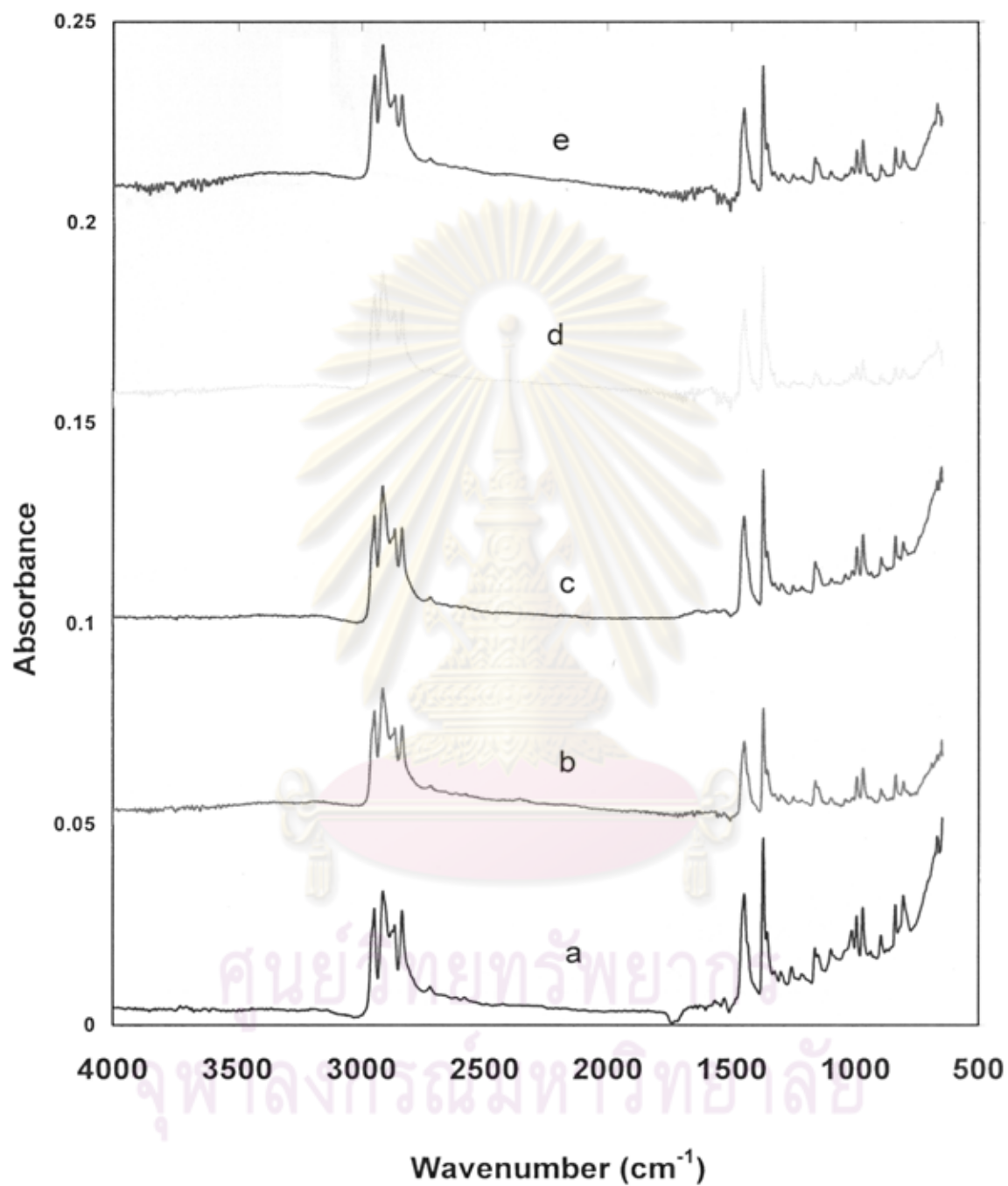
รูปที่ 4.39 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของอนุพวงวนพอลิโพรพิลีนที่ตัดแปรด้วยพลาสติกไนโตรเจน (b,c) และพลาสติกออกซิเจน (d,e)

การวิเคราะห์มุมสัมผัสสามารถบ่งบอกได้ถึง การชอบน้ำ (hydrophilic) ของผิววัสดุที่มาจากพลังงานพื้นผิวและแรงดึงดูดผิว มุมสัมผัสนี้แปรไปตามสมบัติทางเคมีและสัณฐานวิทยาของผิววัสดุอีกด้วย จากผลการวิเคราะห์มุมสัมผัสของผ้าที่ไม่ผ่านและผ่านการตัดแปรผิวโดยพลาสมาในโตรเจนและ พลาสมาออกซิเจนตามที่แสดงในตารางที่ 4.21 จะเห็นได้ว่าผ้าที่ผ่านการตัดแปรผิวโดยพลาสมาในโตรเจนและ พลาสมาออกซิเจน มีมุมสัมผัสของน้ำที่น้อยกว่าผ้าที่ไม่ได้ผ่านการตัดแปร ทำให้สันนิษฐานได้ว่าการตัดแปรโดยพลาสมาทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำบนผิวของผ้าอนุพเวทโพลิโพรพิลีน เช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานพบว่า ตำแหน่งที่ตรงกับแอโนด (cover position) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีพลาสมาที่มีพลังงานสูงและหนาแน่นที่สุดจะได้ค่ามุมสัมผัสของน้ำที่น้อยกว่าตำแหน่งอื่นๆ เพราะมีหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำเกิดขึ้นที่ตำแหน่งนี้มากที่สุด

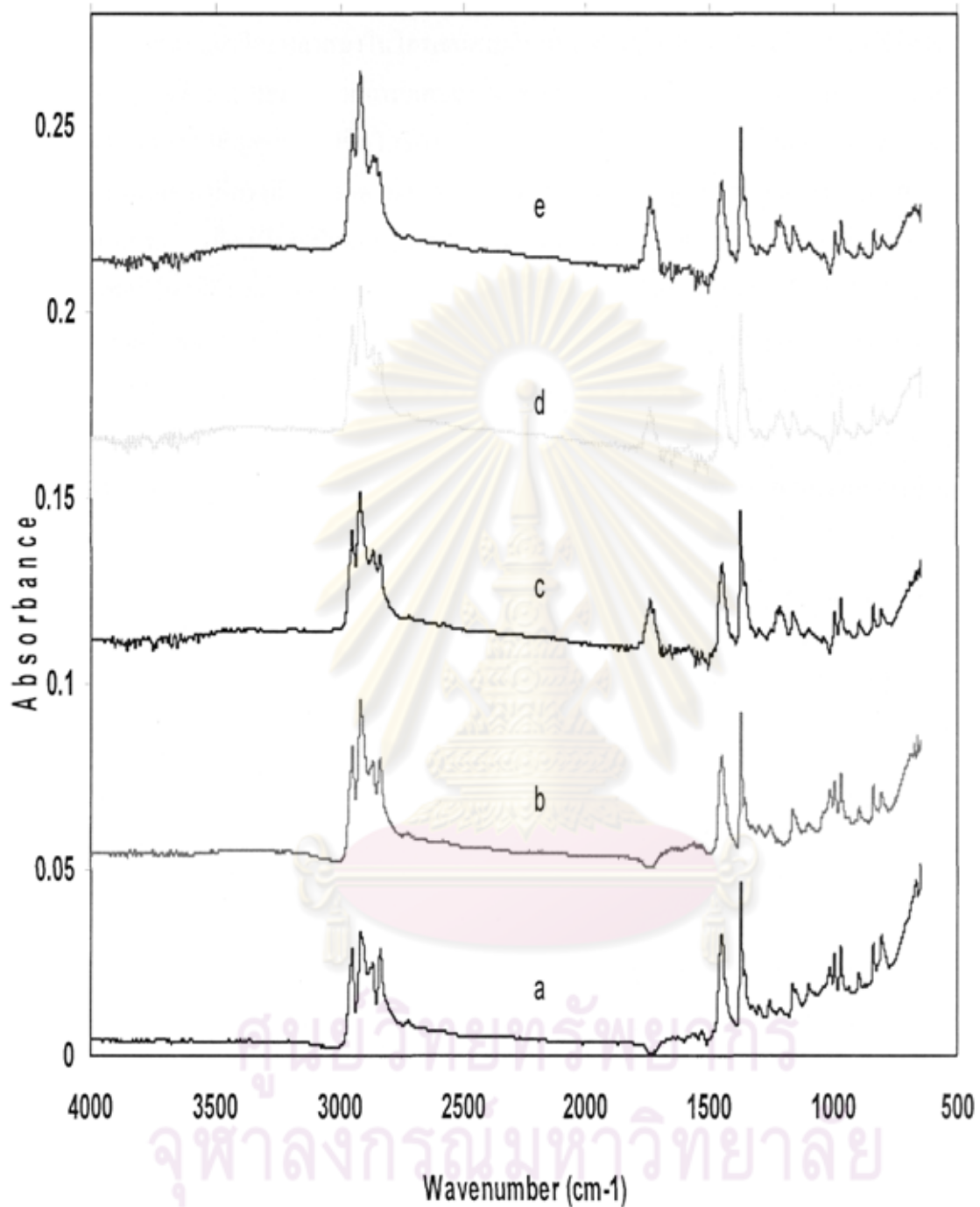
ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์มุมสัมผัสของผ้าอนุพเวทโพลิโพรพิลีนที่ผ่านการตัดแปรผิวโดยพลาสมาในโตรเจนและพลาสมาออกซิเจน

Type of PP nonwoven	Water contact angle (degree)	
	nitrogen	oxygen
unmodified	111 ± 3	111 ± 3
position 1	108 ± 3	101 ± 3
position 2	102 ± 1	100 ± 2
position 3	105 ± 4	102 ± 4
cover position	98 ± 2	97 ± 1

รูปที่ 4.40 แสดงฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของผ้าอนุพเวทโพลิโพรพิลีนที่ผ่านและไม่ผ่านการตัดแปรผิวด้วยพลาสมาออกซิเจนตามตำแหน่งต่างๆ ในไอออนเซชันแชมเบอร์ที่ใช้ในการตัดแปร จากการวิเคราะห์ผลพบว่า มีหมู่ฟังก์ชัน hydroxyl (OH) เพิ่มมากขึ้นจากความเข้มข้นของสัญญาณที่สูงขึ้นในช่วง wavenumber ที่ 2400-3500 cm^{-1} หลังการตัดแปรผิวโดยพลาสมาออกซิเจน และในเวลาเดียวกันความเข้มของสัญญาณในช่วง wavenumber ที่ 2837 cm^{-1} ซึ่งเป็นของหมู่ฟังก์ชัน CH_2 จาก C-H stretching มีค่าที่ลดลง ทั้งนี้ผลการทดลองในเบื้องต้นยังไม่สามารถที่จะยืนยันปรากฏการณ์นี้ได้อย่างแน่ชัด เนื่องจากจำนวนของหมู่ฟังก์ชัน hydroxyl (OH) ที่วัดได้มีค่าน้อย



รูปที่ 4.40 สเปกตรัมของแผ่นอนูฟเวินพอลิโพรพิลีน a) ที่ไม่ผ่านการดัดแปร และที่ดัดแปรด้วยพลาสมาออกซิเจน ณ ตำแหน่งต่างๆในไอออไนเซชันแชมเบอร์ : b) ตำแหน่งฝาบน c) ตำแหน่งที่ 1 d) ตำแหน่งที่ 2 e) ตำแหน่งที่ 3



รูปที่ 4.41 สเปกตรัมของผ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีน a) ที่ไม่ผ่านการดัดแปร และที่ดัดแปรด้วยพลาสมาไนโตรเจน ณ ตำแหน่งต่างๆในไอออไนเซชันแคมเบอร์ : b) ตำแหน่งฝ้ายน c) ตำแหน่งที่ 1 d) ตำแหน่งที่ 2 e) ตำแหน่งที่ 3

รูปที่ 4.41 แสดงฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ผ่านและไม่ผ่านการดัดแปรผิวโดยพลาสมาในโครเจนตามตำแหน่งต่างๆใน ไอออไนเซชันแชมเบอร์ที่ใช้ในการดัดแปรในตำแหน่งที่ 1 2 และ 3 จากการวิเคราะห์ผลพบว่าหมู่ฟังก์ชัน azo ($-N=N-H$) เกิดขึ้นที่ผิวของผ้า แสดงจากความเข้มของสัญญาณที่สูงขึ้นในช่วง wavenumber ที่ 1740 cm^{-1} ซึ่งเป็นตำแหน่งของ $N=N$ แต่ในเวลาเดียวกันที่ตำแหน่งที่ตรงกับแอมไนด์ไม่แสดงยอดความเข้มของสัญญาณนี้เพราะอาจมีการเกิดของหมู่ฟังก์ชันอื่นแทนที่ เมื่อเปรียบเทียบผลจากฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ระหว่างฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ผ่านและไม่ผ่านการดัดแปรพบว่าความเข้มของสัญญาณในช่วง wavenumber ที่ $3400-3500\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นของหมู่ฟังก์ชัน NH_2 จาก $N-H$ มีค่าที่เพิ่มขึ้นและความเข้มของสัญญาณในช่วง wavenumber ที่ 2837 cm^{-1} ซึ่งเป็นของหมู่ฟังก์ชัน CH_2 จาก $C-H$ มีค่าที่ลดลงสำหรับฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการดัดแปร ทั้งนี้ผลการทดลองในเบื้องต้นยังไม่สามารถที่จะยืนยันปรากฏการณ์นี้ได้อย่างแน่ชัดเนื่องจากจำนวนของหมู่ฟังก์ชัน hydroxyl (OH) ที่วัดได้มีค่าน้อยเช่นเดียวกับผลการทดลองที่ใช้พลาสมาออกซิเจน

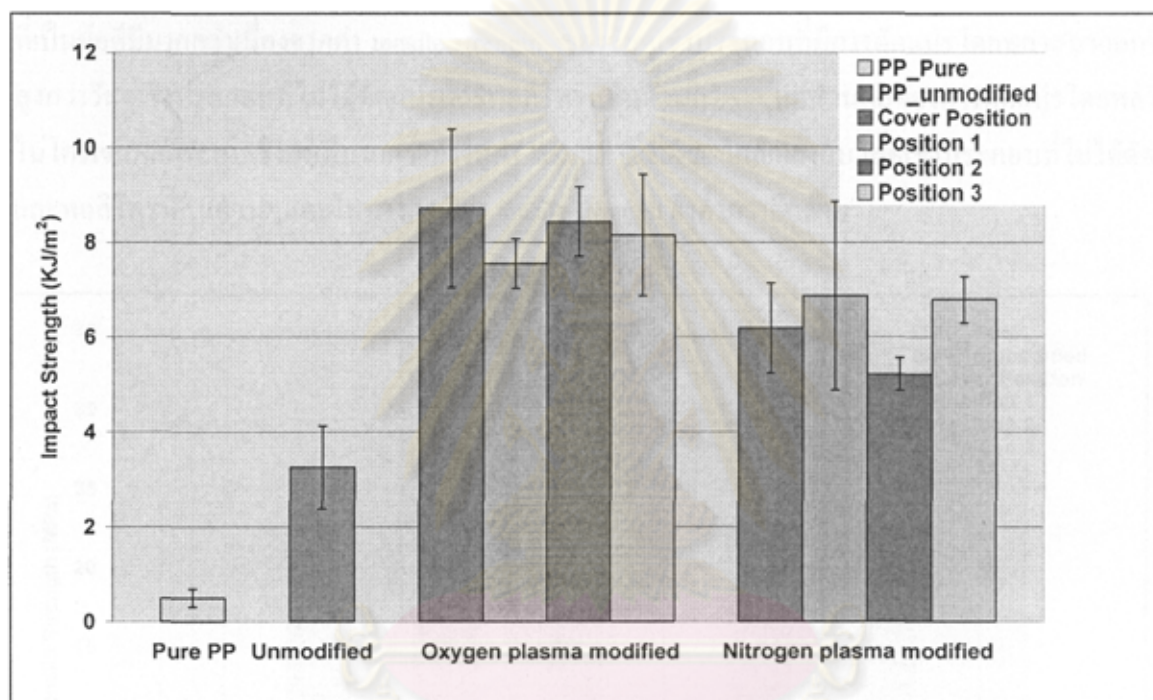
4.2.2 สมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบ

ตัวอย่างวัสดุเชิงประกอบทั้งหมดที่เตรียมโดยวิธีการในหัวข้อที่ 3.2 ได้ถูกตัดตามทิศทางแนวเครื่องจักร และนำมาทดสอบสมบัติเชิงกลคือ สมบัติด้านแรงดึง สมบัติด้านแรงดัดโค้ง และความทนแรงกระแทก

รูปที่ 4.42 แสดงผลการทดสอบสมบัติด้านความทนแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุเชิงประกอบที่ทำจากฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ไม่ผ่านการดัดแปรกับฝ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเทอร์ผสมฝ้ายมีค่า Impact strength ที่สูงกว่าวัสดุที่ทำจากฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนล้วนๆ และ วัสดุเชิงประกอบที่ทำจากฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการดัดแปรกับฝ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเทอร์ผสมฝ้ายมีค่า Impact strength มากกว่าวัสดุเชิงประกอบที่ทำจากฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ไม่ผ่านการดัดแปรกับฝ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเทอร์ผสมฝ้ายเป็นสองเท่า ซึ่งสามารถสันนิษฐานได้ว่าการนำพอลิเอสเทอร์ผสมฝ้ายที่โมเลกุลมีความยืดหยุ่นมากกว่าพอลิโพรพิลีนมาเป็น filler ของวัสดุเชิงประกอบสามารถเพิ่มความทนแรงกระแทกได้ และมากกว่านั้นถ้าใช้ฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการดัดแปรโดยพลาสมาในโครเจนและพลาสมาออกซิเจนกับฝ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเทอร์ผสมฝ้ายมาทำเป็นวัสดุเชิงประกอบสามารถเพิ่มความทนแรงกระแทกได้มากขึ้นไปอีก ซึ่งสามารถสันนิษฐานได้ว่าการปรับสภาพผิวของฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนทำให้เกิดการยึดติดระหว่างฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนและฝ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเทอร์ผสมฝ้ายที่ดีกว่าซึ่งมาจากพันธะไฮโดรเจนของหมู่ฟังก์ชันที่ขมบนน้ำของพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดจากการยืนยัน โดยผลการ

วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน โดยฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พร้อมกับพื้นที่การยึดติดที่เพิ่มขึ้นตามที่แสดง โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ในส่วนของชนิดของพลาสติกที่ใช้จะพบว่าวัสดุเชิงประกอบที่มีส่วนของการดัดแปรโดยพลาสติกออกซิเจนมีค่า Impact strength ที่สูงกว่าพลาสติกไนโตรเจน ซึ่งผลจากการวัดมุมสัมผัสแสดงให้เห็นว่าฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการดัดแปรโดยพลาสติกออกซิเจนมีหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำมากกว่าฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการดัดแปรโดยพลาสติกไนโตรเจน

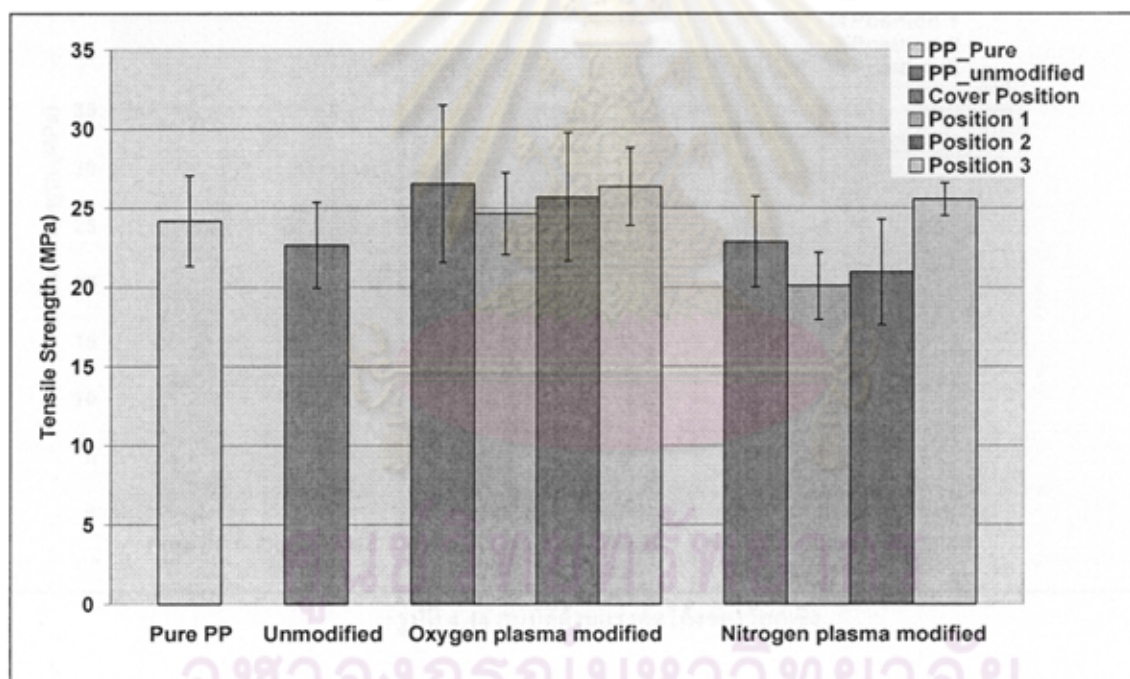


รูปที่ 4.42 ด้านความทนแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบ

รูปที่ 4.43 แสดงผลการทดสอบสมบัติด้านความทนแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุเชิงประกอบที่ทำจากฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ไม่ผ่านการดัดแปรกับฝ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเทอร์ผสมฝ้ายมีค่า tensile strength ที่ต่ำกว่าวัสดุที่ทำจากฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนล้วนๆ และ วัสดุเชิงประกอบที่ทำจากฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการดัดแปรกับฝ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเทอร์ผสมฝ้ายมีค่า tensile strength ใกล้เคียงกับวัสดุเชิงประกอบที่ทำจากฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ไม่ผ่านการดัดแปรกับฝ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเทอร์ผสมฝ้าย ซึ่งสามารถสันนิษฐานได้ว่าการนำพอลิเอสเทอร์ผสมฝ้ายและพอลิโพรพิลีนมาทำเป็นวัสดุเชิงประกอบทำให้วัสดุเชิงประกอบที่ได้นั้นมีค่า tensile strength ที่ต่ำเนื่องจากสมบัติการ

ขอบนำของวัสดุทั้งสองนี้แตกต่างกันและทำให้การยึดติดระหว่างผิวหน้าของวัสดุทั้งสองต่ำจึงเกิดจุดบกพร่องในวัสดุเชิงประกอบที่ได้

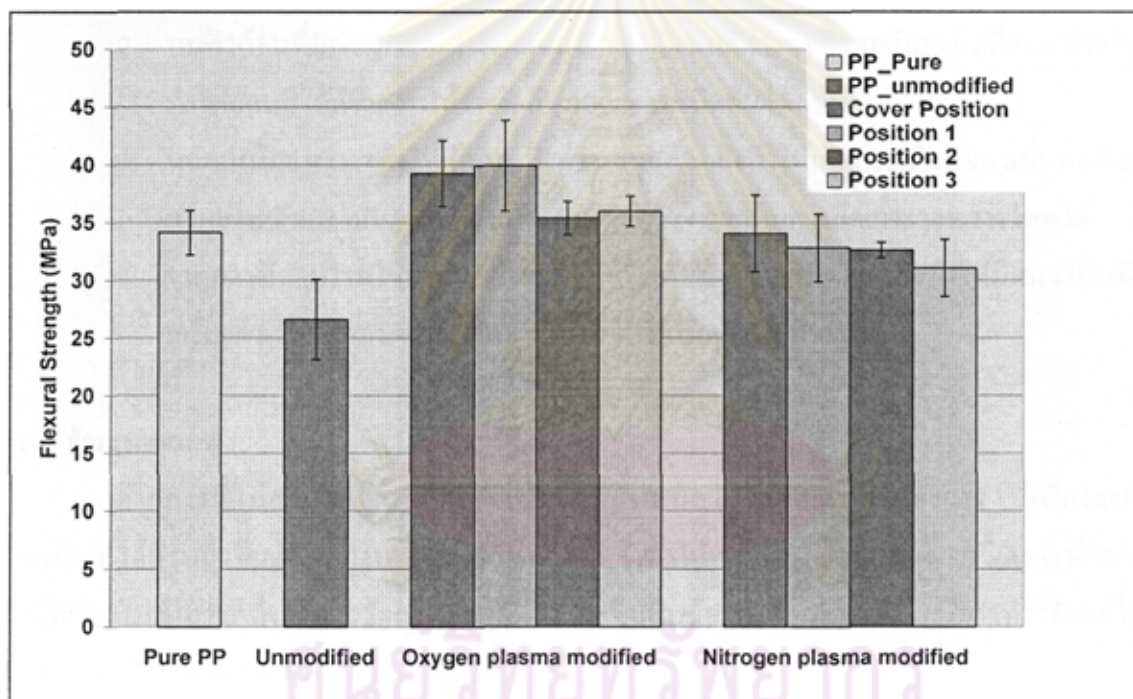
ผลกระทบจากการตัดแปร โดยพลาสมา กับสมบัติด้านแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ข้อดีที่ได้คือการทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันที่ขอบนำบนผิวของฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนทำให้มีปฏิกิริยาที่ช่วยเพิ่มพื้นที่การยึดติดทำให้ค่า tensile strength เพิ่มขึ้นได้ แต่ในขณะเดียวกันการที่เส้นใยของฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนถูกพลาสมาทำให้เกิดผิวที่ขรุขระและการแตกของสายโมเลกุลทำให้น้ำหนักของโมเลกุลลดลงและลดค่า tensile strength ในส่วนผลของการตัดแปรโดยพลาสมาออกซิเจนแสดงให้เห็นว่าผลกระทบที่เป็นข้อดีมีมากกว่าเนื่องจากค่า tensile strength ของวัสดุเชิงประกอบที่มีการตัดแปรโดยพลาสมาออกซิเจนสูงกว่าวัสดุเชิงประกอบที่ไม่ได้ตัดแปรและพอลิโพรพิลีนล้วนๆ แต่ส่วนผลของการตัดแปรโดยพลาสมาไนโตรเจนผลกระทบเชิงลบมีมากกว่าทำให้ค่า tensile strength ใกล้เคียงกับวัสดุเชิงประกอบที่ไม่ได้ตัดแปรและพอลิโพรพิลีนล้วนๆและในบางกรณีค่า tensile strength ยังต่ำกว่าอีกด้วย



รูปที่ 4.43 สมบัติด้านแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบ

รูปที่ 4.44 แสดงผลการทดสอบสมบัติด้านแรงดัดโค้งของวัสดุเชิงประกอบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุเชิงประกอบที่ทำจากฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ไม่ผ่านการตัดแปรกับฝ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเทอร์ผสมฝ้ายมีผลของค่า flexural strength ที่คล้ายกับการทดสอบสมบัติด้านแรงดึง ซึ่งวัสดุเชิงประกอบที่ทำจากฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ไม่ผ่านการตัดแปรกับฝ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเทอร์ผสมฝ้ายมีค่า flexural strength

ที่ต่ำกว่าวัสดุที่ทำจากฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนล้วนๆ และ วัสดุเชิงประกอบที่ทำจากฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการตัดแปรกับฝ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเตอร์ผสมฝ้ายมีค่า flexural strength ใกล้เคียงกับวัสดุเชิงประกอบที่ทำจากฝ้านอนวูฟเวนพอลิโพรพิลีนที่ไม่ผ่านการตัดแปรกับฝ้านอนวูฟเวนพอลิเอสเตอร์ผสมฝ้าย ซึ่ง flexural strength ของวัสดุเชิงประกอบสามารถเพิ่มขึ้นได้เมื่อการยึดติดระหว่างโมเลกุลของพอลิเอสเตอร์ผสมฝ้ายและพอลิโพรพิลีนเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากการมีหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำและการเพิ่มของพื้นที่ผิวของพอลิโพรพิลีน การตัดแปรโดยพลาสมาออกซิเจนแสดงให้เห็นค่า flexural strength ของวัสดุเชิงประกอบที่มีการตัดแปรโดยพลาสมาออกซิเจนสูงกว่าวัสดุเชิงประกอบที่ไม่ได้ตัดแปรและพอลิโพรพิลีนล้วนๆ และการตัดแปรโดยพลาสมาไนโตรเจนซึ่งเป็นไปตามข้อสันนิษฐานเดียวกับการทดสอบสมบัติด้านแรงดึง อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนตำแหน่งการตัดแปรผ้าพอลิโพรพิลีนไม่แสดงผลการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน



รูปที่ 4.44 สมบัติด้านแรงดัดโค้งของวัสดุเชิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองจากทั้งสองโครงการวิจัยย่อยในแผนงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้พลาสมาที่กำเนิดจากเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบอุณหภูมิสูงประเภทพลาสมาฟ็อกัสและที่คาพินซ์มาคัดแปรผิวของผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ทั้งในรูปแบบผ้าดัก ผ้าทอ และผ้าอนุพวงวน ซึ่งผลการทดลองโดยสรุปเป็นดังนี้

1. การทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำบนผิวผ้าสามารถทำได้โดยใช้พลาสมาของแก๊สที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยา เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน เป็นต้น โดยชนิดของหมู่ฟังก์ชันที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของแก๊สและชนิดของผ้า
2. หมู่ฟังก์ชันที่มีความชอบน้ำที่เกิดขึ้นนี้ ทำให้สมบัติต่างๆของพอลิเมอร์เปลี่ยนแปลงไป เช่น ทำให้ข้อมสีได้ดีขึ้น ทำให้ยึดติดกับพอลิเมอร์ชนิดอื่นได้ดีขึ้น
3. นอกเหนือจากการทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันขึ้นแล้ว ยังทำให้เกิดการเชื่อมของเนื้อพอลิเมอร์ได้ ส่งผลให้เกิดความขรุขระขึ้นบนผิวของวัสดุ ซึ่งช่วยเพิ่มการยึดเกาะระหว่างวัสดุได้
4. จากการใช้สามารถใช้อากาศเป็นแก๊สในการกำเนิดพลาสมาได้ จึงทำให้มีแนวโน้มที่จะนำเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบอุณหภูมิสูงนี้ไปใช้ในอุตสาหกรรมได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการที่ไม่สามารถจัดซื้อครุภัณฑ์ตามที่นำเสนอไว้ในข้อเสนอโครงการ เนื่องจากราคาครุภัณฑ์ได้ปรับสูงขึ้นเกินกว่างบประมาณที่ได้ตั้งไว้ จึงทำให้การวิจัยในส่วนของงานวิเคราะห์กลไกของปฏิกิริยาไม่สามารถทำได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จึงเป็นข้อเสนอแนะหากที่จะมีการทำวิจัยต่อไป คือ การศึกษาในเรื่องของกลไกการเกิดปฏิกิริยาทั้งหมด

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. Kim, B.C. Modification of nylon *In* Meister, J.J. (Ed.), Polymer Modification, pp. 462-469. New York: Marcel Dekker, 2000.
2. Chan, C.M., Ko, T.M. and Hiraoka, H. Polymer surface modification by plasmas and photons. Surface Science Reports. 24 (1996) : 1-54.
3. Santos, P. and Pezzin, S.H. Mechanical properties of polypropylene reinforced with recycled-pet fibers. Journal of Materials Processing Technology. 143-144 (2003) : 517-520.
4. Felix, M.J. and Gatenholm, P. The nature of adhesion in composites of modified cellulose fibers and polypropylene. Journal of Applied Polymer Science. 42 (1991) : 351-362.
5. Singsatit, P. and Pimpan, V. Use of medical gown nonwoven fabric manufacturing waste as a filler in high density polyethylene. Abstracts to The 13th Academic Symposium of Faculty of Science, Chulalongkorn University, 16-17 March 2005, Bangkok, Thailand.
6. Denes, F.S. and Manolache, S. Macromolecular plasma-chemistry: an emerging field in polymer science. Progress in Polymer Science. 29 (2004) : 815-885.
7. Ueno, S., Nomura, H., Hashizume, S. and Nishide, T. Method for increasing color density and improving color fastness of dyed fabrics. United States Patent NO. 4,619,667 (1986).
8. Iriyama, Y., Yasuda, T., Cho, D.L. and Yasuda, H. Plasma surface treatment on fabrics by fluorocarbon compounds. Journal of Applied Polymer Science. 39 (1990) : 249-264.
9. Kan, C.W., Chan, K., Yuen, C.W.M. and Miao, M.H. Surface properties of low-temperature plasma treated wool fabrics. Journal of Material Processing Technology. 83 (1998) : 180-184.
10. Carrino, L., Moroni, G. and Polini, W. Cold plasma treatment of polypropylene surface: a study on wettability and adhesion. Journal of Materials Processing Technology. 121 (2002) : 373-382.
11. Rahel, J., Simor, M., Cernak, M., Stefecka, M., Imahori, Y. and Kando, M. Hydrophilization of polypropylene nonwoven fabric using surface barrier discharge. Surface and Coating Technology. 172 (2003) : 604-608.
12. Simor, M., Rahel, J., Cernak, M., Imahori, Y., Stefecka, M. and Kando, M. Atmospheric-pressure plasma treatment of polyester nonwoven fabrics for electroless plating. Surface and Coating Technology. 172 (2003) : 1-6.
13. Cioffi, M.O.H., Voorwald, H.J.C. and Mota, R.P. Surface energy increase of oxygen- plasma-treated PET. Materials Characterization. 50 (2003) : 209-215.
14. Mccord, M.G., Hwang, Y.J., Qiu, Y, Hughes, L.K. and Bourham, M.A. Surface analysis of cotton fabrics fluorinated in radio-frequency plasma. Journal of Applied Polymer Science. 88 (2003) : 2038-2047.

15. Mccord, M.G., Hwang, Y.J., Hauser, P.J., Qiu, Y and Canup, J.J. Modifying nylon and polypropylene fabrics with atmospheric plasmas. Textile Research Journal. 72 (2002) : 491-498.
16. Sun, D. and Stylios G.K. Effect of low temperature plasma treatment on the scouring and dyeing of natural fabrics. Textile Research Journal. 74 (2004) : 751-756.
17. Joanne, Y. Kwong, C., Kwan, M.S. and Kai, S.L. Low temperature plasma-treated nylon fabrics. Journal of Materials Processing Technology. 123 (2002) : 5-12.
18. Rajpreet, K., Gita, N.R., Mohamed, B. and Brian, L.B. Plasma and antimicrobial treatment of nonwoven fabrics for surgical gowns. Textile Research Journal. 74 (2004) : 1073-1079.
19. ประคอง สวนพูน (2548) “พลาสมาเทคโนโลยี เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาและสิ่งทอไทยสู่ระดับโลก” วารสารคัลเลอร์เวย์ ปีที่ 10 ฉบับที่ 55 หน้า 37-40.
20. Pimpan, V., Chuenchon, S., Kamsing P. and Mongkolnavin, R. Properties and morphology of surface-modified polypropylene fibers using Theta-pinch device, Abstracts to International Meeting on Frontiers of Physics 2005. 25-29 July 2005, Kuala Lumpur, Malaysia.
21. Mongkolnavin, R., Srisawat, J., Ngamrunroj, D. and Pimpan, V. A plasma focus application for enhancing lamination process of polypropylene/polyester/cotton composites. Abstracts to International Meeting on Frontiers of Physics 2005. 25-29 July 2005, Kuala Lumpur, Malaysia.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย