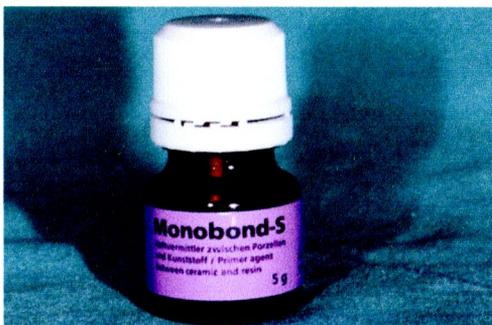
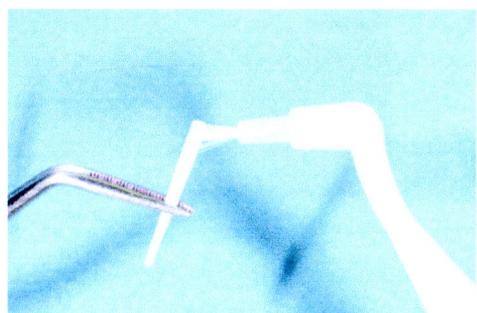


วิธีการทดลอง

นำเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยชนิดปลายสอบ (taper post) ที่มีส่วนประกอบพื้นฐานของเมทริกซ์เป็น เรซิน อีปอกซี (DT Light-Post, RTD, St. Egreve, France) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 มม. ยาว 20 มม.จำนวน 70 แท่งมาแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มๆละ 14 แท่ง ด้วยวิธีสุ่ม (simple random sampling without replacement) กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่เดือยไม่ได้รับการปรับสภาพพื้นผิวใดๆเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 ส่วนบนสุดเดือยยาวประมาณ 2 มม.ถูกทาด้วยสารไซเลน (silane) (Monobond-S,Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein)โดยรอบแล้วทิ้งไว้ 1 นาทีจากนั้นเป่าให้แห้ง (รูปที่ 1) กลุ่มที่ 3 เดือยส่วนบนถูกปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาของแก๊สอาร์กอนโดยใช้แก๊ส 9 ลิตรต่อนาที กลุ่มที่ 4 เดือยส่วนบนถูกปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาของแก๊สฮีเลียมผสมกับอากาศโดยใช้แก๊สในอัตราส่วนคือ ฮีเลียม 8 ลิตร และ อากาศ 50 มล. ต่อนาที กลุ่มที่ 5 เดือยส่วนบนถูกปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาของแก๊สอาร์กอนผสมกับอากาศโดยใช้แก๊สในอัตราส่วนคือ อาร์กอน 9 ลิตร และ อากาศ 30 มล. ต่อนาที วิธีปรับสภาพของกลุ่มที่ 3-5 คือนำเดือยมาเสียบบนแท่นจับเดือยที่หมุนด้วยความเร็ว 4 รอบต่อนาที เพื่อให้ส่วนปลายบนสุดของเดือยยาว 2 มม สัมผัสกับลำพลาสมา โดยรอบเป็นเวลา 120 วินาที และมีระยะระหว่างปลายกระบอเจ็ทกับเดือยเท่ากับ 4 มม. (รูปที่ 2) ซึ่งพลาสมาของแต่ละกลุ่มผลิตที่แรงดันไฟฟ้า 35 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 0.6 แอมป์ และความถี่ 330 กิโลเฮิร์ตซ์ด้วยเครื่องกำเนิดเจ็ทพลาสมาที่ประดิษฐ์โดยศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของพลาสมาและลำอนุภาคภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากนั้นนำเดือยจำนวน 8 แท่งในแต่ละกลุ่มมายึดด้วยเรซิน คอมโพสิตแกนฟัน (MultiCore Flow[®], Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

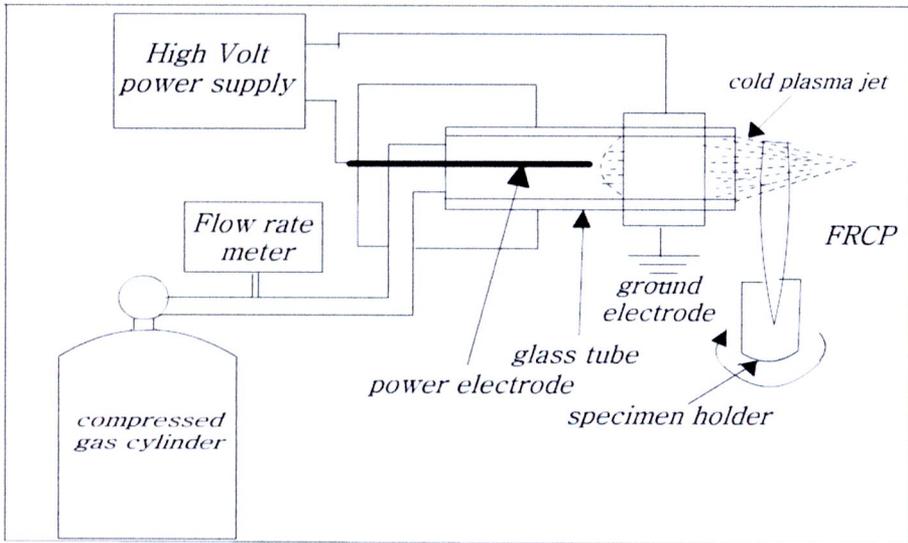


a

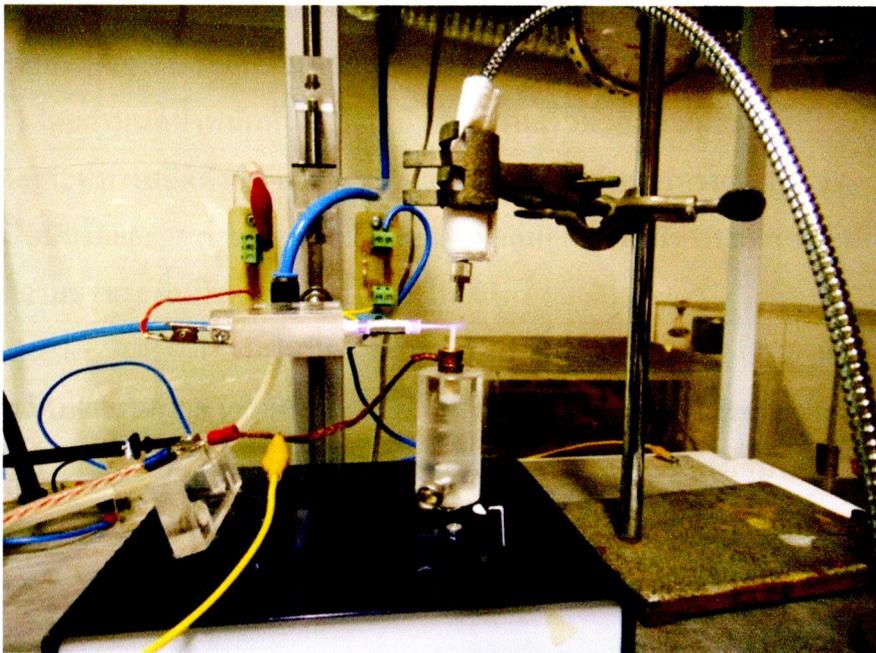


b

รูปที่ 1 ภาพถ่ายแสดง (a) สารไซเลน (b) เดือยส่วนบนถูกทาด้วยสารไซเลนด้วยฟู่กัน



a



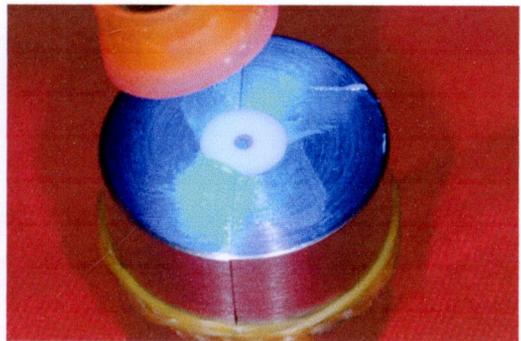
b

รูปที่ 2 (a) ภาพวาดแสดงการปรับสภาพพื้นผิวด้วยเจ็ทพลาสมาที่ส่วนปลายด้านบนของเดี่ยคอมโพสิตเสริมเส้นใย (FRCP) ที่เสียบบนแท่นจับ (b) ภาพถ่ายการปรับสภาพส่วนปลายด้านบนของเดี่ยคอมโพสิตเสริมเส้นใยด้วยเจ็ทพลาสมา

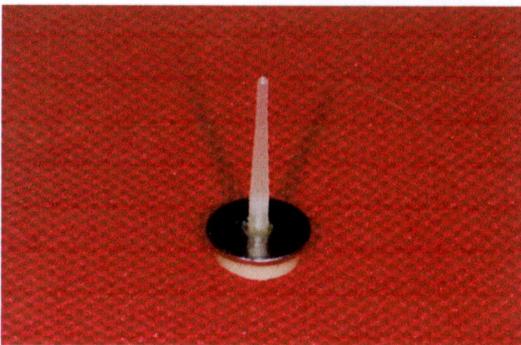
โดยฉีดคอมโพสิตแกนฟันรอบส่วนปลายบนที่เป็นทรงกระบอกของเดือยให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. และหนา 2 มม. ด้วยการใส่เบ้าโลหะเป็นตัวช่วยให้เดือยอยู่ตรงจุดศูนย์กลาง (รูปที่ 3a) แล้วใช้เครื่องฉายแสง (Elipar Trilight, 3M/ESPE, Seefeld, Germany) เร่งการเกิดพอลิเมอร์นาน 40 วินาที ด้วยความเข้มแสง 600 มิลลิวัตต์/ ซม². (รูปที่ 3b) นำแผ่นแหวนโลหะชนิดบางใส่ผ่านเดือยเพื่อรองรับด้านใต้ของเรซินคอมโพสิตก่อนแกน (รูปที่ 3c) จากนั้นนำส่วนปลายด้านสอบของเดือยไปจัดตำแหน่งให้อยู่กึ่งกลางท่อพีวีซี (polyvinyl chloride: PVC) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. และสูง 10 มม. โดยใช้เบ้าโลหะเป็นตัวช่วย และจุ่มปลายเดือยลงในท่อลึก 8 มม. (รูปที่ 3d) เทเรซินอะคริลิกเหลวลงให้เต็มท่อพีวีซี (รูปที่ 3e) รอจนเรซินอะคริลิกแข็งตัว จึงนำชิ้นงานออกจากเบ้า ชิ้นงานมีลักษณะดังรูปที่ 3f นำชิ้นงานในแต่ละกลุ่มไปแช่น้ำที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทดสอบด้วยการดึงโดยชิ้นงานถูกจับด้วยตัวยึดที่ทำมาพิเศษซึ่งติดกับแท่นส่วนล่างของเครื่องทดสอบซึ่งอยู่กับที่ ในขณะที่ตัวจับคอมโพสิตแกนฟันที่ยึดกับส่วนบนของเดือยถูกดึงมาให้พอดีกับเดือยและรองรับส่วนด้านล่างของแหวนโลหะใต้ต่อคอมโพสิตแกนฟันอย่างพอดีและติดกับส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องทดสอบสากล (Instron 5566, Instron Inc., MA, US) (รูปที่ 4) โดยกำหนดน้ำหนักหัวดึง 500 นิวตัน ความเร็วหัวดึง 1 มม. ต่อ นาที จากนั้นรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว (1-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนเดือยที่เหลือในแต่ละกลุ่มถูกนำมาทำการทดสอบดังนี้ เดือย 2 แห่งถูกทดสอบความขรุขระพื้นผิวด้วยเครื่องโพรไฟโลมิเตอร์ (profilometer) (Tylyscan 150, Taylor Hobson, Leicester, UK) โดยมีพื้นที่ของการสแกนคือ 2 x 0.5 มม. อีก 2 แห่งถูกตรวจการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (JSM-5410LV, JEOL, Tokyo, Japan) ส่วนเดือยที่เหลืออีก 2 แห่งถูกทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของพื้นผิวด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) (Nicolet 6700, Bruker, Germany) ใน ATR mode



a



b



c



d

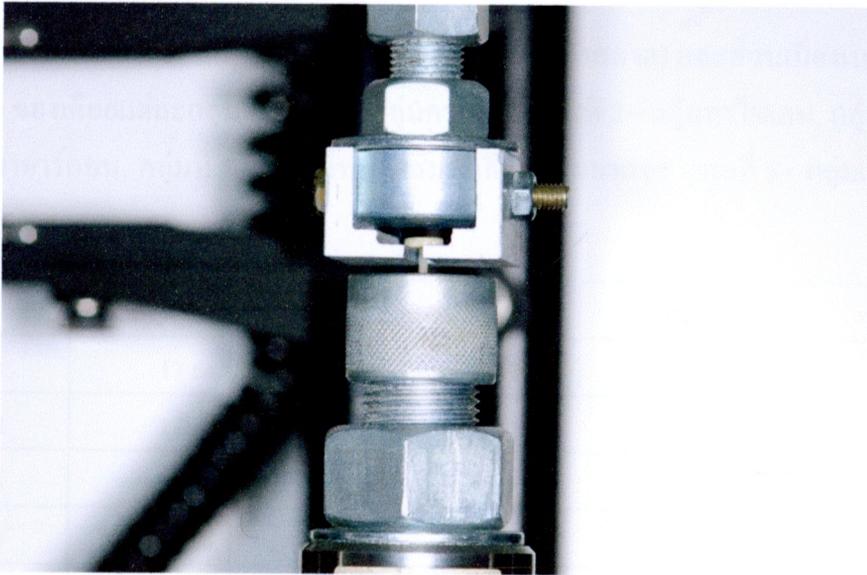


e



f

รูปที่ 3 ภาพถ่ายแสดงการเตรียมชิ้นงานเพื่อทดสอบด้วยการดึง (a) ส่วนบนของเดือยถูกฉีดด้วยคอมโพสิตแกนฟีนโดยรอบ (b) คอมโพสิตแกนฟีนถูกเร่งปฏิกิริยาพอลิเมอร์ด้วยการฉายแสง (c) แหวนถูกใส่เพื่อรองรับคอมโพสิตแกนฟีน (d) ส่วนปลายด้านสอบของเดือยถูกจัดให้อยู่กึ่งกลางท่อพีวีซี (e) เรซิน อะคริลิกเหลวถูกเทล้อมรอบส่วนปลายของเดือย (f) ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 4 ภาพถ่ายแสดงชิ้นงานถูกจับด้วยตัวยึดโลหะซึ่งติดกับแท่นส่วนล่างของเครื่องทดสอบสากล ในขณะที่ตัวจับคอม โพลีตแกนพื้นติดกับส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องทดสอบสากล

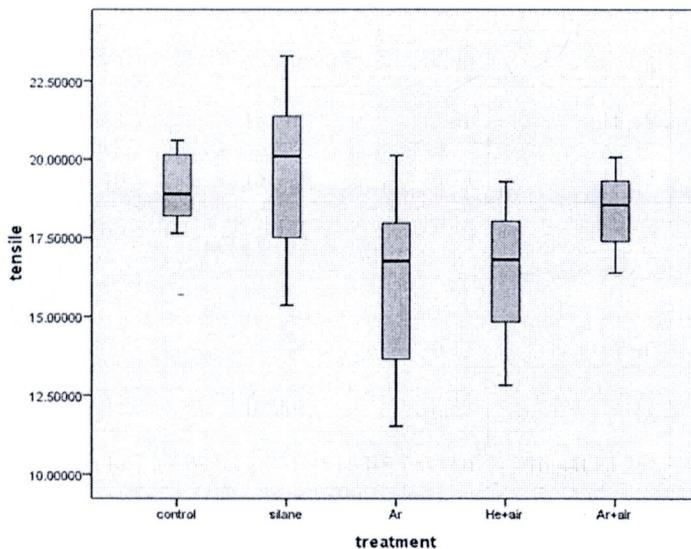
ผลการทดลอง

ค่าแรงดึงเหือน (เมกะปาสคาล) ระหว่างเดียวกับคอม โพลีตแกนพื้นแต่ละกลุ่มแสดงในตารางที่ 1 และกราฟแสดงค่าเฉลี่ยแรงดึงเหือนของแต่ละกลุ่มแสดงในรูปที่ 5 จากการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (1-way ANOVA) (ตาราง ก ในภาคผนวก) และการทดสอบเชิงซ้อนด้วยวิธีทูกิ ที่ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Tukey multiple comparison test ($p < 0.05$)) (ตาราง ข ในภาคผนวก) พบว่าค่าแรงดึงเหือนของทุกกลุ่มไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของแรงดึงเหือนระหว่างกลุ่มทำไซเลนกับกลุ่มที่ปรับสภาพด้วยเจ็ทอาร์กอน และค่าเฉลี่ยความขรุขระพื้นผิวที่วัดโดยโปรไฟล์โลมิเตอร์ของเหือน กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ทำด้วยไซเลน กลุ่มที่ปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาของอาร์กอน กลุ่มที่ปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาฮีเลียมผสมอากาศ และ กลุ่มที่ปรับสภาพด้วยเจ็ทอาร์กอนผสมอากาศ มีค่า 1.91 ± 0.53 , 1.96 ± 0.65 , 1.92 ± 0.25 , 1.82 ± 0.57 , และ 2.17 ± 0.38 ไมโครเมตรตามลำดับ จากการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียวไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยความขรุขระพื้นผิวของเหือนทุกกลุ่มที่ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 1: ค่าแรงดึงเดือนและค่าเฉลี่ยแรงดึงเดือน (เมกะปาสกาล) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ในวงเล็บ) ของเคื่อยแต่ละกลุ่ม (กลุ่มที่ 1=กลุ่มควบคุม, กลุ่มที่ 2= กลุ่มทาซิลเลน, กลุ่มที่ 3= กลุ่มเจ็ทพลาสมาอาร์กอน, กลุ่มที่ 4= กลุ่มเจ็ทพลาสมาฮีเลียมผสมอากาศ, กลุ่มที่ 5= กลุ่มเจ็ทพลาสมาอาร์กอนผสมอากาศ)

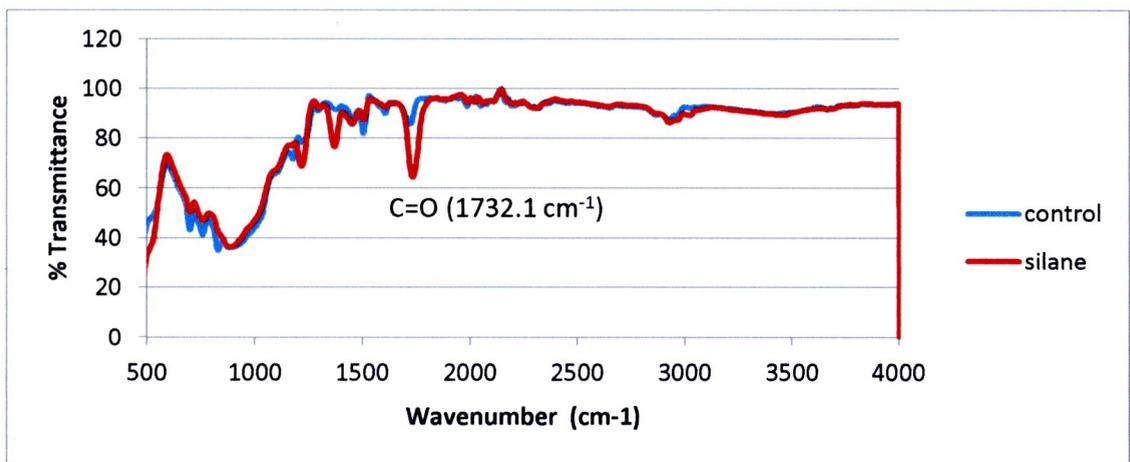
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5
ชั้นที่ 1	17.64	20.31	11.98	19.30	20.07
ชั้นที่ 2	18.84	23.31	16.80	17.75	18.88
ชั้นที่ 3	20.63	15.36	17.61	18.18	17.85
ชั้นที่ 4	20.46	15.77	16.74	12.82	16.41
ชั้นที่ 5	18.99	21.43	15.30	15.90	16.94
ชั้นที่ 6	18.43	19.90	11.52	13.90	19.32
ชั้นที่ 7	18.00	21.37	20.13	17.90	19.34
ชั้นที่ 8	19.83	19.26	18.33	15.77	18.27
ค่าเฉลี่ย	19.11(\pm 1.11)	19.59*(\pm 2.77)	16.05*(\pm 3.00)	16.44(\pm 2.25)	18.49(\pm 1.26)

เครื่องหมาย * แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

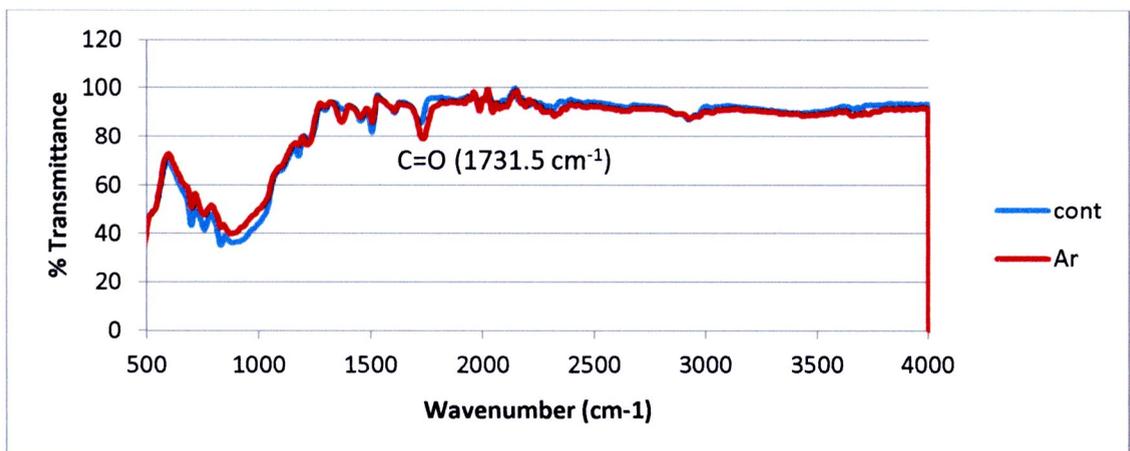


รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยแรงดึงเดือน (เมกะปาสกาล) ของเคื่อยกลุ่มต่างๆ (control=กลุ่มควบคุม, silane= กลุ่มทาซิลเลน, Ar = กลุ่มที่ปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาอาร์กอน, He+air= กลุ่มที่ปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาฮีเลียมผสมอากาศ, และ Ar+air = กลุ่มที่ปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาอาร์กอนผสมอากาศ)

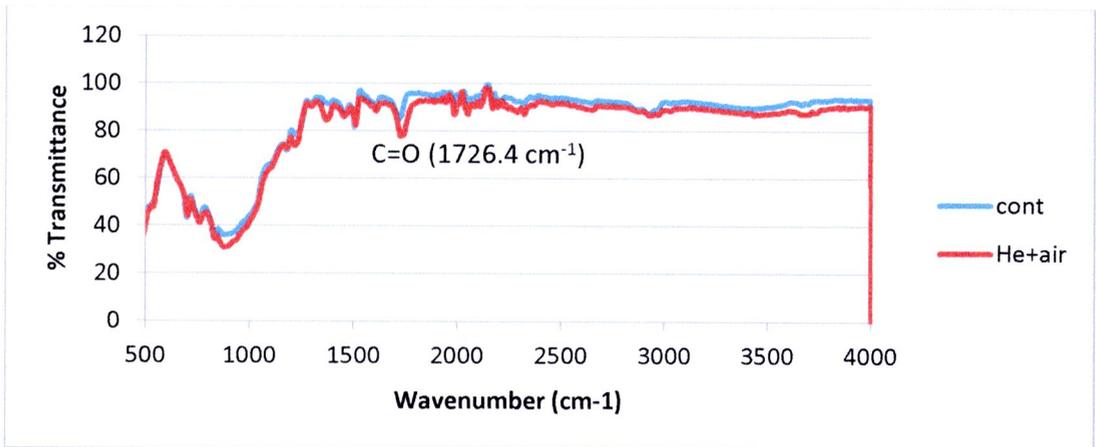
ผลของ FTIR spectra ระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทาไฮเลน กลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่ปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาอาร์กอน กลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่ปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาฮีเลียมผสมอากาศ กลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่ปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาอาร์กอนผสมอากาศ และ กลุ่มควบคุมกับทุกกลุ่ม แสดงในรูป 6, 7, 8, 9 และ 10 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเจ็ทพลาสมาทั้ง 3 กลุ่มผล FTIR spectra ที่ความยาวคลื่นระหว่าง 1550-1800 นาโนเมตรแสดงในรูปที่ 11



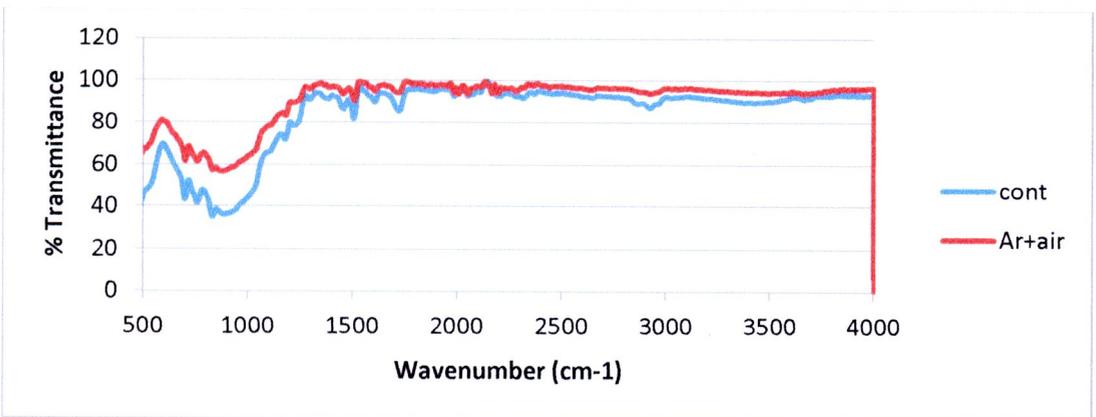
รูปที่ 6 แสดง FTIR spectra ของเคื่อยกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทาไฮเลน



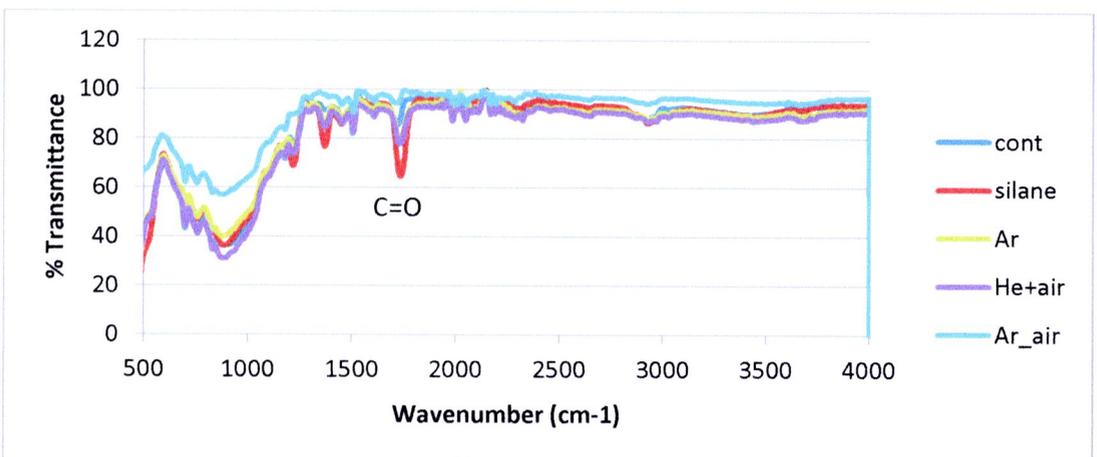
รูปที่ 7 แสดง FTIR spectra ของเคื่อยกลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่ปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาอาร์กอน



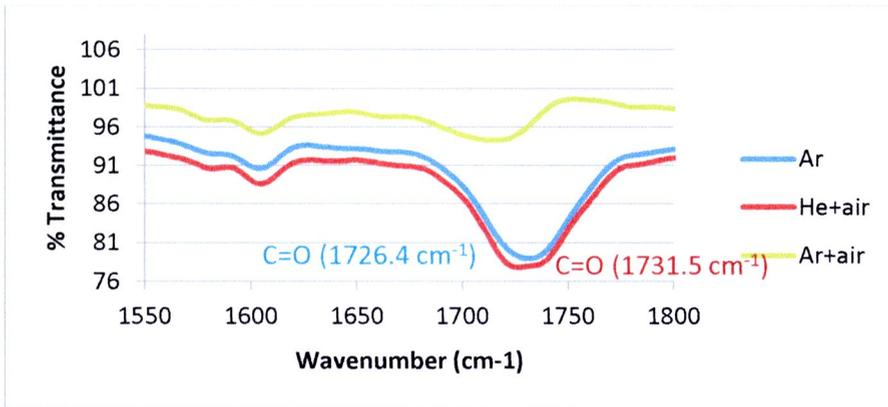
รูปที่ 8 แสดง FTIR spectra ของเดือยกลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่ปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาฮีเลียมผสมอากาศ



รูปที่ 9 แสดง FTIR spectra ของเดือยกลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่ปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาอาร์กอนผสมอากาศ

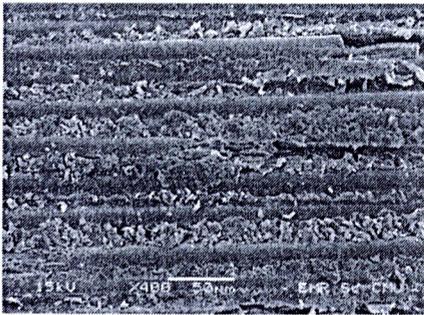


รูปที่ 10 แสดง FTIR spectra ของเดือยกลุ่มควบคุมกับกลุ่มอื่นๆ

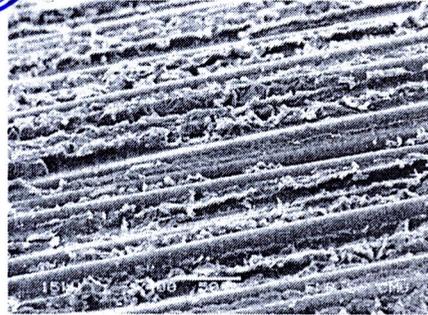


รูปที่ 11 แสดง FTIR spectra กลุ่มเจ็ดพลาสมาทั้ง 3 กลุ่ม ที่ความยาวคลื่นระหว่าง 1550-1800 นาโนเมตร

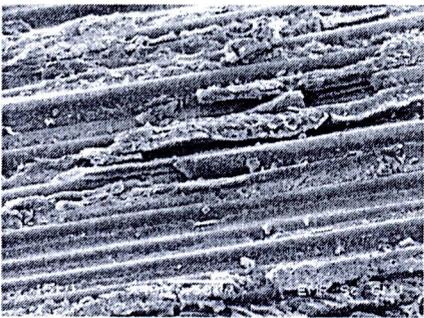
ส่วนภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 400 เท่า ของผิวเคื่อยคอมโพสิตเสริมเส้นใยกลุ่มควบคุม ผิวเคื่อยคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ทำด้วยไซเลน ผิวเคื่อยคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเจ็ดพลาสมาอาร์กอน ผิวเคื่อยคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเจ็ดพลาสมาฮีเลียมผสมอากาศ และผิวเคื่อยคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเจ็ดพลาสมาอาร์กอนผสมอากาศ แสดงในรูปที่ 12 (a, b, c, d และ e ตามลำดับ) และภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 400 เท่า ของผิวเคื่อยคอมโพสิตเสริมเส้นใยทุกกลุ่มภายหลังจากดึงคอมโพสิตแกนพื้นออก แสดงดังรูปที่ 13 (a, b, c, d และ e ตามลำดับ)



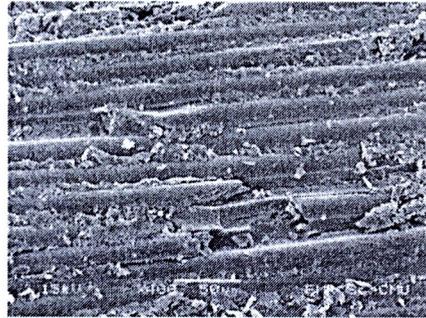
a



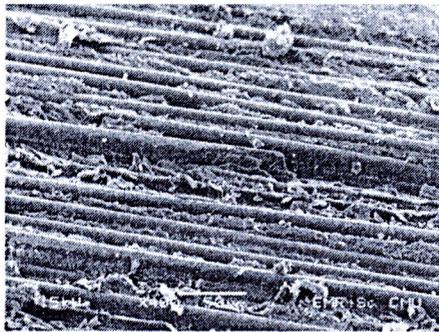
b



c



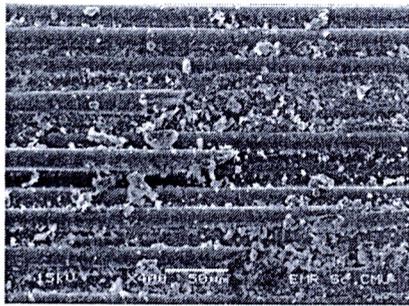
d



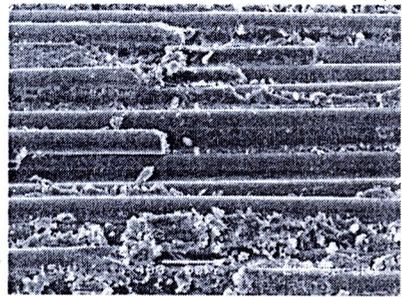
e

รูปที่ 12 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 400 เท่า (a) ผิวเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยกลุ่มควบคุม (b) ผิวเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ทำด้วยไซเลน (c) ผิวเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเจ็ดพลาสมาอาร์กอน (d) ผิวเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเจ็ดพลาสมาฮีเลียมผสมอากาศ (e) ผิวเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเจ็ดพลาสมาอาร์กอนผสมอากาศ

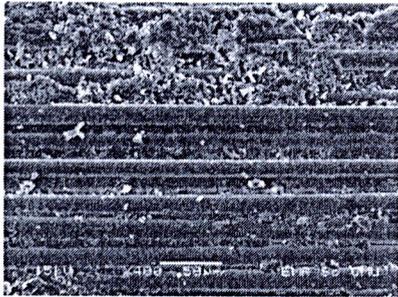




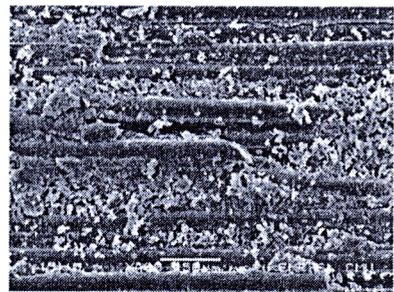
a



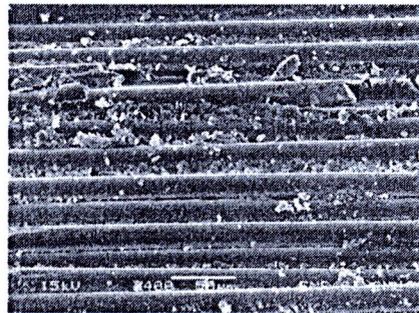
b



c



d



e

รูปที่ 13 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 400 เท่า ของผิวเดี่ยคอมโพลีเอทิลีนเส้นใยภายหลังจากดึงคอมโพลีเอทิลีนแกนพันออก (a) ผิวเดี่ยคอมโพลีเอทิลีนเส้นใยกลุ่มควบคุม (b) ผิวเดี่ยคอมโพลีเอทิลีนเส้นใยที่ทำด้วยไซเลน (c) ผิวเดี่ยคอมโพลีเอทิลีนเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาอาร์กอน (d) ผิวเดี่ยคอมโพลีเอทิลีนเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาฮีเลียมผสมอากาศ (e) ผิวเดี่ยคอมโพลีเอทิลีนเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเจ็ทพลาสมาอาร์กอนผสมอากาศ