

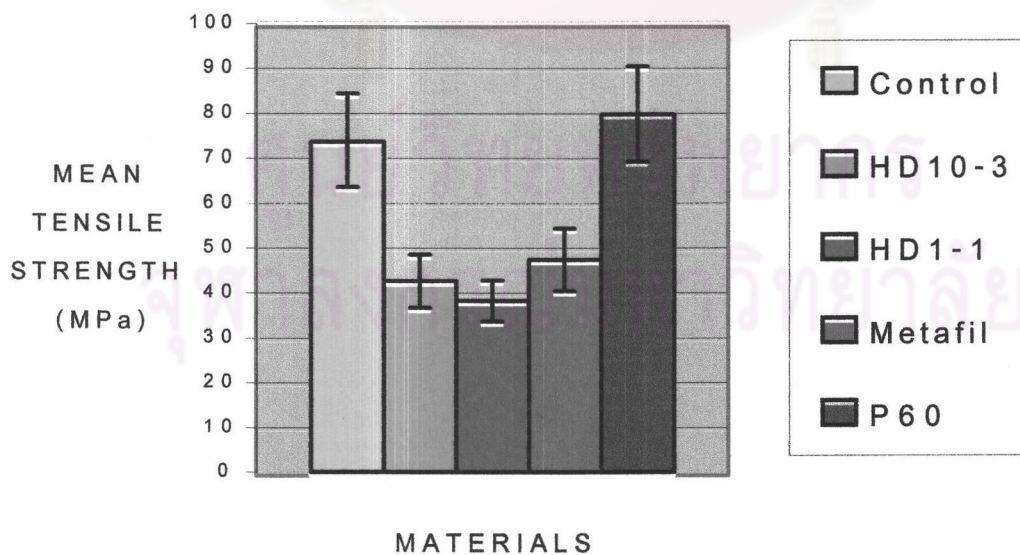
## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

นำผลการทดลองของค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ขึ้นตัวอย่างในแต่ละกลุ่มแตกหัก (รูปที่ 30 – 34 ในภาคผนวก) ไปคำนวณหาค่าความทนแรงดึงในหน่วยเมกกะปาสคาล (ตารางที่ 4 – 8 ในภาคผนวก) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 2 และกราฟรูปที่ 16

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยความทนแรงดึง±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมกกะปาสคาล)

กลุ่มทดลอง (n=10)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Control	73.62 ± 10.78
HD10-3	42.67 ± 5.88
HD1-1	38.28 ± 4.53
Metafil	47.40 ± 6.94
P60	79.79 ± 10.65



รูปที่ 16 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากรูปที่ 16 พบว่า วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 มีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงสูงที่สุด คือ  $79.79 \pm 10.65$  เมกกะปาสคาล รองลงมาคือเนื้อฟันวัว ( $73.62 \pm 10.78$  เมกกะปาสคาล) วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล ( $47.40 \pm 6.94$  เมกกะปาสคาล) ไฮบริดซ์เดนทีนที่ผ่านการปรับสภาพเนื้อฟันวัวด้วยกรด 10-3 หรือกลุ่ม HD10-3 ( $42.67 \pm 5.88$  เมกกะปาสคาล) และไฮบริดซ์เดนทีนที่ผ่านการปรับสภาพเนื้อฟันวัวด้วยกรด 1-1 หรือกลุ่ม HD1-1 ( $38.28 \pm 4.53$  เมกกะปาสคาล) ตามลำดับ

จากการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล (ตารางที่ 9 ในภาคผนวก) พบว่า ข้อมูลของทุกกลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงทำการทดสอบข้อมูลเพื่อหาความแตกต่างของแต่ละกลุ่มโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (ตารางที่ 10 ในภาคผนวก) พบว่า ค่าเฉลี่ยของความทนแรงดึงของแต่ละกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ และเมื่อทดสอบค่าความแปรปรวนของประชากร พบว่าทุกกลุ่มมีค่าความแปรปรวนไม่เท่ากัน (ตารางที่ 11 ในภาคผนวก) จึงนำข้อมูลมาเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบต้นเนท ทีทีรี (ตารางที่ 12 ในภาคผนวก) เพื่อหาความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม ได้ผลสรุปเรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของกลุ่มทดลองจากน้อยไปหามาก ดังนี้

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบต้นเนท ทีทีรี

กลุ่มทดลอง	จำนวน	1*	2*
HD1-1	10	38.2830	
HD10-3	10	42.6710	
Metafil	10	47.4040	
Control	10		73.6240
P60	10		79.7900

\*ในสดมภ์เดียวกัน แสดงค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของกลุ่มที่ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

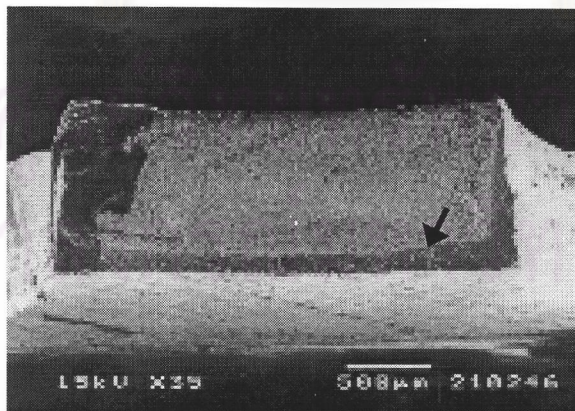
เมื่อพิจารณาเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของกลุ่มไฮบริดซ์เดนทีน พบว่า ไฮบริดซ์เดนทีนที่ผ่านการปรับสภาพเนื้อฟันวัวด้วยกรด 10-3 (HD10-3) มีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงมากกว่าไฮบริดซ์เดนทีนที่ผ่านการปรับสภาพเนื้อฟันวัวด้วยกรด 1-1 (HD1-1) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของกลุ่มวัสดุปุรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล พบว่า มีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงมากกว่าไฮบริดเดนทินทั้งสองกลุ่ม แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และมีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงต่ำกว่า กลุ่มวัสดุปุรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 และกลุ่มเนื้อฟันวัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มวัสดุปุรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 มีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงมากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มเนื้อฟันวัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

### ลักษณะการแตกหักของชิ้นตัวอย่าง

ทุกกลุ่มมีการแตกหักบริเวณส่วนกลางซึ่งเป็นบริเวณที่แคบที่สุดของชิ้นตัวอย่าง และพบว่า ไฮบริดเดนทินที่ผ่านการปรับสภาพเนื้อฟันวัวและมีเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี เข้าไปทดแทนทั้งสองกลุ่ม (HD10-3 และ HD1-1) ซึ่งมีลักษณะกึ่งโปร่งใส เมื่อนำไปทดสอบความทนแรงดึง ชิ้นตัวอย่างบริเวณส่วนกลางที่แคบที่สุดจะเปลี่ยนสีจากกึ่งโปร่งใสเป็นสีขาวขุ่น ก่อนเกิดการแตกหัก

เมื่อพิจารณาพื้นผิวหน้าตัดบริเวณที่หักของชิ้นตัวอย่าง พบว่า กลุ่มไฮบริดเดนทินทั้งสองกลุ่ม มีชั้นของเรซินซีเมนต์ล้อมรอบส่วนที่เป็นไฮบริดเดนทินซึ่งมีขนาดเล็กลง สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 35 เท่า ดังรูปที่ 17 เรซินซีเมนต์ที่ล้อมรอบสามารถยึดติดกับส่วนไฮบริดเดนทินได้ดี ไม่มีการแตกหรือแยกชั้นเลยทุกชิ้นตัวอย่าง เมื่อตรวจดูด้วยกำลังขยาย 7500 เท่า



รูปที่ 17 แสดงชิ้นไฮบริดเดนทินที่มีเรซินซีเมนต์ล้อมรอบ (ลูกศรชี้รอยต่อระหว่างไฮบริดเดนทินและเรซินซีเมนต์ (กำลังขยาย 35 เท่า)

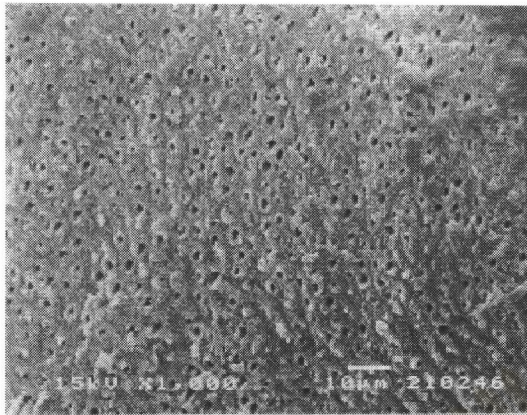
## การตรวจพื้นผิวหน้าตัดบริเวณที่หักด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

กลุ่มเนื้อฟันวัวเมื่อตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 1000 และ 7500 เท่า พบว่า มีท่อเนื้อฟันกระจายอยู่ทั่วไป ขนาดท่อเนื้อฟันโดยเฉลี่ยประมาณ 2 - 3 ไมโครเมตร พบลักษณะการเรียงตัวของท่อเนื้อฟันในแนวยาวเป็นส่วนใหญ่ แสดงว่า ท่อเนื้อฟันเรียงตัวขนานกับแนวการแตกหักของชิ้นตัวอย่าง อาจพบในแนวตัดขวางบ้างเล็กน้อยในบริเวณที่มีการแตกหักไม่เป็นระนาบเดียวกัน เนื้อฟันรอบท่อ (peritubular dentin) สามารถแยกออกจากเนื้อฟันระหว่างท่อ (intertubular dentin) ได้ เนื่องจากเห็นเป็นแถบสีขาวกว่า และมีเส้นใยคอลลาเจนทอดเป็นร่างแหทั้งภายในท่อเนื้อฟันและบริเวณเนื้อฟันระหว่างท่อ ดังรูปที่ 18

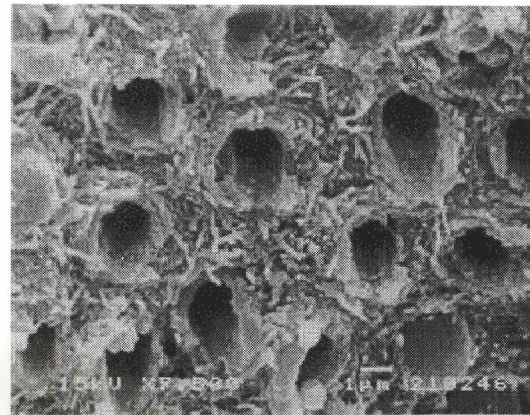
เมื่อพิจารณาในกลุ่มไฮบริดซินไคตินทั้งสองกลุ่มคือ กลุ่ม HD10-3 และ HD1-1 พบว่า มีลักษณะคล้ายกัน คือ ยังคงมองเห็นเป็นลักษณะโครงสร้างของฟัน ส่วนใหญ่พบท่อเนื้อฟันวางเรียงตัวในแนวขนานหรือเกือบขนานกับแนวการแตกหักของชิ้นตัวอย่าง อาจพบในแนวตัดขวางบ้างเล็กน้อยโดยเฉพะบริเวณขอบของซินไคตินหรือบริเวณที่แตกหักไม่เป็นระนาบเดียวกันเช่นเดียวกับกลุ่มเนื้อฟันวัว พื้นผิวหน้าตัดบริเวณที่แตกหักส่วนใหญ่ไม่เรียบต่อเนื่องเป็นระนาบเดียวกัน บริเวณที่เคยเป็นเนื้อฟันระหว่างท่อเนื้อฟันมีเรซินเข้ามาแทนที่โดยท่อหุ้มร่างแหคอลลาเจนอยู่ จึงไม่พบลักษณะของเส้นใยคอลลาเจนเหมือนกลุ่มเนื้อฟันวัว ส่วนภายในท่อเนื้อฟันส่วนใหญ่มีเรซินอยู่เต็มท่อ ส่วนน้อยไม่พบเรซินอยู่ภายในท่อเนื้อฟัน ลักษณะเรซินภายในท่อเนื้อฟันมีแนวโน้มไม่ยึดติดกับผนังของท่อเนื้อฟัน ดังรูปที่ 19 และ 20

ส่วนกลุ่มวัสดุบูรณะฟันเรซินชนิดคอมโพสิตพี60 และชนิดเมทาฟิล พบว่ามีลักษณะพื้นผิวหน้าตัดเหมือนกันทั้งชิ้น (homogeneous) โดยวัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 มีรอยการหลุดของวัสดุอัดแทรกออกจากเรซินเมทริกซ์ ดังรูปที่ 21 ส่วนวัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันทั้งชิ้น ไม่พบรอยการหลุดของวัสดุอัดแทรก ดังรูปที่ 22

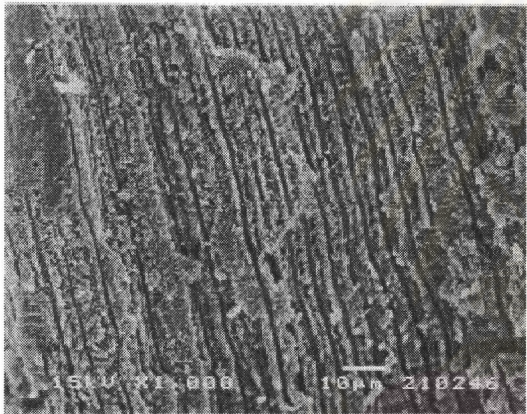
ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



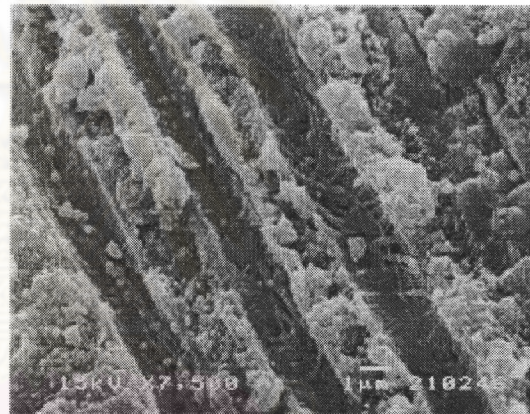
ก.



ข.



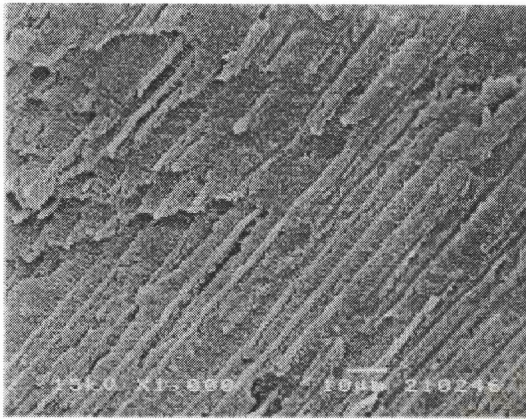
ค.



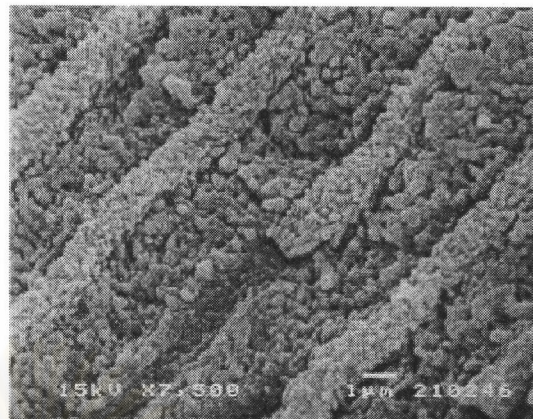
ง.

รูปที่ 18 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงพื้นผิวบริเวณที่หัก  
ของกลุ่มเนื้อฟันวีว

- ก. แนวตัดขวางของท่อเนื้อฟัน กำลังขยาย 1000 เท่า
- ข. แนวตัดขวางของท่อเนื้อฟัน กำลังขยาย 7500 เท่า
- ค. แนวยาวของท่อเนื้อฟัน กำลังขยาย 1000 เท่า
- ง. แนวยาวของท่อเนื้อฟัน กำลังขยาย 7500 เท่า



ก.

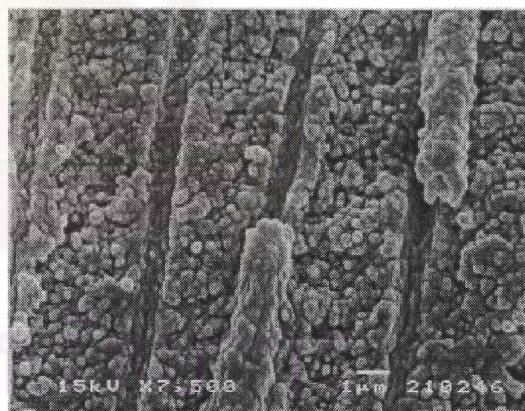


ข.

รูปที่ 19 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงพื้นผิวบริเวณที่หัก  
ของกลุ่มไฮบริดซ์เดนทินที่ผ่านการปรับสภาพเนื้อฟันด้วยกรด 10-3 (HD10-3)  
ก. กำลังขยาย 1000 เท่า      ข. กำลังขยาย 7500 เท่า

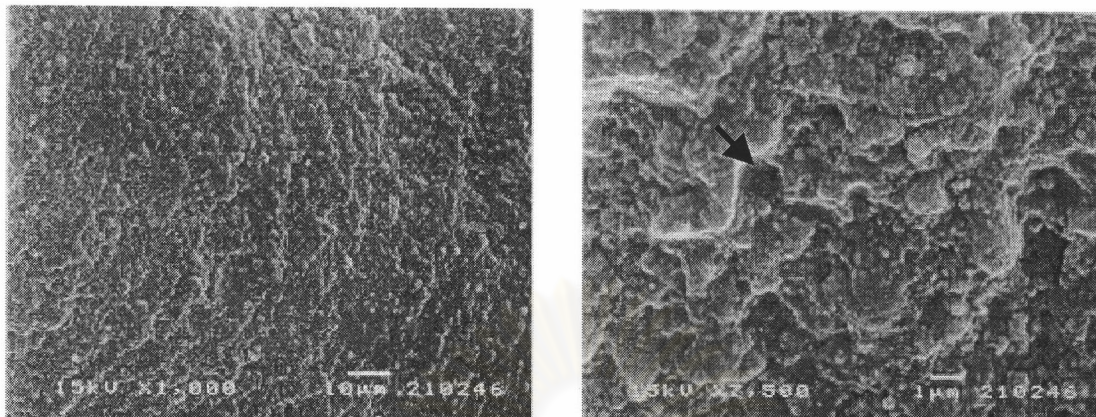


ก.



ข.

รูปที่ 20 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงพื้นผิวบริเวณที่หัก  
ของกลุ่มไฮบริดซ์เดนทินที่ผ่านการปรับสภาพเนื้อฟันด้วยกรด 1-1 (HD1-1)  
ก. กำลังขยาย 1000 เท่า      ข. กำลังขยาย 7500 เท่า



ก.

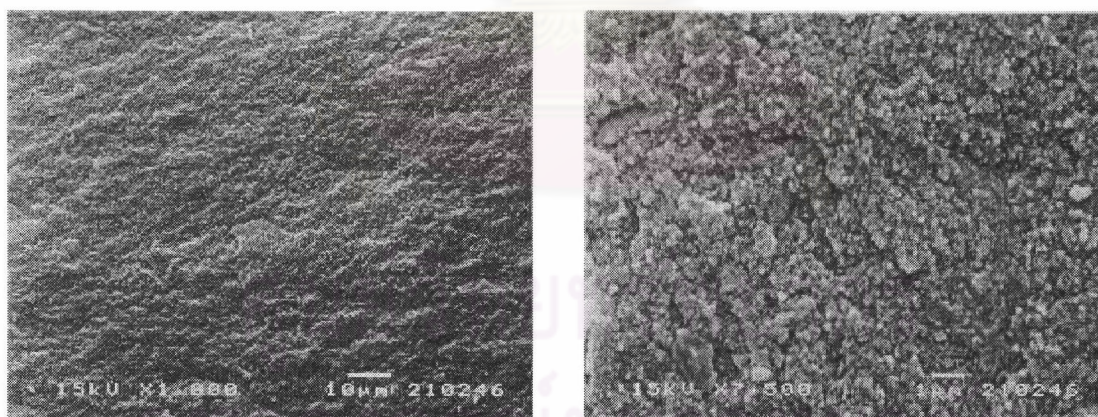
ข.

รูปที่ 21 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงพื้นผิวบริเวณที่หัก  
ของกลุ่มวัสดุบุรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60

ก. กำลังขยาย 1000 เท่า

ข. กำลังขยาย 7500 เท่า (ลูกศรชี้รอยการหลุด

ของวัสดุอัดแทรก)



ก.

ข.

รูปที่ 22 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงพื้นผิวบริเวณที่หัก  
ของกลุ่มวัสดุบุรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล

ก. กำลังขยาย 1000 เท่า

ข. กำลังขยาย 7500 เท่า

## การตรวจพื้นผิวขัดเรียบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

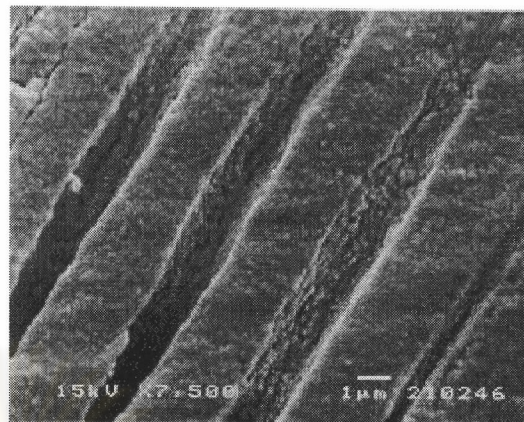
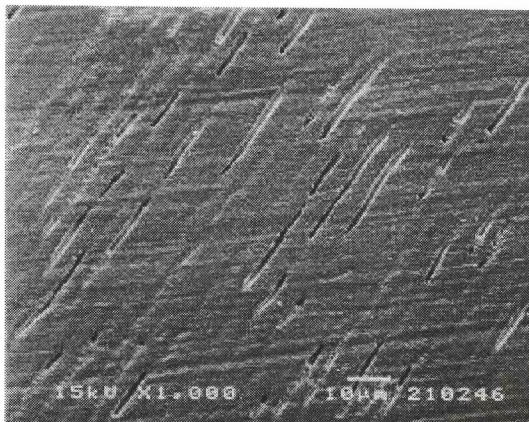
การตรวจพื้นผิวขัดเรียบซึ่งตัดขึ้นตัวอย่างที่หักออก 1 มิลลิเมตรในแนวเดียวกับแนวการแตกหักของกลุ่มเนื้อฟันวีว ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 1000 และ 7500 เท่า พบว่า มีท่อเนื้อฟันกระจายอยู่ทั่วไป เห็นลักษณะการเรียงตัวของท่อเนื้อฟันส่วนใหญ่เป็นแนวยาว อาจพบในแนวตัดขวางบ้างเล็กน้อย เนื้อฟันระหว่างท่อถูกขัดเรียบจนไม่เห็นลักษณะของเส้นใยคอลลาเจนหรือผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์ แต่ภายในท่อเนื้อฟันพบว่ามีลักษณะเป็นร่องขรุขระ ดังรูปที่ 23

เมื่อพิจารณากลุ่มไฮบริดส์เดนทีนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1000 และ 7500 เท่า เพื่อดูโครงสร้างของไฮบริดส์เดนทีนที่เกิดขึ้นในบริเวณที่ไม่เกิดการแตกหัก พบว่าทั้งกลุ่ม HD10-3 และ HD1-1 มีลักษณะคล้ายกันเช่นเดียวกัน คือ ส่วนใหญ่พบท่อเนื้อฟันกระจายอยู่ทั่วไปในแนวยาว อาจพบในแนวตัดขวางบ้างเล็กน้อย และมีเรซินแทรกอยู่ในท่อเนื้อฟันเต็มท่อ ส่วนใหญ่เรซินที่เข้าไปอยู่ภายในท่อเนื้อฟันมีลักษณะที่เกือบกลืนเป็นเนื้อเดียวกันกับผนังของท่อเนื้อฟัน แต่ยังคงมีช่องว่างระหว่างเรซินกับผนังท่อเนื้อฟันเล็กน้อย ดังรูปที่ 24 และ 25 บางส่วนพบว่ามีเรซินเข้าไปอยู่ในท่อเนื้อฟันในลักษณะกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน ดังรูปที่ 26 และมีเพียงส่วนน้อยที่พบว่าไม่มีเรซินแทรกอยู่ภายในท่อเนื้อฟันเลยหรือมีช่องว่างขนาดใหญ่ระหว่างเรซินกับผนังท่อเนื้อฟัน ดังรูปที่ 27

ส่วนกลุ่มวัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิตชนิดที่ 60 พบว่า มีลักษณะพื้นผิวเหมือนกันทั้งชิ้น คือ วัสดุอัดแทรกขนาดประมาณ 0.01 – 3 ไมโครเมตร กระจายอยู่ทั่วไปในเรซินเมทริกซ์ ดังรูปที่ 28 ส่วนกลุ่มวัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล พบว่า มีลักษณะพื้นผิวเหมือนกันทั้งชิ้นเช่นเดียวกัน เป็นพื้นผิวเรียบ ไม่พบลักษณะของวัสดุอัดแทรกชัดเจน ดังรูปที่ 29

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





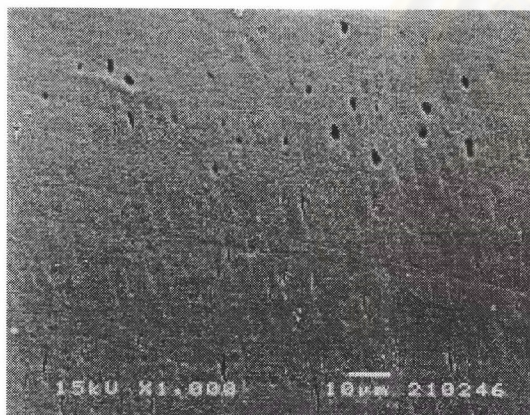
ก.

ข.

รูปที่ 23 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงพื้นผิวขัดเรียบ  
ของกลุ่มเนื้อฟันวัว

ก. กำลังขยาย 1000 เท่า

ข. กำลังขยาย 7500 เท่า



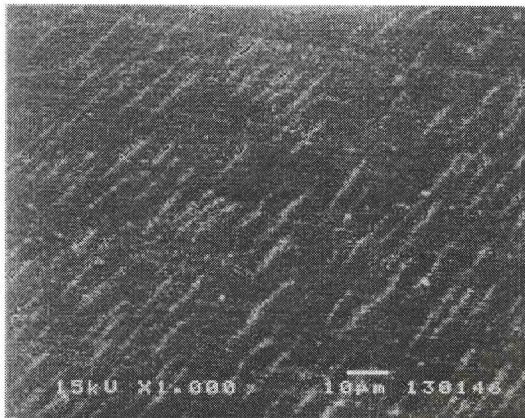
ก.

ข.

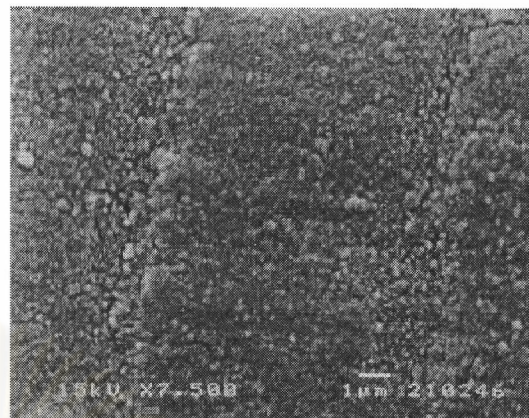
รูปที่ 24 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงพื้นผิวขัดเรียบ  
ของกลุ่มไฮบริดซ์เดนทีนที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรด 1-1 (HD1-1) ที่มีเรซิน  
ภายในท่อเนื้อฟันเกือบกลืนเป็นเนื้อเดียวกับผนังท่อเนื้อฟัน และบางตำแหน่ง  
ไม่มีเรซินในท่อ

ก. กำลังขยาย 1000 เท่า

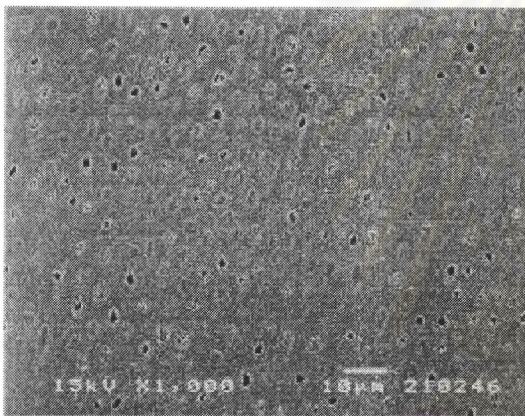
ข. กำลังขยาย 7500 เท่า



ก.



ข.



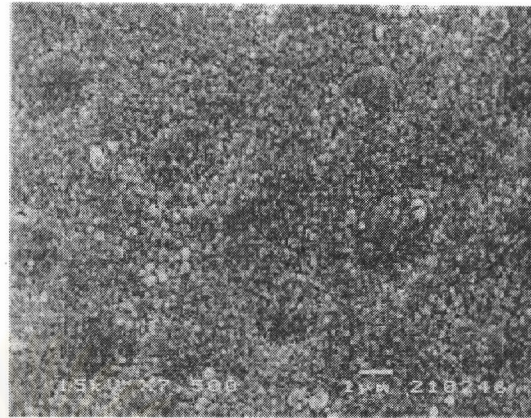
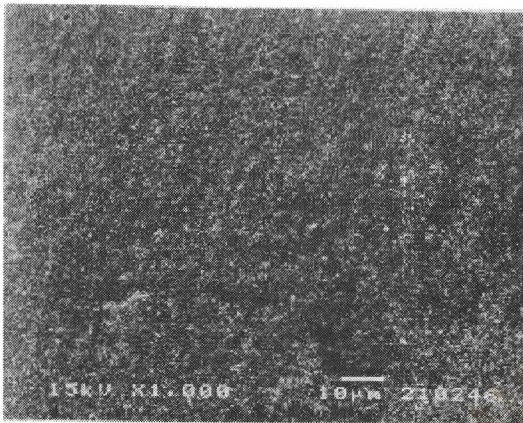
ค.



ง.

รูปที่ 25 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงพื้นผิวขัดเรียบของกลุ่มไฮบริดซ์เดนทินที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรด 10-3 (HD10-3) ที่มีเรซินภายในท่อเนื้อฟันเกือบกลืนเป็นเนื้อเดียวกับผนังท่อเนื้อฟัน

- ก. แนวยาวของท่อเนื้อฟัน กำลังขยาย 1000 เท่า
- ข. แนวยาวของท่อเนื้อฟัน กำลังขยาย 7500 เท่า
- ค. แนวตัดขวางของท่อเนื้อฟัน กำลังขยาย 1000 เท่า
- ง. แนวตัดขวางของท่อเนื้อฟัน กำลังขยาย 7500 เท่า

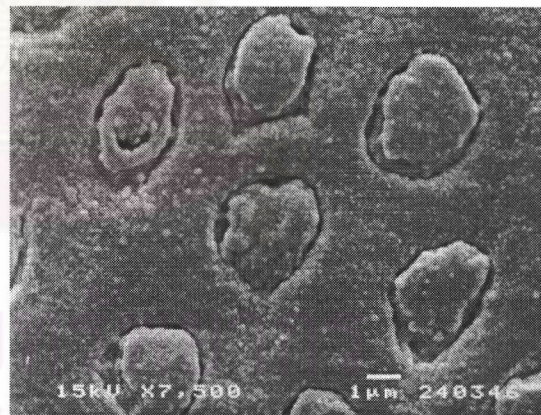
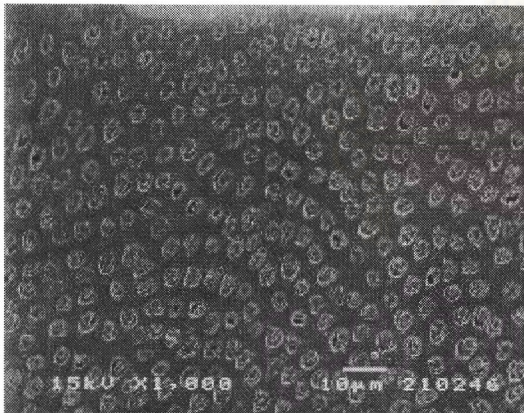


ก.

ข.

รูปที่ 26 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงพื้นผิวขัดเรียบของกลุ่มไฮบริดซ์เดนทินที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรด 10-3 ( HD10-3 ) ที่มีเรซินภายในท่อเนื้อฟันกลืนเป็นเนื้อเดียวกับผนังท่อเนื้อฟัน

ก. กำลังขยาย 1000 เท่า      ข. กำลังขยาย 7500 เท่า

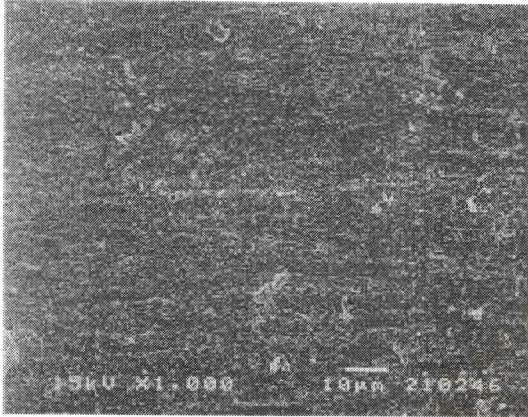


ก.

ข.

รูปที่ 27 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงพื้นผิวขัดเรียบของกลุ่มไฮบริดซ์เดนทินที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรด 10-3 ( HD10-3 ) ที่มีช่องว่างขนาดใหญ่ระหว่างเรซินกับผนังท่อเนื้อฟัน

ก. กำลังขยาย 1000 เท่า      ข. กำลังขยาย 7500 เท่า



ก.



ข.

รูปที่ 28 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงพื้นผิวขัดเรียบ  
ของกลุ่มวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60

ก. กำลังขยาย 1000 เท่า

ข. กำลังขยาย 7500 เท่า



ก.



ข.

รูปที่ 29 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงพื้นผิวขัดเรียบ  
ของกลุ่มวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล

ก. กำลังขยาย 1000 เท่า

ข. กำลังขยาย 7500 เท่า