



ผลของไบโอเซรามิกชนิดก่อตัวเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของสีฟันบริเวณคอฟัน

THE EFFECT OF FAST SETTING BIO-CERAMIC  
ON CERVICAL TOOTH DISCOLORATION

สุจิตรา แข่งขัน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2563

ผลของไบโอเซรามิกชนิดก่อตัวเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของสีฟันบริเวณคอฟัน



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก  
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ปีการศึกษา 2563  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE EFFECT OF FAST SETTING BIOCERAMIC  
ON CERVICAL TOOTH DISCOLORATION



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of MASTER OF SCIENCE  
(Clinical Dentistry)

Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University

2020

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์  
เรื่อง  
ผลของไบโอเซรามิกชนิดก่อดัวเรื้อต่อการเปลี่ยนแปลงของสีฟันบริเวณคอฟัน  
ของ  
สุจิราภา แข่งขัน

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก  
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

|                                   |                                           |
|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| ..... ที่ปรึกษาหลัก               | ..... ประธาน                              |
| (อาจารย์ ดร. ทพญ.จารุมา ศักดิ์ดี) | (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมสินี พิมพ์ขาวขำ) |
|                                   | ..... กรรมการ                             |
|                                   | (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ.ชินาลย์ ปิยะชน)   |

|                  |                                                                       |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| ชื่อเรื่อง       | ผลของไบโอเฮอร์มามิคนิดก่อตัวเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของสีพื้นบริเวณคอปัน |
| ผู้วิจัย         | สุจิราภา แข่งขัน                                                      |
| ปริญญา           | วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต                                                  |
| ปีการศึกษา       | 2563                                                                  |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | อาจารย์ ดร. ทพญ. จารุมา ศักดิ์ดี                                      |

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนสีพื้นบริเวณคอปันหลังบุรณะด้วย เอ็มทีเอแองเจิลล์, ไบโอเดนทิน และเรโทรเอ็มทีเอ ทำการศึกษาในฟันกรามน้อยล่างคลองรากเดียวของมนุษย์ จำนวน 18 ที่ กรอดัดส่วนปลายรากฟันในทิศทางตั้งฉากกับแกนฟัน เปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันทำความสะอาด และขยายคลองรากฟันด้วยการใช้หัวกรอเกทส์กลัดเดนตั้งแต่เบอร์ 1 ถึงเบอร์ 6 ตามลำดับและอุดปิดปลายราก ฟันด้วยเควิต แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ที่โดยการสุ่ม อุดลำลิ้นในคลองรากฟันที่เหลือจนถึง ระดับรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน ใส่สารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ชาโลไนในคลองรากฟันเพื่อจำลอง สารละลายของเหลวร่างกาย จากนั้นจึงผสมเอ็มทีเอแองเจิลล์, ไบโอเดนทิน และเรโทรเอ็มทีเอ อุดวัสดุให้มีความหนา 3 มิลลิเมตร เมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 นาทีจึงบุรณะทางเปิดสู่คลองรากฟันด้วยวิทรีบอนด์และเรซิน คอมโพสิต โดยในกลุ่มควบคุมหลังจากอุดลำลิ้นในคลองรากฟันและใส่สารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ชาโลไนแล้วจึง บุรณะทางเปิดสู่คลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิต ประเมินสีฟันที่เปลี่ยนแปลงก่อนอุดวัสดุ และหลังอุดวัสดุ 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์ตามลำดับด้วยเครื่องวัดค่าสีที่เจดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ บริเวณคอปันทางด้านแก้มในตำแหน่ง ที่กำหนดไว้ ฟันทุกซี่ในทุกช่วงเวลาจะทำการวัดค่า 5 ครั้งและนำมาคิดเป็นค่าเฉลี่ย โดยบันทึกผลในระบบสี ซีไออีแอลเอปีก่อนนำค่าที่วัดได้มาคำนวณค่าเดลต้าอี หลังจากนั้นนำฟันมาตัดตามทางยาวในทิศทางใกล้กลาง- ไกลกลางเพื่อประเมินสีของเนื้อฟันบริเวณที่สัมผัสกับวัสดุด้วยกล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรม วิเคราะห์ ข้อมูลโดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์การ เปลี่ยนสีของเนื้อฟันที่สัมผัสกับวัสดุโดยการพรรณนา ผลการศึกษาพบว่าเอ็มทีเอแองเจิลล์, ไบโอเดนทิน และ เรโทรเอ็มทีเอส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนสีบริเวณคอปันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลา 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์ และยังพบว่าเอ็มทีเอแองเจิลล์, ไบโอเดนทิน และเรโทรเอ็มทีเอไม่ทำให้เนื้อฟันบริเวณที่สัมผัส กับวัสดุเปลี่ยนสี จากการศึกษาสรุปได้ว่าการอุดบริเวณคอปันด้วยเอ็มทีเอแองเจิลล์, ไบโอเดนทิน และเรโทร เอ็มทีเอส่งผลต่อการเปลี่ยนสีบริเวณคอปันไม่แตกต่างกัน และพบว่าเนื้อฟันที่สัมผัสกับวัสดุไม่มีการเปลี่ยนสี

คำสำคัญ : เอ็มทีเอแองเจิลล์, ไบโอเดนทิน, เรโทรเอ็มทีเอ, การเปลี่ยนสีบริเวณคอปัน

|                |                                                                          |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Title          | THE EFFECT OF FAST SETTING BIOCERAMIC<br>ON CERVICAL TOOTH DISCOLORATION |
| Author         | SUJIRAPA KAENGKAN                                                        |
| Degree         | MASTER OF SCIENCE                                                        |
| Academic Year  | 2020                                                                     |
| Thesis Advisor | Jaruma Sakdee , Ph.D.                                                    |

The purpose of the study is to compare the change in color of the cervical tooth area after restoration with MTA-Angelus, Biodentine<sup>®</sup> and RetroMTA. A total of eighteen single-root human mandibular premolars were used in the study. The teeth were prepared by cutting perpendicularly to the long axis of the teeth at the apical root. The canals were drilled to open access, irrigated, instrumented with Gates Glidden no.1-6 and sealed with Cavit<sup>™</sup> at the apical area. The teeth were randomly divided into three groups of five specimens each. Cotton was used to obturate the rest of the canal to the cement-to-enamel junction level. Phosphate buffer saline solution was added in the canal to simulate body fluid. MTA-Angelus, Biodentine<sup>®</sup>, and RetroMTA were mixed and filled with 3mm thickness, respectively. After 20 minutes, the access was restored with Vitrebond and resin composite. In the control group, after obturating the canal with cotton and phosphate buffer saline solution, the access was restored with resin composite. The tooth color change was measured at the buccal surface of cervical crown with VITA Easyshade spectrophotometer before the tooth was restored and at 2, 4, 8, and 20 weeks after restoration. The measurement was averaged from five times assessment on each tooth at each timeline. CIE L\*a\*b\* system was used to record the result before calculating the  $\Delta E$ . The teeth were then sectioned mesio-distally and the color of the tooth contacting material was examined under the dental operating microscope. Two-Way ANOVA ( $p < 0.05$ ) was used to analyze the result. The changes in tooth color in contact with the material were discussed descriptively. The results showed no significant changes in tooth color at a cervical level between MTA-Angelus, Biodentine<sup>®</sup>, and RetroMTA at 2, 4, 8, and 20 weeks. Furthermore, MTA-Angelus, Biodentine<sup>®</sup>, and RetroMTA did not change the color of tooth in contact with the material. In conclusion, MTA-Angelus, Biodentine<sup>®</sup>, and RetroMTA did not change the color of tooth at cervical level significantly and did not change the color of tooth in contact with the material.

Keyword : MTA Angelus, Biodentine, RetroMTA, cervical tooth discoloration

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์และบุคลากรหลายท่าน ขอขอบพระคุณ อ.ดร.ทพญ.จารุมา ศักดิ์ดี และ อ.ทพญ.กุลนันท์ ดำรงวุฒิ ที่กรุณาดูแลรวมถึงให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย ส่งผลให้งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ รวมไปถึงอาจารย์ทุกๆ ท่านที่ได้กรุณาให้ความรู้, คำแนะนำและความหวังดีเสมอมา ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่คลินิกบัณฑิตศึกษาภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ ที่เชื้อเชิญสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกเรื่องเอกสาร

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน สำหรับความช่วยเหลือแนะนำการใช้เครื่องมือและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

สุดท้ายขอขอบคุณบิดา มารดา ครอบครัว และเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยให้การสนับสนุนและกำลังใจ รวมทั้งให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือมาตลอดไม่ว่าจะเรื่องการเรียนหรือการทำงาน จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

สุจิราภา แข่งขัน

## สารบัญ

|                                                              | หน้า |
|--------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....                                        | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....                                     | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                         | ฉ    |
| สารบัญ .....                                                 | ช    |
| สารบัญตาราง.....                                             | ณ    |
| สารบัญรูปภาพ .....                                           | ญ    |
| บทที่ 1 บทนำ.....                                            | 1    |
| ภูมิหลัง .....                                               | 1    |
| คำถามการวิจัย.....                                           | 2    |
| ความสำคัญของการวิจัย .....                                   | 3    |
| จุดมุ่งหมายของการวิจัย .....                                 | 3    |
| ขอบเขตของการวิจัย .....                                      | 4    |
| ตัวแปรที่ศึกษา .....                                         | 4    |
| กรอบแนวคิดวิจัย.....                                         | 4    |
| สมมติฐานงานวิจัย.....                                        | 4    |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                  | 6    |
| รีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ (Regenerative endodontics)..... | 6    |
| เอ็มทีเอแองเจิลัส (MTA Angelus™) .....                       | 7    |
| ไบโอเดนทีน (Biodentine™) .....                               | 9    |
| เรโทรเอ็มทีเอ (RetroMTA®).....                               | 10   |
| การเปลี่ยนสีบริเวณตัวฟัน (Tooth discoloration) .....         | 11   |



|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| การเทียบสีพื้น .....                                 | 14 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....                   | 18 |
| วัสดุและอุปกรณ์.....                                 | 18 |
| การเลือกพื้น .....                                   | 18 |
| การเตรียมพื้น .....                                  | 19 |
| การเตรียมการทดสอบ.....                               | 20 |
| การประเมินสีบริเวณคอปัน.....                         | 21 |
| การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรม.....  | 22 |
| การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล .....                    | 23 |
| บทที่ 4 ผลการศึกษา .....                             | 24 |
| การประเมินสีบริเวณคอปัน.....                         | 24 |
| การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรม ..... | 32 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ..... | 33 |
| สรุปผลการวิจัย.....                                  | 33 |
| อภิปรายผล .....                                      | 33 |
| ข้อเสนอแนะ .....                                     | 41 |
| บรรณานุกรม .....                                     | 42 |
| ภาคผนวก.....                                         | 47 |
| ประวัติผู้เขียน.....                                 | 64 |

## สารบัญตาราง

### หน้า

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ตาราง 1 ตารางบันทึกค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าความสว่างของพื้น (CIE L*) ของทุกกลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา.....              | 24 |
| ตาราง 2 ตารางบันทึกค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียว (CIE a*) ของทุกกลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา .....      | 26 |
| ตาราง 3 ตารางบันทึกค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงิน (CIE b*) ของทุกกลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา ..... | 28 |
| ตาราง 4 ตารางบันทึกค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสีที่เปลี่ยนแปลงไป ( $\Delta E$ ) ของทุกกลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา.....      | 30 |
| ตาราง 5 ตารางบันทึกข้อมูล CIE L* ของกลุ่มการศึกษาเอ็มทีเอแองเจิลส์ .....                                                           | 48 |
| ตาราง 6 ตารางบันทึกข้อมูล CIE a* ของกลุ่มการศึกษาเอ็มทีเอแองเจิลส์ .....                                                           | 49 |
| ตาราง 7 ตารางบันทึกข้อมูล CIE b* ของกลุ่มการศึกษาเอ็มทีเอแองเจิลส์ .....                                                           | 50 |
| ตาราง 8 ตารางข้อมูล $\Delta E$ ของกลุ่มการศึกษาเอ็มทีเอแองเจิลส์ .....                                                             | 51 |
| ตาราง 9 ตารางบันทึกข้อมูล CIE L* ของกลุ่มการศึกษาไบโอเดนทีน .....                                                                  | 52 |
| ตาราง 10 ตารางบันทึกข้อมูล CIE a* ของกลุ่มการศึกษาไบโอเดนทีน .....                                                                 | 53 |
| ตาราง 11 ตารางบันทึกข้อมูล CIE b* ของกลุ่มการศึกษาไบโอเดนทีน .....                                                                 | 54 |
| ตาราง 12 ตารางข้อมูล $\Delta E$ ของกลุ่มการศึกษาไบโอเดนทีน.....                                                                    | 55 |
| ตาราง 13 ตารางบันทึกข้อมูล CIE L* ของกลุ่มการศึกษาเรโทรเอ็มทีเอ.....                                                               | 56 |
| ตาราง 14 ตารางบันทึกข้อมูล CIE a* ของกลุ่มการศึกษาเรโทรเอ็มทีเอ.....                                                               | 57 |
| ตาราง 15 ตารางบันทึกข้อมูล CIE b* ของกลุ่มการศึกษาเรโทรเอ็มทีเอ .....                                                              | 58 |
| ตาราง 16 ตารางข้อมูล $\Delta E$ ของกลุ่มการศึกษาเรโทรเอ็มทีเอ .....                                                                | 59 |
| ตาราง 17 ตารางบันทึกข้อมูล CIE L* ของกลุ่มควบคุม.....                                                                              | 60 |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| ตาราง 18 ตารางบันทึกข้อมูล CIE $a^*$ ของกลุ่มควบคุม.....  | 61 |
| ตาราง 19 ตารางบันทึกข้อมูล CIE $b^*$ ของกลุ่มควบคุม ..... | 62 |
| ตาราง 20 ตารางข้อมูล $\Delta E$ ของกลุ่มควบคุม .....      | 63 |



## สารบัญรูปภาพ

### หน้า

|                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ภาพประกอบ 1 แสดงการเปลี่ยนสีของวัสดุเมื่อสัมผัสกับแสงและอยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนที่ระยะเวลา 120 วินาที และ 5 วัน <sup>(5)</sup> .....                                                                                                                            | 12 |
| ภาพประกอบ 2 แสดงการเปลี่ยนสีของวัสดุเมื่ออยู่ในสภาวะต่างๆ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง <sup>(27)</sup> .....                                                                                                                                                                   | 12 |
| ภาพประกอบ 3 แสดงการเปลี่ยนสีของวัสดุเมื่ออยู่ในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง <sup>(28)</sup> .....                                                                                                                                                               | 13 |
| ภาพประกอบ 4 แสดงการเปลี่ยนสีของวัสดุเมื่อผสมกับโซเดียมไฮโปคลอไรด์ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง <sup>(29)</sup> .....                                                                                                                                                       | 14 |
| ภาพประกอบ 5 แสดงการออกแบบการศึกษาโดยการอุดวัสดุที่ต้องการศึกษาในโพรงประสาทฟันในตัวฟันผ่านทางปลายรากฟัน <sup>(38)</sup> .....                                                                                                                                          | 16 |
| ภาพประกอบ 6 แสดงการออกแบบการศึกษาโดยการจำลองการใช้งานจริงในคลินิก <sup>(40)</sup> .....                                                                                                                                                                               | 17 |
| ภาพประกอบ 7 ก. ฟันที่ได้จากการตัดส่วนปลายรากฟันในทิศทางตั้งฉากกับแกนฟันจนเหลือความยาวของรากฟัน 5 มิลลิเมตรจากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน ข. คลองรากฟันหลังจากได้รับการขยายด้วยการใช้หัวกรอเกทส์กลัดเดน .....                                                       | 20 |
| ภาพประกอบ 8 แสดงแบบจำลองซี่ฟันที่ใช้ในการศึกษา .....                                                                                                                                                                                                                  | 21 |
| ภาพประกอบ 9 แสดงเครื่อง VITA Easyshade spectrophotometer .....                                                                                                                                                                                                        | 21 |
| ภาพประกอบ 10 แสดงตำแหน่งในการเทียบสีฟัน .....                                                                                                                                                                                                                         | 22 |
| ภาพประกอบ 11 แผนภูมิเส้นแสดงค่าเฉลี่ยความสว่างของฟันพร้อมกับช่วงความเชื่อมั่น (confidence Interval) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ก่อนอุดวัสดุและภายหลังการอุดวัสดุ เอ็มทีเอ แองเจิลลัส, ไบโอเดนทีน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ .. | 25 |
| ภาพประกอบ 12 แผนภูมิเส้นแสดงค่าเฉลี่ยระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวของฟันพร้อมกับช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ก่อนอุดวัสดุและภายหลังการอุดวัสดุ เอ็มทีเอ แองเจิลลัส, ไบโอเดนทีน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ .....    | 27 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ภาพประกอบ 13 แผนภูมิเส้นแสดงค่าเฉลี่ยระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินของพื้นพร้อมกับช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ก่อนอุดวัสดุและภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอ แองเจลลัส, ไบโอเดนทีน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 29 |
| ภาพประกอบ 14 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปพร้อมกับช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอเดนทีน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 31 |
| ภาพประกอบ 15 ก. พื้นที่ได้รับการอุดด้วยเอ็มทีเอแองเจลลัสเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อฟันที่สัมผัสกับวัสดุ เอ็มทีเอแองเจลลัสมีการก่อตัวสมบูรณ์และมีสีขาว เช่นเดียวกับหลังผสม ข. พื้นที่ได้รับการอุดด้วยไบโอเดนทีนเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อฟันที่สัมผัสกับวัสดุ ไบโอเดนทีนมีการก่อตัวสมบูรณ์และพบว่าวัสดุมีสีที่เข้มขึ้นหลังจากผสม ค. พื้นที่ได้รับการอุดด้วยเรโทรเอ็มทีเอระยะเวลา 20 สัปดาห์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อฟันที่สัมผัสกับวัสดุ เรโทรเอ็มทีเอมีการก่อตัวสมบูรณ์และพบว่าวัสดุมีสีขาว เช่นเดียวกับหลังผสม ง. กลุ่มควบคุมพบว่าการเปลี่ยนแปลงของสีฟันเกิดขึ้น ..... | 32 |
| ภาพประกอบ 16 แสดงผลของสารที่บ่งชี้ 3 ชนิดเมื่อสัมผัสกับสารละลาย methacrylate (MA) และเมื่อสัมผัสกับสารละลายคอลลาเจน (Col) โดย A คือบัสมีทออกไซด์, B คือเซอริโคเนียมออกไซด์ และ C คือแคลเซียมทั้งสเตรต <sup>(47)</sup> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 38 |
| ภาพประกอบ 17 แสดงแผนการวัดสีในระบบ CIE L*a*b* <sup>(49)</sup> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 40 |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

การรักษาฟันที่มีเนื้อเยื่อในตาย (pulp necrosis) โดยที่ปลายรากฟันยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ เป็นสิ่งที่ยังคงมีหลายปัจจัยให้ต้องพิจารณา เนื่องจากฟันที่มีการพัฒนารากฟันยังไม่สมบูรณ์นั้น มีรากฟันที่สั้นและบางจึงทำให้ฟันเสี่ยงต่อการแตกหักได้ ในปัจจุบันมีวิธีการรักษาทางวิศวกรรมเนื้อเยื่อ (tissue engineering) เข้ามาเป็นทางเลือกให้แก่ผู้ป่วยโดยการทำการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ (regenerative endodontics) เพื่อให้มีการเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้าง pulp-dentin complex เพื่อคงหน้าที่ทางสรีระวิทยาที่ปกติของฟันขึ้นไว้<sup>(1)</sup> วิธีการรักษาอ้างอิงตาม American Association of Endodontists (AAE) เมื่อมีการกระตุ้นเลือดเข้ามาในคลองรากฟันแล้ววัสดุที่ใช้ปิดทับด้านบนลิ้มเลือดควรมีคุณสมบัติเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ (biocompatibility), ไม่ส่งผลให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutagen), มีความแนบสนิทที่ดี, มีความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ และกระตุ้นให้มีการสร้างสะพานเนื้อฟัน (dentin bridge) ขึ้นได้เมื่อสัมผัสกับของเหลวจากร่างกาย จากคุณสมบัติดังกล่าวของวัสดุจึงมีการนำมินิเอร์ล ไตรออกไซด์ แอกริเกตหรือเอ็มทีเอ (Mineral trioxide aggregation, MTA) โดยมีชื่อทางการค้าโปรรูทเอ็มทีเอ (ProRoot® MTA) มาใช้เป็นวัสดุในการทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ ถึงแม้ว่าโปรรูทเอ็มทีเอจะมีคุณสมบัติต่างๆ ที่เหมาะสมจะนำมาใช้งานในงานรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ แต่โปรรูทเอ็มทีเอยังมีข้อเสียสำคัญ นั่นคืออาศัยระยะเวลาในการก่อตัว (setting time) ค่อนข้างนานจึงทำให้ต้องนัดหมายผู้ป่วยมาทำการรักษามากกว่าหนึ่งครั้ง ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงที่จะทำให้ฟันขึ้นนั้นได้รับการติดเชื้อซ้ำเนื่องจากผู้ป่วยไม่สะดวกมารับการรักษาตามนัดหมาย ทำให้มีการคิดค้นวัสดุที่มีคุณสมบัติต่างๆ ใกล้เคียงกับโปรรูทเอ็มทีเอและใช้ระยะเวลาในการก่อตัวที่น้อยกว่า เช่น เอ็มทีเอแองเจิลลัส (MTA Angelus™) ใช้ระยะเวลาในการก่อตัวเพียง 15 นาที ในขณะที่โปรรูทเอ็มทีเอใช้ระยะเวลาการก่อตัวถึง 165 นาที<sup>(2)</sup>, ไบโอเดนทีน (Biodentine™) ใช้ระยะเวลาในการก่อตัวเท่ากับ 12±1 นาทีซึ่งน้อยกว่าโปรรูทเอ็มทีเออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<sup>(3)</sup> และเรโทรเอ็มทีเอ (RetroMTA®) ใช้ระยะเวลาในการก่อตัวเพียง 18.1±2.4 นาทีเท่านั้น<sup>(4)</sup> นอกจากนี้ยังพบว่ามีคุณสมบัติต่างๆ ใกล้เคียงกับโปรรูทเอ็มทีเอ ทำให้เอ็มทีเอแองเจิลลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทีเอจึงเป็นวัสดุทางเลือกที่จะนำมาใช้ในงานรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์แทนโปรรูทเอ็มทีเอ

การเปลี่ยนสีบริเวณตัวฟันเป็นผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์อีกประการหนึ่งจากการใช้โปรรูทเอ็มทีเอ ซึ่งในปัจจุบันยังคงไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัดของกลไกที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีบริเวณ

ตัวฟันขึ้น หนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีบริเวณตัวฟันคือการที่โพรทูธเอ็มทีเอมีบิสมัทออกไซด์ (bismuth oxide) เป็นสารทึบรังสี (radiopacifier) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสัมผัสกับแสงและอยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน จากการศึกษาของ Vallés และคณะในปี 2013<sup>(5)</sup> ทำการศึกษากลกระทบของแสงและออกซิเจนต่อการเปลี่ยนสีของวัสดุพบว่าเมื่อโพรทูธเอ็มทีเอสัมผัสกับแสงและอยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนจะส่งผลให้วัสดุมีสีที่เปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่ที่ระยะเวลา 120 วินาที วัสดุไบโอเซรามิกกลุ่มใหม่จึงมีการพัฒนาสารทึบรังสีที่ใช้ เช่น ไบโอเดนทินซึ่งมีสารประกอบเซอร์โคเนียมออกไซด์ (zirconium oxide) เป็นสารที่ทำให้ไบโอเดนทินมีสมบัติทึบรังสี, เรโทธเอ็มทีเอซึ่งมีสารประกอบแคลเซียมเซอร์โคเนีย (calcium zirconia complex) เป็นสารที่ทำให้เรโทธเอ็มทีเอมีสมบัติทึบรังสีและพบว่าสารทึบรังสีทั้งสองชนิดนี้ไม่ส่งผลให้ฟันมีการเปลี่ยนสีหลังจากรักษา

ฟันที่ได้รับการรักษาด้วยกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์มักมีรากฟันที่สั้นและบางซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดการแตกหักบริเวณคอฟัน (cervical root fracture) ซึ่งส่งผลให้ฟันซี่นั้นมีเนื้อฟันไม่เพียงพอที่จะสามารถบูรณะต่อได้เป็นสาเหตุหลักของความล้มเหลวในการรักษา การปิดทับด้านบนของลิ้มเลือดด้วยโพรทูธเอ็มทีเอในบริเวณส่วนต้นของคลองรากฟันเชื่อว่าสามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงบริเวณคอฟันได้<sup>(6)</sup> แต่เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องการส่งผลให้ตัวฟันเกิดการเปลี่ยนสีของโพรทูธเอ็มทีเอในการรักษาทางคลินิกจึงนิยมอุดโพรทูธเอ็มทีเอใต้ต่อรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction) 1-2 มิลลิเมตร การใช้วัสดุไบโอเซรามิกที่ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของฟันรวมถึงใช้ระยะเวลาการก่อตัวที่น้อยจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการรักษาด้วยกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ภายในการรักษาครั้งเดียวเพื่อลดโอกาสการติดเชื้อและปัญหาเรื่องความสวยงาม จึงเป็นที่น่าสนใจว่าเมื่ออุดเอ็มทีเอเองเจลลัส, ไบโอเดนทิน และเรโทธเอ็มทีเอที่ระดับคอฟันจะส่งผลให้บริเวณคอฟันเกิดการเปลี่ยนสีหรือไม่

### คำถามการวิจัย

1. เอ็มทีเอเองเจลลัส, ไบโอเดนทิน และเรโทธเอ็มทีเอส่งผลให้มีการเปลี่ยนสีบริเวณคอฟันแตกต่างกันหรือไม่
2. ระยะเวลาการบูรณะที่แตกต่างกันในวัสดุเอ็มทีเอเองเจลลัส, ไบโอเดนทิน และเรโทธเอ็มทีเอส่งผลให้มีการเปลี่ยนสีบริเวณคอฟันแตกต่างกันหรือไม่



### ความสำคัญของการวิจัย

การทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์เป็นแนวทางในการรักษาฟันที่มีเนื้อเยื่อในตายโดยที่ยังมีการพัฒนารากฟันไม่สมบูรณ์ ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ในการปิดทับลึ้มเลือดที่กระตุ้นให้เข้ามาในคลองรากฟันควรมีความเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อ, มีความแนบสนิทที่ดี, มีความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ และกระตุ้นให้มีการสร้างสะพานเนื้อฟัน วัสดุที่นิยมนำมาใช้คือไฟรรูทเอ็มทีเอเนื่องจากมีคุณสมบัติต่างๆ ตามที่ต้องการ แต่เนื่องจากไฟรรูทเอ็มทีเอมีข้อเสียในเรื่องระยะเวลาในการก่อตัวที่นานจึงมีการพัฒนาวัสดุมาทดแทนการใช้ไฟรรูทเอ็มทีเอ เช่น เอ็มทีเอแองเจิลลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทีเอ เป็นวัสดุที่เข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อ, มีความสามารถในการสร้างผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ และมีระยะเวลาในการก่อตัวที่น้อยโดยเอ็มทีเอแองเจิลลัสใช้ระยะเวลาในการก่อตัว 15 นาที<sup>(2)</sup>, ไบโอเดนทีนใช้ระยะเวลาในการก่อตัวเท่ากับ  $12 \pm 1$  นาที<sup>(3)</sup> และเรโทรเอ็มทีเอใช้ระยะเวลาในการก่อตัว  $18.1 \pm 2.4$  นาที<sup>(4)</sup> ข้อเสียอีกประการหนึ่งของไฟรรูทเอ็มทีเอคือส่งผลให้ฟันเกิดการเปลี่ยนสีขึ้น ทั้งนี้เชื่อว่ามาจากบิสฟีนอลเอซึ่งเป็นสารที่บ่งชี้ในไฟรรูทเอ็มทีเอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสัมผัสกับแสงและอยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนซึ่งสอดคล้องกับการใช้งานในคลินิกที่มีการอุดวัสดุดังกล่าวบริเวณคอฟัน วัสดุไบโอเซรามิกในกลุ่มใหม่ๆ จึงมีการเปลี่ยนสารที่บ่งชี้ที่ใช้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของไฟรรูทเอ็มทีเอ เช่น การใช้เซอรโคเนียออกไซด์เป็นสารที่บ่งชี้ในไบโอเดนทีนและสารประกอบแคลเซียมเซอรโคเนียเป็นสารที่บ่งชี้ในเรโทรเอ็มทีเอ เป็นต้น

การศึกษานี้ทางคณะผู้ทำวิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการใช้เอ็มทีเอแองเจิลลัส (MTA Angelus™), ไบโอเดนทีน (Biodentine™) และเรโทรเอ็มทีเอ (RetroMTA®) ซึ่งเป็นไบโอเซรามิกชนิดก่อตัวเร็วที่มีขายในประเทศไทยมาเป็นวัสดุที่ใช้ในการอุดบริเวณคอฟันในห้องปฏิบัติการ จำลองการใช้งานในกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกวัสดุปิดทับลึ้มเลือดที่ใช้ในการรักษาด้วยกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ในอนาคต

### จุดมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนสีฟันบริเวณคอฟันเมื่อบูรณะด้วยเอ็มทีเอแองเจิลลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทีเอ



### ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการโดยจำลองการใช้เอ็มทีเอแองเจิลล์, ไบโอดีเนทีน และเรโทรเอ็มทีเอ เป็นวัสดุอุดบริเวณคอฟันในกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์

### ตัวแปรที่ศึกษา

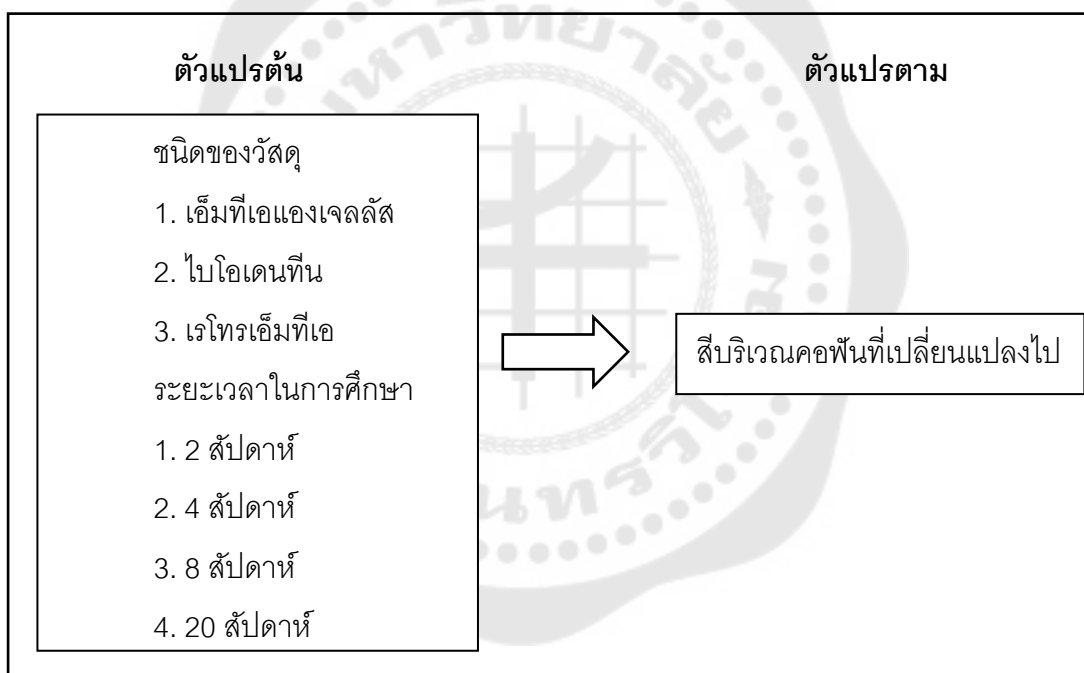
#### 1. ตัวแปรต้น

1.1 ชนิดของวัสดุ ได้แก่ เอ็มทีเอแองเจิลล์, ไบโอดีเนทีน และเรโทรเอ็มทีเอ

1.2 ระยะเวลาในการศึกษาที่ 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์

#### 2. ตัวแปรตาม ได้แก่ สับริเวณคอฟันที่เปลี่ยนแปลงไป

### กรอบแนวคิดวิจัย



### สมมติฐานงานวิจัย

1. ชนิดของวัสดุส่งผลต่อการเปลี่ยนสับริเวณคอฟันแตกต่างกันหรือไม่

สมมติฐานหลัก : เอ็มทีเอแองเจิลล์, ไบโอดีเนทีน และเรโทรเอ็มทีเอส่งผลให้มีการเปลี่ยนสับริเวณคอฟันไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานรอง : เอ็มทีเอแองเจิลล์, ไบโอดีเนทีน และเรโทรเอ็มทีเอส่งผลให้มีการเปลี่ยนสับริเวณคอฟันแตกต่างกัน

2. ระยะเวลาส่งผลต่อการเปลี่ยนสีบริเวณคอปันแตกต่างกันหรือไม่

สมมติฐานหลัก : ที่ระยะเวลาศึกษา 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์ มีการเปลี่ยนสีบริเวณคอปันไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานรอง : ที่ระยะเวลาศึกษา 2, 4, 8 และ 20 มีการเปลี่ยนสีบริเวณคอปันแตกต่างกัน

3. ชนิดของวัสดุและระยะเวลาส่งผลต่อการเปลี่ยนสีบริเวณคอปันแตกต่างกันหรือไม่

สมมติฐานหลัก : ชนิดของวัสดุและระยะเวลาส่งผลต่อการเปลี่ยนสีบริเวณคอปันไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานรอง : ชนิดของวัสดุและระยะเวลาส่งผลต่อการเปลี่ยนสีบริเวณคอปันแตกต่างกัน



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### รีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ (Regenerative endodontics)

การทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์เป็นกระบวนการทางชีวภาพเพื่อให้มีการสร้างโครงสร้างที่ถูกทำลายขึ้นมาใหม่ ทั้งในส่วนเนื้อฟันและรากฟันให้เกิด pulp-dentin complex เพื่อคงหน้าที่ทางสรีรวิทยาที่ปกติของฟันขึ้นนั้นไว้ได้<sup>(1)</sup> ขั้นตอนในการรักษาประกอบไปด้วยการทำความสะอาดคลองรากฟันด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันร่วมกับการใช้เครื่องมือให้น้อยที่สุดเพื่อคงเนื้อเยื่อที่ยังมีชีวิตบริเวณผนังคลองรากฟันไว้ ใส่ยาในคลองรากฟันโดยยาที่นิยมใส่ในคลองรากฟันประกอบไปด้วยยาปฏิชีวนะผสมกันสามชนิดคือ metronidazole, ciprofloxacin และ minocycline แต่เนื่องจากปัญหาเรื่องการแพ้ยาปฏิชีวนะและปัญหาการเปลี่ยนสีของตัวฟันหลังจากการรักษาจึงมีบางการศึกษาแนะนำให้ใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ทดแทน จากนั้นจึงใช้เครื่องมือ เช่น เคไฟล์ เลยกอนนอกบริเวณปลายรากฟันเพื่อให้มีเลือดเข้ามาในคลองรากฟัน เมื่อเลือดเริ่มแข็งตัวเป็นลิ่มเลือดจึงนำเอ็มทีเอหรือวัสดุในกลุ่มไบโอเซรามิกมาเป็นวัสดุปิดทับบนลิ่มเลือดและบูรณะบริเวณทางเข้าสู่โพรงประสาทฟัน<sup>(7)</sup> ซึ่ง American Association of Endodontists (AAE) ได้ออกแนวทางการปฏิบัติในการทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ฉบับปรับปรุงล่าสุดในปี 2018 หลังจากกระตุ้นเลือดเข้ามาในคลองรากฟันและปล่อยให้เลือดแข็งตัวในคลองรากฟัน โดยต้องมีพื้นที่ให้วัสดุอุดชั่วคราวประมาณ 3-4 มิลลิเมตร ใช้สารที่สามารถย่อยสลายได้ เช่น CollaPlug™, Collacote™, CollaTape™ วางบนลิ่มเลือดแล้วใช้ไวท์เอ็มทีเอเป็นวัสดุปิดทับด้านบน อุดชั่วคราวด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เช่น Fuji IX™ โดยให้ความหนาของวัสดุ 3-4 มิลลิเมตร เนื่องจากเอ็มทีเออาจส่งผลให้ฟันเปลี่ยนสีได้จึงแนะนำว่าฟันในส่วนที่ต้องการความสวยงามอาจพิจารณาใช้วัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกหรือไตรแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์ เช่น ไบโอเดนทินเป็นวัสดุทดแทนเอ็มทีเอ

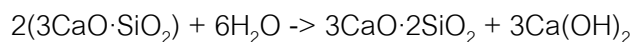
เนื่องจากเอ็มทีเอต้องอาศัยเวลาในการก่อตัวที่นานจึงทำให้การรักษาต้องมีการนัดหมายเพิ่มเติมเพื่อเปลี่ยนวัสดุอุดชั่วคราวเป็นวัสดุอุดที่แข็งแรงขึ้นเช่นวัสดุกลุ่มเรซินคอมโพสิตหลังจากเอ็มทีเอก่อตัวสมบูรณ์ ซึ่งหากผู้ป่วยไม่สามารถมาตามนัดหมายได้อาจทำให้มีการติดเชื้อซ้ำอีกครั้ง ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำวัสดุที่มีสมบัติใกล้เคียงกับเอ็มทีเอแต่มีระยะเวลาในการก่อตัวที่น้อยกว่ามาใช้ทดแทนและทำการบูรณะตามด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์และเรซินคอมโพสิตทันทีหลังจากรักษา

### เอ็มทีเอแองเจิลัส (MTA Angelus™)

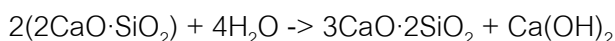
เอ็มทีเอเป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นผงที่มีความละเอียดมีส่วนประกอบหลักคือไตรแคลเซียมซิลิเกต ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) และไดแคลเซียมซิลิเกต ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) เอ็มทีเอถูกพัฒนาโดย Torabinejad และมีการนำมาใช้ในทางทันตกรรมครั้งแรกในปี 1993 เพื่อใช้เป็นวัสดุซ่อมแซมรอยทะลุบริเวณรากฟัน และได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา (The United States Food and Drug Administration, FDA) ให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ระดับ II สำหรับเป็นวัสดุอุดคลองรากฟันและเป็นวัสดุซ่อมแซมเนื้อเยื่อในตัวฟันในปี 1997 ส่วนประกอบของเอ็มทีเอมีความคล้ายคลึงกับพอร์ตแลนด์ซีเมนต์แตกต่างที่เอ็มทีเอมีสารบิสมัทออกไซด์ (Bismuth oxide ;  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เอ็มทีเอมีสมบัติทึบรังสี (radiopaque) อีกข้อแตกต่างระหว่างเอ็มทีเอและพอร์ตแลนด์ซีเมนต์คือเอ็มทีเอมีอนุภาคที่เล็กและสม่ำเสมอในขณะที่พอร์ตแลนด์ซีเมนต์มีอนุภาคที่มีหลายขนาดรวมกัน เนื่องจากเอ็มทีเอมีคุณสมบัติเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อ (biocompatibility), ไม่ส่งผลให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutagen), มีความแนบสนิทที่ดี, มีความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์, กระตุ้นให้เกิดการสร้างเคลือบรากฟัน (cementum) และเอ็นยึดปริทันต์ (periodontal ligament) และยังสามารถลดการอักเสบรวมถึงส่งเสริมให้เกิดการซ่อมแซมของกระดูกขึ้น จากคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้นเอ็มทีเอจึงเป็นวัสดุที่นำมาใช้ในการรักษาเนื้อเยื่อในแบบคงความมีชีวิต (vital pulp therapy) โดยใช้เป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อโดยตรง (direct pulp capping), ใช้ในการซ่อมแซมรอยทะลุบริเวณรากฟันและบริเวณง่ามรากฟัน (perforation repair), การอุดย้อนปลายรากฟัน (retrograde filling), การทำเอเพกซิฟเคชัน (apexification) และรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ (regenerative endodontics)<sup>(8-10)</sup>

ไตรแคลเซียมซิลิเกตมีโครงสร้างแบบผลึก (crystal structure) แบบ monoclinic หรือ trigonal โดยไตรแคลเซียมซิลิเกตมีหน้าที่ส่งเสริมให้วัสดุมีความแข็งแรง ในส่วนของไดแคลเซียมซิลิเกตมีโครงสร้างผลึกแบบ monoclinic ทำปฏิกิริยากับน้ำอย่างช้าๆ และช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับวัสดุเพียงเล็กน้อยในช่วงเวลาแรกแต่เมื่อเวลาผ่านไปจะมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากไตรแคลเซียมซิลิเกตและไดแคลเซียมซิลิเกตเป็นสารที่ชอบน้ำ (hydrophilic) การก่อดัวของเอ็มทีเอจึงต้องอาศัยความชื้นจากน้ำเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาในการก่อดัว โดยเรียกปฏิกิริยาดังกล่าวว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration reaction) ดังสมการที่ 1 และ 2 ส่งผลให้เกิดแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (calcium silicate hydrates, C-H-S) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide) โดยพบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชันของไตรแคลเซียม

ซิลิเกตจะมีปริมาณมากกว่าและเกิดขึ้นเร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไดแคลเซียมซิลิเกต ซึ่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้จะส่งผลต่อระดับความเป็นกรดเบส (pH) ของเอ็มทีเอ<sup>(11)</sup>



สมการที่ 1 แสดงการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันในไตรแคลเซียมซิลิเกต



สมการที่ 2 แสดงการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันในไดแคลเซียมซิลิเกต

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้นหลังจากปฏิกิริยาไฮเดรชันเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลให้เอ็มทีเอมีสมบัติออกฤทธิ์ทางชีวภาพ นั่นคือเอ็มทีเอสามารถส่งเสริมให้เกิดผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ขึ้นได้เมื่อสัมผัสกับสารละลายจำลองของเหลวร่างกายซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างประจุแคลเซียมและประจุไฮดรอกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากเอ็มทีเอกับฟอสเฟตจากสารละลายจำลองของเหลวร่างกาย<sup>(12)</sup>

เอ็มทีเอนิดแรกที่เกิดขึ้นมาใช้งานคือเกรย์เอ็มทีเอ (grey MTA) มีชื่อทางการค้าว่าไฟรรูทเอ็มทีเอ (ProRoot® MTA; Dentsply Tulsa, OK, USA) พบว่าเกรย์เอ็มทีเอมีข้อเสียคือทำให้ฟันมีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้นจึงมีการพัฒนาไวท์เอ็มทีเอ (white MTA) ขึ้นมาเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติดังกล่าว โดยในไวท์เอ็มทีเอจะไม่พบเตตระแคลเซียมอะลูมิโนเฟอไรท์ (Tetracalcium Aluminoferrite) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้ฟันมีการเปลี่ยนสีในเกรย์เอ็มทีเอ<sup>(13)</sup> จากการศึกษาของ Torabinejad และคณะในปี 1995<sup>(2)</sup> พบว่าหนึ่งในข้อด้อยสำคัญของไฟรรูทเอ็มทีเอคือมีระยะเวลาในการก่อตัว 165 นาที ทำให้ไม่สามารถทำการรักษาภายในครั้งเดียวซึ่งอาจจะทำให้เกิดการติดเชื้อเนื่องจากการหลุดของวัสดุอุดชั่วคราวหากผู้ป่วยไม่สามารถมาทำการรักษาตามนัดหมายได้

เอ็มทีเอที่มีขายในท้องตลาดอีกชนิดหนึ่งใช้ชื่อทางการค้าว่า เอ็มทีเอแองเจิลัส (MTA Angelus™ ; Angelus, Londrina PR, Brazil) จากการศึกษาของ Santos และคณะในปี 2008<sup>(14)</sup> พบว่าเอ็มทีเอแองเจิลัสมีระยะเวลาในการก่อตัวเพียง 15 นาที ในขณะที่ไฟรรูทเอ็มทีเอมีระยะเวลาการก่อตัวถึง 165 นาที<sup>(2)</sup> ทั้งนี้เนื่องจากการลดความเข้มข้นของแคลเซียมซัลเฟต (calcium sulfate) ในส่วนประกอบลง<sup>(15)</sup> นอกจากนี้ในปัจจุบันไวท์เอ็มทีเอแองเจิลัส (White MTA Angelus ; Angelus, Londrina, PR, Brazil) มีการปรับปรุงส่วนประกอบในวัสดุ โดยมีการเปลี่ยนสารที่ทำให้วัสดุที่บ่มสีจากบิสฟีนอลเอเป็นแคลเซียมทังสเตต (calcium tungstate) เพื่อลดผลกระทบจากบิสฟีนอลเอซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนสีบริเวณตัวฟันขึ้นหลังจากการรักษาอีกด้วย จากรายงานผู้ป่วยของ McCabe ในปี 2015<sup>(7)</sup> ใช้เอ็มทีเอแองเจิลัสในการปิดทับบนลิ้มเลือดขณะทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ในฟันหน้าบน จากนั้นบูรณะต่อด้วย GC Fuji Cement IX

(GC Corp., Tokyo, Japan) เมื่อติดตามผลการรักษาเป็นระยะเวลา 18 เดือนพบว่าผู้ป่วยสามารถใช้งานได้ตามปกติ ไม่มีอาการใดๆ และมีการพัฒนาของรากฟันต่อเนื่องจนเกือบสมบูรณ์ เอ็มทีเอแองเจิลส์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการรักษาด้วยกระบวนการรีเจนเนอเรทิฟเอ็นโดดอนติกส์ที่ต้องการความรวดเร็วและทำการรักษาในบริเวณที่ต้องการความสวยงาม

### ไบโอเดนทีน (Biodentine™)

ไบโอเดนทีนเป็นอีกหนึ่งในวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการทดแทนเนื้อฟันที่สูญเสียไปได้ ส่วนผงของไบโอเดนทีนประกอบไปด้วย ไตรแคลเซียมซิลิเกต, เซอร์โคเนียมออกไซด์ (zirconium oxide) เป็นสารที่ทำให้ไบโอเดนทีนมีสมบัติที่บ่งชี้และแคลเซียมคาร์บอเนต ส่วนเหลวของไบโอเดนทีนส่วนประกอบส่วนใหญ่จะเป็นน้ำโดยมีส่วนเสริมคือแคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และโพลีเมอร์ที่สามารถละลายน้ำได้ (hydro-soluble polymer) เพื่อลดการใช้น้ำในการเกิดปฏิกิริยา และเนื่องจากไบโอเดนทีนเป็นวัสดุที่มีสมบัติออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้เช่นเดียวกับเอ็มทีเอทำให้เมื่อไบโอเดนทีนก่อตัวจะมีการปลดปล่อยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ออกมา ในงานทันตกรรมบูรณะเมื่อใช้ไบโอเดนทีนเป็นวัสดุทดแทนเนื้อฟันนอกจากประโยชน์จากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ส่งเสริมให้เกิดผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์แล้วแคลเซียมซิลิเกตจะเป็นส่วนที่มีความแข็งทำหน้าที่ทดแทนส่วนของเนื้อฟันที่สูญเสียไปได้<sup>(16)</sup>

จากการศึกษาของ Gandolfi และคณะในปี 2013<sup>(3)</sup> พบว่าไบโอเดนทีนมีระยะเวลาในการก่อตัวเท่ากับ  $12 \pm 1$  นาทีซึ่งน้อยกว่าโพรพุธเอ็มทีเออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของทางบริษัทผู้ผลิตที่ให้ข้อมูลระยะเวลาการก่อตัวของไบโอเดนทีนเท่ากับ 9-12 นาที เมื่อศึกษาถึงความเข้ากันได้ทางชีวภาพโดยใช้ไบโอเดนทีนเป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในเมื่อเปรียบเทียบกับเอ็มทีเอในฟันมนุษย์ ติดตามผลการตอบสนองของเนื้อเยื่อในและการเปลี่ยนแปลงทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อในที่ระยะเวลา 6 เดือน พบว่าไบโอเดนทีนและเอ็มทีเอส่งผลให้มีการสร้างสะพานเนื้อฟัน, ไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อใน และพบการเรียงตัวของชั้นเซลล์สร้างเนื้อฟัน (odontoblast) และ odontoblast-like cell ไม่แตกต่างกัน<sup>(17)</sup>

จากรายงานผู้ป่วยโดย Topçuoğlu ในปี 2016<sup>(18)</sup> เมื่อใช้ไบโอเดนทีนในการทำรีเจนเนอเรทิฟเอ็นโดดอนติกส์และบูรณะต่อด้วยเรซินคอมโพสิตทันที หลังจากติดตามผลการรักษาในระยะเวลา 3 และ 18 เดือน พบว่าฟันมีการตอบสนองต่อการเคาะ, คลำปกติ ไม่ตอบสนองต่อการทดสอบด้วยอุณหภูมิและไม่ตอบสนองต่อการทดสอบด้วยไฟฟ้า (electric pulp test) ไม่พบการโยกของฟันและไม่พบร่องลึกปริทันต์เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่ารากฟันมีความยาว



และความหนาเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานผู้ป่วยของ Bakhtiar และคณะในปี 2017<sup>(19)</sup> เมื่อใช้ไบโอเดนทินในการทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์และบูรณะต่อด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ หลังจากติดตามผลการรักษาเป็นระยะเวลา 1, 3, 6, 12 และ 18 เดือน พบว่าผู้ป่วยทั้ง 4 รายไม่มีอาการทางคลินิกใดๆ และพบว่ารอยโรคโปร่งรังสีรอบปลายรากหายได้อย่างสมบูรณ์ มีการพัฒนาของรากฟันต่อและมีปลายรากฟันปิดอย่างสมบูรณ์

### เรโทรเอ็มทีเอ (RetroMTA®)

เรโทรเอ็มทีเอเป็นวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกที่มีความชอบน้ำ (hydraulic bioceramic) ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยบริษัท Meta Biomed ส่วนผสมของเรโทรเอ็มทีเอประกอบไปด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate,  $\text{CaCO}_3$ ) ร้อยละ 60-80 โดยน้ำหนัก, ซิลิคอนไดออกไซด์ (silicon dioxide,  $\text{SiO}_2$ ) ร้อยละ 5-15 โดยน้ำหนัก, อลูมิเนียมออกไซด์ (aluminum oxide,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ร้อยละ 5-10 โดยน้ำหนักและสารประกอบแคลเซียมเซอร์โคเนีย (calcium zirconia complex) ร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนัก ซึ่งสารประกอบแคลเซียมเซอร์โคเนียทำให้เรโทรเอ็มทีเอมีสมบัติที่บ่งชี้ซึ่งแตกต่างจากโพรซุทเอ็มทีเอที่มีบิสมัทออกไซด์เป็นสารที่ทำให้โพรซุทเอ็มทีเอมีสมบัติที่บ่งชี้ ข้อดีของการใช้สารประกอบแคลเซียมเซอร์โคเนียเป็นสารที่บ่งชี้คือไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนสีของฟัน ข้อดีอีกประการที่ทำให้เรโทรเอ็มทีเอเหนือกว่าโพรซุทเอ็มทีเอคือเรโทรเอ็มทีเอใช้ระยะเวลาในการก่อตัวเพียง 150 วินาที หรือคิดเป็น 2.5 นาทีเท่านั้น ในขณะที่โพรซุทเอ็มทีเอใช้ระยะเวลาในการก่อตัวนานถึง 165 นาที จากการศึกษาของ Che และคณะในปี 2016<sup>(4)</sup> พบว่าเรโทรเอ็มทีเอใช้ระยะเวลาในการก่อตัว  $18.1 \pm 2.4$  นาทีซึ่งน้อยกว่าโพรซุทเอ็มทีเออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของความเข้ากันได้ทางชีวภาพพบว่าเรโทรเอ็มทีเอมีความสามารถที่ไม่ต่างจากโพรซุทเอ็มทีเอเมื่อทำการศึกษาในเซลล์เนื้อเยื่อในของมนุษย์และพบว่าการแสดงออกของวาสคูลาร์เอนโดทีเลียลโกรทแฟกเตอร์ (Vascular endothelial growth factor, VEGF) ที่ไม่แตกต่างจากโพรซุทเอ็มทีเออีกด้วย จากการศึกษาจึงอาจสรุปได้ว่าเรโทรเอ็มทีเออาจนำมาใช้ในคลินิกทดแทนโพรซุทเอ็มทีเอได้<sup>(20)</sup> ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lee และคณะในปี 2015<sup>(21)</sup> เมื่อทำการศึกษาถึงการตอบสนองของเนื้อเยื่อในเมื่อใช้เรโทรเอ็มทีเอเป็นวัสดุในการทำพัลโพโตมี (pulpotomy) ในฟันสุนัข จากการศึกษาพบว่าเรโทรเอ็มทีเอส่งผลให้เกิดสะพานเนื้อฟัน (dentin bridge) ได้ไม่แตกต่างจากโพรซุทเอ็มทีเอ และในเนื้อเยื่อในพบเซลล์อักเสบเพียงเล็กน้อยเท่านั้นซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้เรโทรเอ็มทีเอในการทำพัลโพโตมีแทนโพรซุทเอ็มทีเอได้

จากรายงานผู้ป่วยของ Kim และคณะในปี 2014<sup>(22)</sup> ในการทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์โดยใช้เรโทรเอ็มทีเอในฟันกรามน้อยล่างขวาปลายรากเปิดพบว่าเมื่อติดตาม

ผลการรักษาที่ระยะเวลา 4, 8 และ 11 เดือน รากฟันมีการเจริญต่อโดยพบว่ารากฟันมีทั้งความยาวและความกว้างที่เพิ่มขึ้นจนในที่สุดปลายรากฟันปิดได้สนิทโดยไม่พบการเปลี่ยนสีบริเวณตัวฟัน

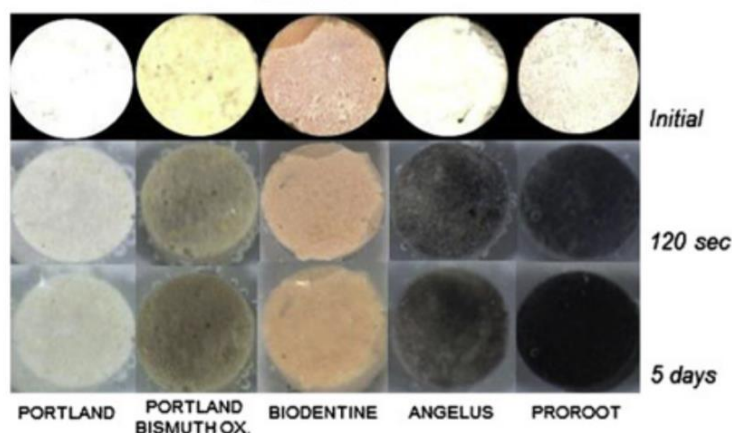
### การเปลี่ยนสีบริเวณตัวฟัน (Tooth discoloration)

การเปลี่ยนสีบริเวณตัวฟันเป็นผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์หนึ่งจากการใช้เอนามิเอน ซึ่งในปัจจุบันยังคงไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัดของกลไกที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีบริเวณตัวฟันขึ้นโดยเชื่อว่ามีสาเหตุเกิดขึ้นได้หลายประการด้วยกัน เช่น ส่วนประกอบของวัสดุ, การสัมผัสกับน้ำยาล้างคลองรากฟัน, การสัมผัสแสงในสภาวะแวดล้อมที่ปราศจากออกซิเจน (oxygen-free environment)<sup>(23)</sup>

เอนามิเอนชนิดแรกที่เกิดขึ้นมาใช้งานคือเอนามิเอน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเอนามิเอนที่มีส่วนประกอบของโลหะทรานซิชัน (transition metal) เช่น โครเมียม (chromium), แมงกานีส (manganese), ทองแดง (copper) และเหล็ก (iron) ซึ่งสามารถมีประจุอิเล็กตรอนอิสระเกิดขึ้นและหากถูกกระตุ้นด้วยแสงจะส่งผลให้เกิดสารประกอบออกไซด์ของโลหะทรานซิชันซึ่งทำให้มีสีเกิดขึ้นบริเวณตัวฟันโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบเฟอร์รัสออกไซด์ (ferrous oxide) ที่มีสีดำ จึงมีการพัฒนาไวท์เอนามิเอน (white MTA) ขึ้นมาเพื่อปรับปรุงส่วนประกอบที่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนสีบริเวณตัวฟันได้ โดยในไวท์เอนามิเอนจะพบปริมาณของอะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide), แมกนีเซียมออกไซด์ (magnesium oxide) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณของเฟอร์รัสออกไซด์ที่น้อยกว่าในเอนามิเอน<sup>(24)</sup> แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่ผ่านมาก็ยังพบว่าไวท์เอนามิเอนก็ยังคงส่งผลให้ฟันมีการเปลี่ยนสีได้เนื่องจากปริมาณของสารประกอบออกไซด์ที่ยังคงมีอยู่ในส่วนประกอบ<sup>(25, 26)</sup>

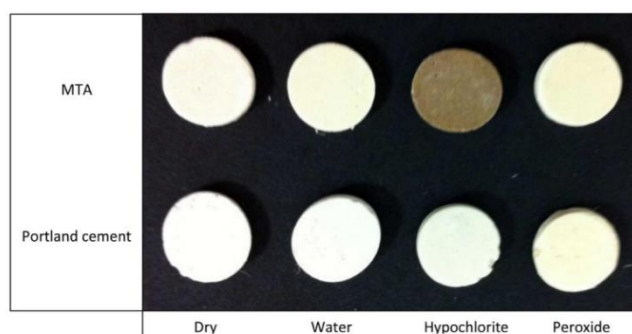
นอกจากนี้การมีบิสมัทออกไซด์เป็นสารที่บ่งชี้ก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนสีบริเวณตัวฟันได้ โดยบิสมัทออกไซด์จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับคอลลาเจนในเนื้อฟันทำให้ฟันเกิดการเปลี่ยนสีขึ้น<sup>(23)</sup> ปกติแล้วบิสมัทออกไซด์สามารถถูกกระตุ้นได้ด้วยแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-500 นาโนเมตรซึ่งเป็นช่วงแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ (visible light) เมื่อมีการกระตุ้นด้วยแสงในช่วงดังกล่าวจะทำให้เกิดสารประกอบบิสมัทกับโลหะ (bismuth metal) ที่มีสีเข้มเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนจะส่งผลให้เกิดสารประกอบบิสมัทกับโลหะได้ง่ายมากยิ่งขึ้น จากการศึกษาของ Vallés และคณะในปี 2013<sup>(5)</sup> ทำการศึกษาผลกระทบของแสงและออกซิเจนต่อการเปลี่ยนสีของวัสดุพบว่าเมื่อวัสดุที่มีส่วนประกอบของบิสมัทออกไซด์สัมผัสกับแสงและอยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนจะส่งผลให้วัสดุมีสีที่เปลี่ยนแปลงไป ดังแสดงในภาพประกอบ 1





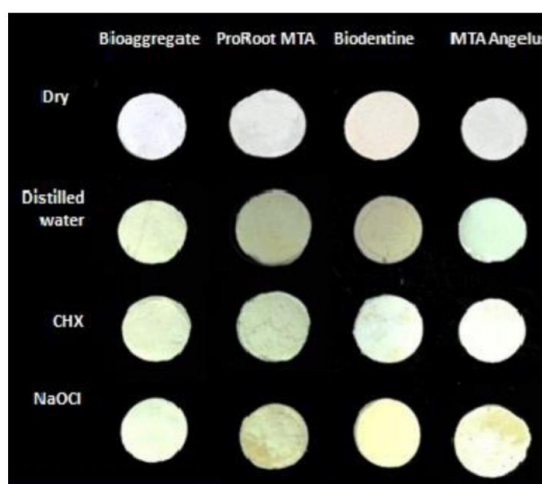
ภาพประกอบ 1 แสดงการเปลี่ยนสีของวัสดุเมื่อสัมผัสกับแสงและอยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนที่ระยะเวลา 120 วินาที และ 5 วัน<sup>(5)</sup>

นอกจากปัจจัยเรื่องแสงและสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนจะส่งผลให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนสีได้แล้วนั้นยังพบว่าน้ำยาล้างคลองรากฟันก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนสีได้ จากการศึกษาของ Camilleri ในปี 2014<sup>(27)</sup> พบว่าเมื่อเอมทิเอสสัมผัสกับโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (sodium hypochlorite) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงวัสดุมีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้น ดังแสดงในภาพประกอบ 2 ดังนั้นการเปลี่ยนสีของวัสดุอาจเกิดขึ้นได้ในการทำงานจริงกรณีที่มีโซเดียมไฮโปคลอไรท์หลงเหลืออยู่ในคลองรากฟัน การเปลี่ยนสีของวัสดุอาจอธิบายได้จากการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (reduction reaction) ระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรท์และบิสเมทออกไซด์ได้ผลิตภัณฑ์เป็นโซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride) ในขณะเดียวกันก็เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ขึ้นซึ่งทำให้บิสเมทออกไซด์อยู่ในสภาวะไม่เสถียรและไปทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) ในอากาศเกิดผลิตภัณฑ์เป็นบิสเมทคาร์บอเนต (bismuth carbonate) ซึ่งมีความไวต่อแสงส่งผลให้วัสดุมีการเปลี่ยนสีได้



ภาพประกอบ 2 แสดงการเปลี่ยนสีของวัสดุเมื่ออยู่ในสภาวะต่างๆ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง<sup>(27)</sup>

จากการศึกษาของ Keskin และคณะในปี 2015<sup>(28)</sup> เมื่อนำโพรพุทไวท์เอ็มทีเอ, เอ็มทีเอ แองเจลัส, ไบโอเดนทิน และไบโอแอคทีเวต สัมผัสกับไฮโดรเจนไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 5, คลอเฮกซีดีน ความเข้มข้นร้อยละ 2 และน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าวัสดุทุกชนิดมีสีที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อสัมผัสกับไฮโดรเจนไฮโปคลอไรต์และคลอเฮกซีดีนเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยพบว่าโพรพุทไวท์เอ็มทีเอมีสีที่เปลี่ยนแปลงไปมากกว่าวัสดุกลุ่มอื่นเมื่อสัมผัสกับไฮโปคลอไรต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงการเปลี่ยนสีของวัสดุเมื่ออยู่ในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง<sup>(28)</sup>

จากการศึกษาที่กล่าวไปข้างต้นทำให้ทราบว่าสารที่บ่งสีในวัสดุที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของวัสดุได้ โดยมีการศึกษาของ Marciano และคณะในปี 2015<sup>(29)</sup> นำสารที่บ่งสีสามชนิดที่ใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิก ได้แก่ บิสมัทออกไซด์ซึ่งเป็นสารที่บ่งสีในเอ็มทีเอ, เซอร์โคเนียมออกไซด์ (zirconium oxide) ซึ่งเป็นสารที่บ่งสีในไบโอเดนทิน และแคลเซียมทังสเตต ซึ่งเป็นสารที่บ่งสีใน MTA Repair HP รวมถึงไวท์เอ็มทีเอแองเจลัสที่ได้รับการปรับปรุงส่วนประกอบใหม่ เมื่อผสมสารทั้งสามชนิดด้วยไฮโดรเจนไฮโปคลอไรต์เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าบิสมัทออกไซด์มีการเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีดำในขณะที่สีของเซอร์โคเนียมออกไซด์และแคลเซียมทังสเตตไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แสดงการเปลี่ยนสีของวัสดุเมื่อผสมกับโซเดียมไฮโปคลอไรต์  
เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง<sup>(29)</sup>

### การเทียบสีฟัน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อสีฟัน<sup>(30, 31)</sup> ประกอบไปด้วยปัจจัยภายนอก (extrinsic factors) เช่น อาหารที่รับประทาน, การสูบบุหรี่ และวัสดุบูรณะบริเวณตัวฟัน เป็นต้น และปัจจัยภายใน (intrinsic factors) เช่น ภาวะการสร้างเคลือบฟันไม่สมบูรณ์ (amelogenesis imperfecta), ภาวะการสร้างเนื้อฟันไม่สมบูรณ์ (dentinogenesis imperfecta) และการมีอายุที่เพิ่มมากขึ้น เป็นต้น เนื่องจากสีของฟันที่ปรากฏให้เห็นเกิดจากการสะท้อนกลับ (reflexed), การดูดกลืนแสง (absorbed), การกระเจิงออก (scattered) หรือการส่องผ่านวัตถุ (transmitted) ของแสง ส่งผลให้แหล่งกำเนิดแสงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเทียบสีฟันโดยมีคำแนะนำให้เลือกสีฟันภายใต้แสงธรรมชาติในวันที่ฟ้าโปร่ง (daylight in a clear northern sky)<sup>(32)</sup> นอกจากนี้ยังพบว่าการเทียบสีฟันภายใต้แสงธรรมชาติมีปัจจัยเรื่องช่วงเวลาในการเทียบสีฟัน ความเข้มของแสงที่แตกต่างกันสามารถส่งผลต่อการเทียบสีฟันได้อีกด้วย ดังนั้นในการทำงานในคลินิกทันตกรรมจึงนิยมใช้แหล่งกำเนิดแสงทดแทนแสงธรรมชาติในการเทียบสีฟัน อีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการเทียบสีฟันคือ การที่ฟันอยู่ในสภาวะแห้ง จากการศึกษาของ Russell และคณะในปี 2000<sup>(33)</sup> พบว่าเมื่อใส่แผ่นยางกันน้ำลายที่บริเวณฟันตัดหน้าบน (upper anterior teeth) เป็นระยะเวลา 15 นาที ส่งผลให้ฟันมีค่าความสว่างที่เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลับสู่ค่าปกติเมื่อถอดแผ่นยางกัน

น้ำลายเป็นระยะเวลา 30 นาที การเลือกสีฟันที่ถูกต้องมืบทบาทสำคัญกับการเลือกวัสดุบูรณะทางทันตกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ที่ต้องการความสวยงามเช่นในบริเวณฟันหน้า การเทียบสีฟันสามารถทำได้ด้วยวิธีดั้งเดิมคือการใช้ชุดเทียบสีฟัน (shade guide) ซึ่งสามารถเกิดความผิดพลาดได้จากการเลือกสีของทันตแพทย์หรือการมีสีบนชุดเทียบสีฟันผิดไปจากสีจริง นอกจากนี้แล้วการเลือกสีฟันด้วยวิธีดั้งเดิมภายใต้แหล่งกำเนิดแสงหนึ่งอาจเกิดปรากฏการณ์เมแทเมอริซึม (metamerism) คือการพบว่าวัตถุสองชิ้นมีสีที่เหมือนกันภายใต้แหล่งกำเนิดแสงเดียวกัน แต่เมื่อเปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสงวัตถุทั้งสองกลับมีสีที่แตกต่างกัน<sup>(34)</sup> ในปี 1931 Commission Internationale de l'Eclairage (CIE ; International Commission on Illumination) ได้พัฒนา CIE L\*a\*b\* color order system ขึ้นซึ่งได้รับความนิยมในการนำมาใช้ในการศึกษาวิจัย

ระบบ L\*a\*b\* ประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ค่า L\* จะแสดงถึงค่าความสว่าง (lightness) หากค่าที่ได้เท่ากับ 0 สีที่ได้จะมีเป็นสีดำ แต่หากค่าที่ได้เท่ากับ 100 สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว, ค่า a\* แสดงถึงระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียว หากค่าที่ได้มีค่าเป็นบวกวัตถุจะมีสีค่อนข้างไปทางแดง แต่หากค่าที่ได้เป็นค่าลบวัตถุจะมีสีค่อนข้างไปทางเขียว และค่า b\* แสดงถึงระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงิน หากค่าที่ได้มีค่าเป็นบวกวัตถุจะมีสีค่อนข้างไปทางเหลือง แต่หากค่าที่ได้มีค่าเป็นลบวัตถุจะมีสีค่อนข้างไปทางน้ำเงิน การวัดค่าความแตกต่างของวัตถุสองชนิดจะแสดงค่าในรูปของเดลต้าอี (Delta E ;  $\Delta E$ ) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3 โดยเมื่อวัตถุทั้งสองอยู่ในสภาวะแวดล้อมเดียวกันและมีค่าเดลต้าอีที่มากกว่าหรือเท่ากับ 3.7 จะสามารถมองเห็นความแตกต่างของสีได้ด้วยตาเปล่า<sup>(35)</sup>

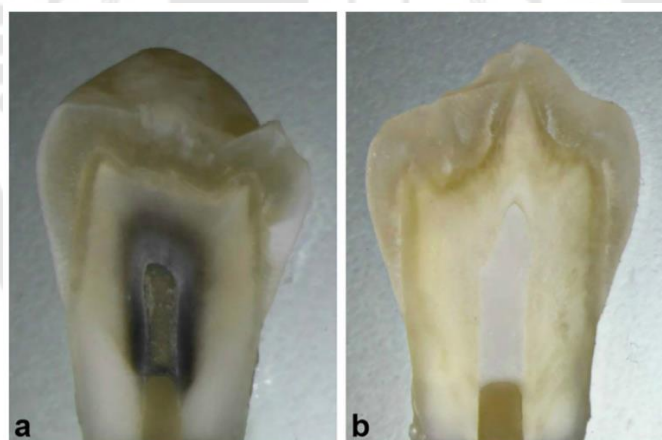
$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

สมการที่ 3 แสดงการคำนวณค่าเดลต้าอี

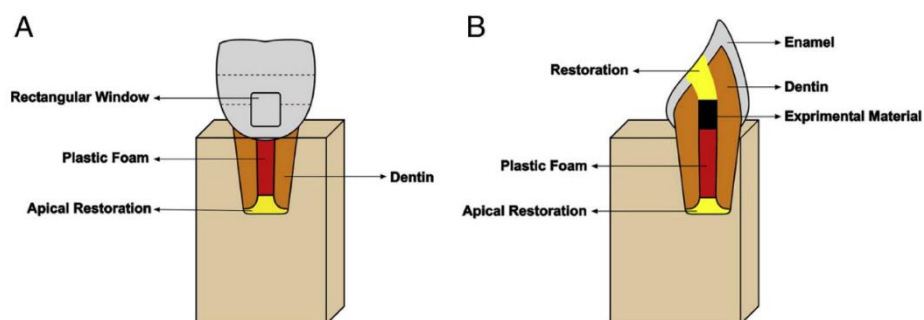
ในปัจจุบันมีการนำเครื่องวัดความเข้มของแสง (spectrophotometer) และเครื่องวัดสี (colorimeter) หลากหลายชนิดมาใช้ในการเทียบสีฟัน ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิมด้วยการใช้ชุดเทียบสีฟันพบว่าการใช้เครื่องวัดความเข้มของแสงในการเทียบสีฟันมีความเที่ยงตรง (accuracy) มากกว่าการใช้ชุดเทียบสีฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<sup>(36)</sup> โดยจากการศึกษาของ Kim-Pusateri และคณะในปี 2009<sup>(34)</sup> เมื่อนำเครื่องวัดความเข้มของแสงและเครื่องวัดสี 4 ชนิดมาศึกษาบนชุดเทียบสีฟัน ได้แก่ SpectroShade, ShadeVision, VITA Easyshade และ ShadeScan พบว่า มีความเชื่อมั่น (reliability) ของ ShadeVision ร้อยละ 99, SpectroShade ร้อยละ 96.9, VITA Easyshade ร้อยละ 96.4 และ ShadeScan ร้อยละ 87.4 และพบว่ามีค่าความเที่ยงตรงของ VITA Easyshade ร้อยละ 92.6, ShadeVision ร้อยละ 84.8, SpectroShade ร้อย

ละ 80.2 และ ShadeScan ร้อยละ 66.8 ซึ่ง VITA Easysshade จะมีค่าความเที่ยงตรงสูงกว่าเครื่องมือชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ VITA Easysshade จะเป็นเครื่องมือที่มีความเที่ยงตรงสูงแล้ว จากการศึกษาของ Posavec และคณะในปี 2016<sup>(37)</sup> ยังพบว่าช่วงเวลาที่แตกต่างกันในการเทียบสีฟันและแหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างกันไม่ส่งผลกระทบต่อ การเทียบสีฟันในระบบ L\*a\*b\* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการเปลี่ยนสีของฟันจากวัสดุในกลุ่มไบโอเซรามิกมักออกแบบการศึกษาโดยการเตรียมฟันและทำการอุดวัสดุที่ต้องการศึกษาในส่วนของโพรงประสาทฟันในตัวฟัน (pulp chamber) หรืออุดวัสดุที่ต้องการศึกษาบริเวณรากฟัน ผ่านทางปลายรากฟันที่มีการตัดออก<sup>(35, 38, 39)</sup> ดังแสดงในภาพประกอบ 5 ซึ่งไม่ได้เป็นการจำลองการใช้งานจริงในทางคลินิก โดยในปี 2016 มีการศึกษาของ Shokouhinejad และคณะ<sup>(40)</sup> ได้มีการออกแบบการศึกษาโดยการเตรียมฟันโดยการเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันและเตรียมคลองรากฟันจากบริเวณตัวฟัน (coronal part) และพยายามจำลองการใช้งานวัสดุให้ใกล้เคียงกับการใช้งานในคลินิกดังแสดงในภาพประกอบ 6 ในการศึกษาครั้งนี้จึงประยุกต์การเตรียมฟันเพื่อทำการศึกษาจากการศึกษา



ภาพประกอบ 5 แสดงการออกแบบการศึกษาโดยการอุดวัสดุที่ต้องการศึกษาในโพรงประสาทฟันในตัวฟันผ่านทางปลายรากฟัน<sup>(38)</sup>



ภาพประกอบ 6 แสดงการออกแบบการศึกษาโดยการจำลองการใช้งานจริงในคลินิก<sup>(40)</sup>





### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินการวิจัย

##### วัสดุและอุปกรณ์

##### 1. วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่

- 1.1 สารละลายไทมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1
- 1.2 สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5
- 1.3 อีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 (ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA)
- 1.4 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาลิน (phosphate buffer saline)
- 1.5 เอ็มทีเอแองเจิลัส (MTA Angelus™, Angelus Soluções Odontológicas, Londrina PR, Brazil)
- 1.6 ไบโอดেন্টิน (Biodentine™, Septodont, Saint-Maur-des-fossés Cedex, France)
- 1.7 เรโทรเอ็มทีเอ (RetroMTA®, BioMTA, Seoul, Korea)

##### 2. อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่

- 2.1 เครื่องขูดหินน้ำลายไฟฟ้า (ultrasonic scaler)
- 2.2 หัวกรอเกทส์กลิดเดน (gates Glidden drill)
- 2.3 เข็มล้างคลองรากฟันเกจ 27
- 2.4 แท่งกระดาษซับ (sterile paper point)
- 2.5 หัวกรอเร็วเคลือบปากเพชรรูปเข็ม (needle-shaped diamond bur)
- 2.6 Spectrophotometer (VITA Easshade, VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany)
- 2.7 กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรม (Dental Operating Microscope) (OPMI pico; Carl Zeiss, Göttingen, Germany)

##### การเลือกฟัน

หลังจากได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (SWUEC/E-398/2563) จึงนำฟันที่ถูกถอนจากผู้ป่วยแล้วทั้งกองเก็บรวบรวมไว้ในคลังของโรงพยาบาลทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ก่อนที่ผู้วิจัยจะเริ่มทำการวิจัยและนำฟันมา



คัดเลือก ดังนั้น ฟันเหล่านั้นจะไม่สามารถระบุตัวตน, เพศ, อายุของบุคคลที่เป็นเจ้าของฟัน และไม่สามารถระบุสาเหตุของการถอนฟันขึ้นๆ ได้ จึงไม่มีการคัดเลือกอาสาสมัครและไม่สามารถระบุ inclusion criteria ของผู้ป่วยที่เป็นเจ้าของฟันได้ ระบุได้เพียง inclusion criteria ในการเลือกซี่ฟันจากฟันที่มีอยู่ในคลังเท่านั้น ซึ่งจะเลือกใช้ฟันกรามน้อยล่างรากเดียวของมนุษย์ที่ไม่มีรอยแตกหรือรอยร้าว, ไม่มีวัสดุบูรณะบริเวณตัวฟัน, ไม่มีภาวะการสร้างเคลือบฟันไม่สมบูรณ์, ไม่มีภาวะการสร้างเนื้อฟันไม่สมบูรณ์, ไม่มีฟันตกกระ (dental fluorosis), ไม่มีการสึกเหตุขัดถู (abrasion) และไม่มีแอ็บแฟรคชัน (abfraction) บริเวณคอฟัน ซึ่งจะคัดเลือกฟันกรามน้อยล่างรากเดียวของมนุษย์ที่ผ่านการรักษาคคลองรากฟันมาแล้ว และฟันกรามน้อยล่างรากเดียวที่มีหลายคลองรากฟันออกจากการศึกษา ซึ่งจากการคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม G\*Power พบว่าต้องใช้ฟันทั้งหมดจำนวน 15 ซี่ ในการศึกษาจึงตัดสินใจใช้ฟันจำนวน 18 ซี่ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซี่ และกลุ่มควบคุม 3 ซี่

### การเตรียมฟัน

การเตรียมฟันในการศึกษานี้ประยุกต์จากการศึกษาของ Shokouhinejad และคณะ<sup>(40)</sup> ร่วมกับการศึกษาของ Kohli และคณะ<sup>(39)</sup> นำฟันแช่ในสารละลายไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำความสะอาดเนื้อเยื่ออ่อนและคราบสี (stain) ด้วยเครื่องขูดหินน้ำลายไฟฟ้า (ultrasonic scaler) และขัดฟันด้วยผงพิวมิส (pumice) รวมกับน้ำ จากนั้นตัดส่วนปลายรากฟันในทิศทางตั้งฉากกับแกนฟันโดยใช้หัวกรอเคลือบปากเพชรทรงกระบอก (cylindrical shape diamond bur) รวมกับน้ำ (water spray) จนเหลือความยาวของรากฟัน 5 มิลลิเมตรจากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction) ทางด้านแก้ม (buccal surface) ของฟัน เปิดทางเข้าสู่คลองรากฟัน ทำความสะอาดและขยายคลองรากฟันด้วยการใช้หัวกรอเกทส์กลิดเดน (gates Glidden drill) ตั้งแต่เบอร์ 1 ถึงเบอร์ 6 ตามลำดับ ล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ตามด้วยอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร จากนั้นจึงล้างคลองรากฟันด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร ซับคลองรากฟันให้แห้งด้วยแท่งกระดาษซับ (sterile paper point) อุดบริเวณปลายรากฟันด้วยคิววิต (Cavit<sup>®</sup>) โดยใส่วัสดุทางทางเปิดเข้าสู่คลองรากฟันและร่องทางบริเวณด้านปลายรากฟันด้วย glass slab ขณะอุด เก็บฟันไว้ในกล่องพลาสติกใสเพื่อให้ฟันสัมผัสกับแสงธรรมชาติและมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิห้อง ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา



ก.

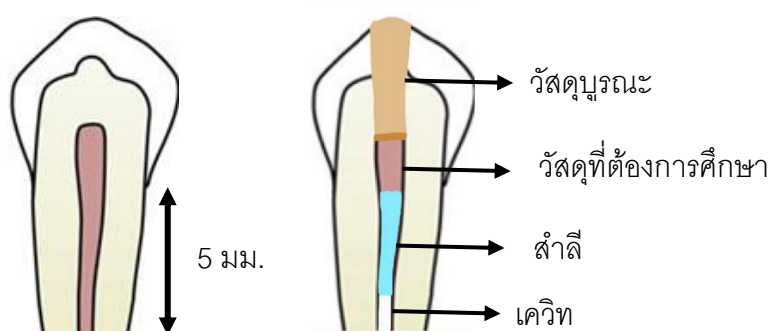


ข.

ภาพประกอบ 7 ก. ฟันที่ได้จากการตัดส่วนปลายรากฟันในทิศทางตั้งฉากกับแกนฟันจนเหลือความยาวของรากฟัน 5 มิลลิเมตรจากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน ข. คลองรากฟันหลังจากได้รับการขยายด้วยการใช้หัวกรอเกทส์กลัดเดน

#### การเตรียมการทดสอบ

แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซี่ โดยการสุ่ม ขุดสำลีในคลองรากฟันจนถึงระดับรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน ใส่สารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ชาไลน์ในคลองรากฟัน ปริมาณ 0.1 มิลลิลิตรเพื่อจำลองสารละลายของเหลวร่างกาย ขับสารละลายส่วนเกินด้วยแท่งกระดาษซับ จากนั้นจึงผสมเอนท์เอแองเจิลส์, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอนท์เอตามคำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิต ขุดวัสดุให้มีความหนา 3 มิลลิเมตร โดยนำวัสดุใส่ในคลองรากฟันและกดวัสดุให้แนบกับผนังคลองรากฟันด้วยเอ็นโดอนติกพลักเกอร์ (endodontic plugger) ร่วมกับแท่งกระดาษซับ วัดความหนาของวัสดุด้วยเครื่องมือตรวจปริทันต์ (periodontal probe) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของวัสดุด้วยภาพถ่ายรังสี และปิดทับวัสดุด้วยสำลีชุบน้ำหมาดเพื่อให้วัสดุก่อตัวสมบูรณ์ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 นาทีจึงบูรณะทางเปิดสู่คลองรากฟันด้วยวิทรีบอนด์ (Vitrebond™; 3M ESPE Dental Products Division, St. Paul, MN, USA) และเรซินคอมโพสิต Filtek Z350 สี A 3 ดังแสดงในภาพประกอบ 8 โดยในกลุ่มควบคุมหลังจากขุดสำลีในคลองรากฟันและใส่สารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ชาไลน์แล้วจึงบูรณะทางเปิดสู่คลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิต



ภาพประกอบ 8 แสดงแบบจำลองซี่ฟันที่ใช้ในการศึกษา

### การประเมินสีบริเวณคอฟัน

กำหนดจุดที่ใช้ในการวัดสีฟันโดยใช้หัวกรอเร็วเคลือบกากเพชรรูปเข็ม (needle-shaped diamond bur) ร่วมกับน้ำในการกรอบริเวณด้านใกล้แก้มขนาด 4 x 4 ตารางมิลลิเมตร โดยให้ความสูง 2 มิลลิเมตรอยู่บริเวณกลางฟัน (middle thirds) และอีก 2 มิลลิเมตรอยู่บริเวณคอฟัน (cervical thirds) ประเมินสีบริเวณคอฟันด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยให้บริเวณพื้นหลังเป็นสีดำเพื่อจำลองสภาวะในช่องปาก ขณะประเมินสีฟันจะจับฟันบริเวณรากฟันด้วยผ้าก๊อชชุบน้ำหมาด โดยฟัน 1 ซี่จะทำการประเมินสี 5 ครั้งและนำมาคิดค่าเฉลี่ย และกำหนดให้ใช้ระยะเวลาในการประเมินสีฟันในแต่ละช่วงเวลาไม่เกิน 10 นาที โดยเลือกใช้วิธีการวัดสีฟันธรรมชาติ 1 จุดในการศึกษานี้ และทำการสอบเทียบ (calibrate) เพื่อปรับสมดุลแสงขาว (white balance) เครื่องมือทุกครั้งที่ทำกรวัดสีฟัน



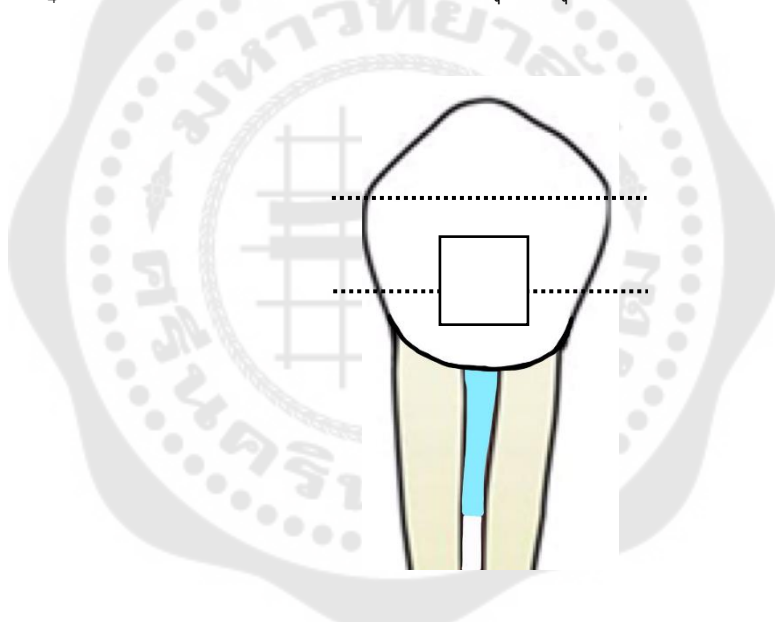
ภาพประกอบ 9 แสดงเครื่อง VITA Easyshade spectrophotometer

วิเคราะห์สีที่เปลี่ยนแปลงไปโดยใช้ CIE L\*a\*b\* color order system สีที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

โดยค่าเฉลี่ยที่มากกว่าหรือเท่ากับ 3.7 จึงจะสามารถมองเห็นความแตกต่างของสีได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งทำการวัดที่ 5 ระยะเวลา ดังนี้

- วัดสีบริเวณคอฟันก่อนอุดวัสดุ
- $\Delta E_1$  คือ ทำการวัดสีบริเวณคอฟันหลังจากอุดวัสดุ 2 สัปดาห์
- $\Delta E_2$  คือ ทำการวัดสีบริเวณคอฟันหลังจากอุดวัสดุ 4 สัปดาห์
- $\Delta E_3$  คือ ทำการวัดสีบริเวณคอฟันหลังจากอุดวัสดุ 8 สัปดาห์
- $\Delta E_4$  คือ ทำการวัดสีบริเวณคอฟันหลังจากอุดวัสดุ 20 สัปดาห์



ภาพประกอบ 10 แสดงตำแหน่งในการเทียบสีฟัน

### การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรม

เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการศึกษาที่ 20 สัปดาห์ นำฟันทุกซี่ที่ใช้ในการศึกษามาตัดตามทางยาว (longitudinally) ในทิศทางใกล้กลาง-ไกลกลาง (medio-distal direction) ด้วยหัวกรอคาร์ไบรด์ดิสก์ (carborundum disc) จากนั้นจึงนำชิ้นฟันไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรมเพื่อศึกษาการเปลี่ยนสีของเนื้อฟันบริเวณที่สัมผัสกับวัสดุที่ศึกษา

### การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ทางสถิติในงานวิจัยนี้อาศัยโปรแกรม SPSS โดยทำการทดสอบการกระจายของข้อมูลความแปรปรวนของข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test หากข้อมูลมีการกระจายตัวปกติจะทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของสิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา และความแตกต่างของสิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวัสดุด้วยสถิติทดสอบทูเวย์ อโนวา (two-way ANOVA) และวิเคราะห์หากกลุ่มที่มีความแตกต่างกันด้วย Scheffe test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หากมีการกระจายของข้อมูลที่ไม่ปกติจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบครัสคาล-วอลลิส (Kruskal-Wallis test) และวิเคราะห์หากกลุ่มที่มีความแตกต่างกันด้วย Scheffe test นอกจากนี้วิเคราะห์การเปลี่ยนสีของเนื้อพื้นบริเวณที่สัมผัสกับวัสดุโดยการพรรณนา



## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

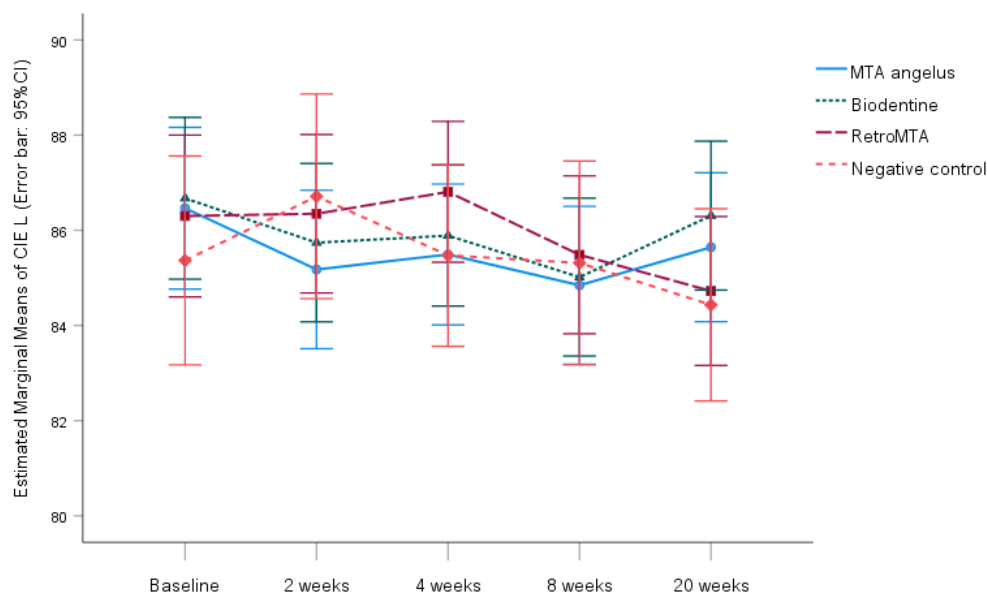
#### การประเมินสีบริเวณคอฟัน

ตาราง 1 ตารางบันทึกค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าความสว่างของฟัน (CIE L\*) ของทุกกลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา

| กลุ่มการศึกษา        | mean CIE L* parameter ( $\pm$ SD) |                        |                        |                        |                        |
|----------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                      | Baseline                          | 2 weeks                | 4 weeks                | 8 weeks                | 20 weeks               |
|                      | (L <sub>0</sub> )                 | (L <sub>1</sub> )      | (L <sub>2</sub> )      | (L <sub>3</sub> )      | (L <sub>4</sub> )      |
| MTA angelus (5)      | 86.46<br>( $\pm$ 1.59)            | 85.18<br>( $\pm$ 1.56) | 85.49<br>( $\pm$ 1.52) | 84.84<br>( $\pm$ 1.55) | 85.64<br>( $\pm$ 1.57) |
| Biodentine (5)       | 86.67<br>( $\pm$ 1.68)            | 85.74<br>( $\pm$ 1.39) | 85.89<br>( $\pm$ 1.96) | 85.02<br>( $\pm$ 2.12) | 86.31<br>( $\pm$ 2.05) |
| RetroMTA (5)         | 86.30<br>( $\pm$ 2.21)            | 86.35<br>( $\pm$ 2.37) | 86.81<br>( $\pm$ 1.39) | 85.48<br>( $\pm$ 1.84) | 84.72<br>( $\pm$ 1.62) |
| Negative control (3) | 85.37<br>( $\pm$ 1.24)            | 86.71<br>( $\pm$ 1.02) | 85.47<br>( $\pm$ 0.76) | 85.31<br>( $\pm$ 0.63) | 84.43<br>( $\pm$ 0.15) |

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสว่างของฟัน ก่อนอุดวัสดุและภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอแองเจลัส, ไบโอดนทีน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ (ตารางที่ 1) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา ( $P>0.05$ )





ภาพประกอบ 11 แผนภูมิเส้นแสดงค่าเฉลี่ยความสว่างของฟันพร้อมกับช่วงความเชื่อมั่น (confidence Interval) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ก่อนอุดวัสดุและภายหลังการอุดวัสดุ เอ็มทีเอแองเจลัส, ไบโอดেন্টิน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์

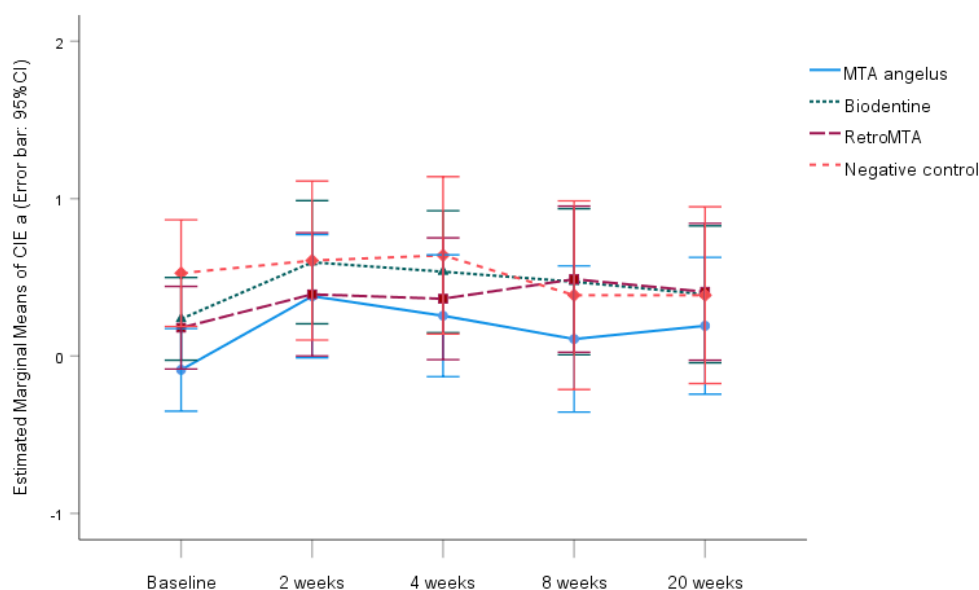
จากภาพประกอบ 11 แสดงให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความสว่างของฟันเมื่ออุดด้วยเอ็มทีเอแองเจลัสและไบโอดेंटินไปในทิศทางเดียวกัน คือเมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์พบว่าฟันมีความสว่างลดลง และมีความสว่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์ เมื่อทำการศึกษาต่อไปพบว่าที่สัปดาห์ที่ 8 ฟันมีความสว่างลดลงแต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 สัปดาห์พบว่าฟันกลับมีความสว่างเพิ่มขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกับความสว่างของฟันก่อนอุดวัสดุ ในขณะที่กลุ่มที่อุดด้วยเรโทรเอ็มทีเอและกลุ่มควบคุมมีภาพรวมการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกัน โดยพบว่ากลุ่มควบคุมมีความสว่างเพิ่มขึ้นในช่วง 2 สัปดาห์แรกและค่อยๆ ลดลง ส่วนเรโทรเอ็มทีเอมีความสว่างค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าความสว่างมากที่สุดที่ 4 สัปดาห์และค่อยๆ ลดลง โดยในทุกกลุ่มการศึกษาพบว่ามีความสว่างของฟันลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 สัปดาห์เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการศึกษา



ตาราง 2 ตารางบันทึกค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียว (CIE a\*) ของทุกกลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา

| กลุ่มการศึกษา        | mean CIE a* parameter ( $\pm$ SD) |                       |                       |                       |                       |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                      | Baseline                          | 2 weeks               | 4 weeks               | 8 weeks               | 20 weeks              |
|                      | (a <sub>0</sub> )                 | (a <sub>1</sub> )     | (a <sub>2</sub> )     | (a <sub>3</sub> )     | (a <sub>4</sub> )     |
| MTA angelus (5)      | -0.09<br>( $\pm$ 0.27)            | 0.38<br>( $\pm$ 0.51) | 0.26<br>( $\pm$ 0.39) | 0.11<br>( $\pm$ 0.40) | 0.19<br>( $\pm$ 0.46) |
| Biodentine (5)       | 0.24<br>( $\pm$ 0.33)             | 0.60<br>( $\pm$ 0.43) | 0.54<br>( $\pm$ 0.52) | 0.47<br>( $\pm$ 0.62) | 0.39<br>( $\pm$ 0.41) |
| RetroMTA (5)         | 0.18<br>( $\pm$ 0.15)             | 0.39<br>( $\pm$ 0.23) | 0.36<br>( $\pm$ 0.27) | 0.49<br>( $\pm$ 0.46) | 0.41<br>( $\pm$ 0.48) |
| Negative control (3) | 0.53<br>( $\pm$ 0.35)             | 0.61<br>( $\pm$ 0.39) | 0.64<br>( $\pm$ 0.39) | 0.39<br>( $\pm$ 0.34) | 0.39<br>( $\pm$ 0.47) |

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวของฟันก่อนอุดวัสดุและภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอแองเจิลลัส, ไบโอดেন্টิน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ (ตารางที่ 2) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา ( $P>0.05$ )



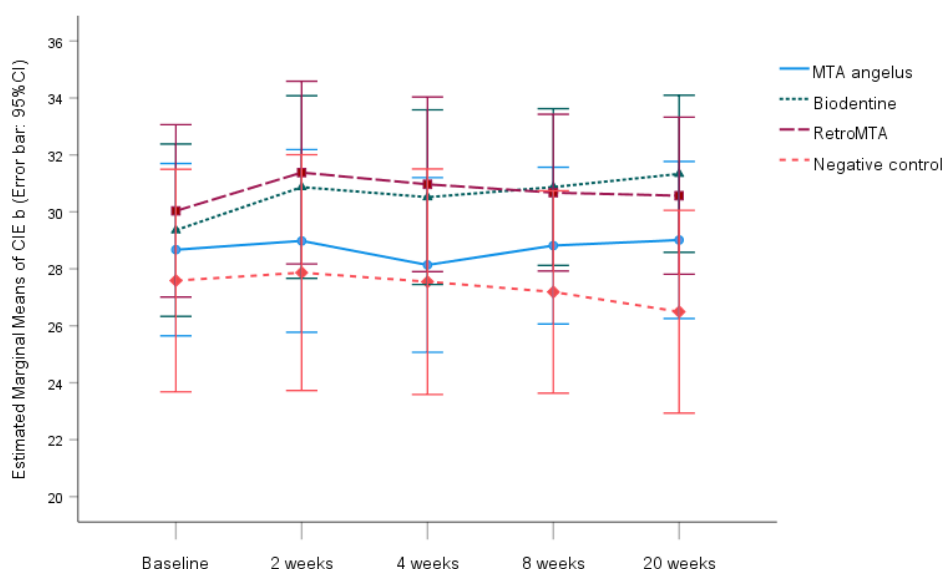
ภาพประกอบ 12 แผนภูมิเส้นแสดงค่าเฉลี่ยระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวของฟันพร้อมกับช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ก่อนอุดวัสดุและภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอ แองเจลัส, ไบโอเดนทีน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์

จากภาพประกอบ 12 แสดงให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวของฟันเมื่ออุดด้วยวัสดุเอ็มทีเอแองเจลัสพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นที่ 2 สัปดาห์แรกจากนั้นจึงค่อยๆ ลดลงแต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 สัปดาห์กลับพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น ในกลุ่มที่อุดด้วยไบโอเดนทีนพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นที่ 2 สัปดาห์แรกจากนั้นจึงค่อยๆ ลดลง และในกลุ่มที่อุดด้วยเรโทรเอ็มทีเอพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นที่ 2 สัปดาห์แรก และลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์ จากนั้นพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งที่ระยะเวลา 8 สัปดาห์และมีค่าลดลงที่ระยะเวลา 20 สัปดาห์ โดยเมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 สัปดาห์พบว่ากลุ่มที่ได้รับการอุดด้วยวัสดุทั้งสามมีระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าระดับสีก่อนอุด แสดงว่าฟันมีแนวโน้มเปลี่ยนเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นมากขึ้นในทุกกลุ่มการศึกษา ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีค่าระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์ จากนั้นเมื่อผ่านไป 8 สัปดาห์พบว่ามีค่าลดลงและมีค่าคงที่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 สัปดาห์ โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 สัปดาห์มีค่าระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวที่น้อยกว่าก่อนการศึกษาซึ่งแสดงว่าฟันมีแนวโน้มเปลี่ยนเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น

ตาราง 3 ตารางบันทึกค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงิน (CIE b\*) ของทุกกลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา

| กลุ่มการศึกษา        | mean CIE b* parameter ( $\pm$ SD) |                        |                        |                        |                        |
|----------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                      | Baseline                          | 2 weeks                | 4 weeks                | 8 weeks                | 20 weeks               |
|                      | (b <sub>0</sub> )                 | (b <sub>1</sub> )      | (b <sub>2</sub> )      | (b <sub>3</sub> )      | (b <sub>4</sub> )      |
| MTA angelus (5)      | 28.67<br>( $\pm$ 4.35)            | 28.98<br>( $\pm$ 4.25) | 28.14<br>( $\pm$ 4.12) | 28.82<br>( $\pm$ 4.14) | 29.01<br>( $\pm$ 3.88) |
| Biodentine (5)       | 29.36<br>( $\pm$ 2.54)            | 30.87<br>( $\pm$ 3.76) | 30.52<br>( $\pm$ 3.95) | 30.87<br>( $\pm$ 2.91) | 31.34<br>( $\pm$ 1.98) |
| RetroMTA (5)         | 30.04<br>( $\pm$ 3.03)            | 31.38<br>( $\pm$ 2.60) | 30.97<br>( $\pm$ 1.78) | 30.68<br>( $\pm$ 1.78) | 30.57<br>( $\pm$ 3.15) |
| Negative control (3) | 27.59<br>( $\pm$ 0.74)            | 27.87<br>( $\pm$ 0.55) | 27.55<br>( $\pm$ 0.36) | 27.19<br>( $\pm$ 0.29) | 26.49<br>( $\pm$ 0.29) |

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินของฟันก่อนอุดวัสดุและภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอแองเจิลลัส, ไบโอดেন্টิน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ (ตารางที่ 3) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา ( $P>0.05$ )



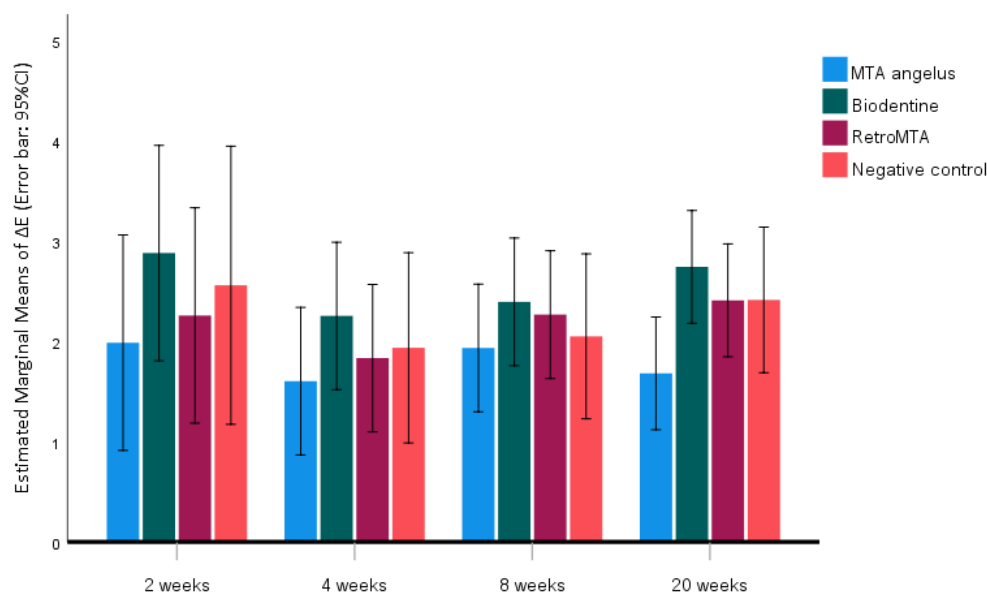
ภาพประกอบ 13 แผนภูมิเส้นแสดงค่าเฉลี่ยระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินของฟันพร้อมกับช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ก่อนอุดวัสดุและภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอ แองเจลลัส, ไบโอเดนทีน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์

จากภาพประกอบ 13 แสดงให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินของฟันเมื่ออุดด้วยเอ็มทีเอแองเจลลัสและไบโอเดนทีนไปในทิศทางเดียวกัน โดยเมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์พบว่ามีความเพิ่มขึ้น และมีความลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์ จากนั้นพบว่ามีความค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไปเป็นเวลา 20 สัปดาห์ ในขณะที่กลุ่มที่อุดด้วยเรโทรเอ็มทีเอและกลุ่มควบคุมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันโดยพบว่าฟันมีการเปลี่ยนแปลงระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินเพิ่มขึ้นหลังอุดวัสดุ 2 สัปดาห์และค่อยๆ ลดลงจนที่ระยะเวลา 20 สัปดาห์ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 สัปดาห์พบว่าทั้งกลุ่มที่ได้รับการอุดด้วยเอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทีเอมีระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าระดับสีก่อนอุดวัสดุซึ่งแสดงว่าฟันมีแนวโน้มเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะในกลุ่มที่ได้รับการอุดด้วยไบโอเดนทีนพบว่ามีความเพิ่มขึ้นมากที่สุด ในขณะที่กลุ่มควบคุมพบว่ามีความระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 สัปดาห์เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนอุดวัสดุซึ่งแสดงว่าฟันมีแนวโน้มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น

ตาราง 4 ตารางบันทึกค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสีที่เปลี่ยนแปลงไป ( $\Delta E$ ) ของทุกกลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา

| กลุ่มการศึกษา        | mean $\Delta E$ parameter ( $\pm$ SD) |                    |                    |                    |
|----------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                      | 2 weeks                               | 4 weeks            | 8 weeks            | 20 weeks           |
|                      | ( $\Delta E_1$ )                      | ( $\Delta E_2$ )   | ( $\Delta E_3$ )   | ( $\Delta E_4$ )   |
| MTA angelus (5)      | 1.99 ( $\pm$ 0.79)                    | 1.60 ( $\pm$ 0.81) | 1.93 ( $\pm$ 0.58) | 1.68 ( $\pm$ 0.45) |
| Biodentine (5)       | 2.88 ( $\pm$ 1.64)                    | 2.25 ( $\pm$ 0.78) | 2.39 ( $\pm$ 0.67) | 2.74 ( $\pm$ 0.83) |
| RetroMTA (5)         | 2.26 ( $\pm$ 0.67)                    | 1.83 ( $\pm$ 0.82) | 2.27 ( $\pm$ 0.30) | 2.41 ( $\pm$ 0.21) |
| Negative control (3) | 2.56 ( $\pm$ 1.13)                    | 1.94 ( $\pm$ 0.50) | 2.05 ( $\pm$ 1.16) | 2.41 ( $\pm$ 0.72) |

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสีพื้นที่เปลี่ยนแปลงไปที่ระยะเวลาต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนอุดวัสดุที่ได้จากการคำนวณภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอดেন্টิน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ (ตารางที่ 4) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา ( $P > 0.05$ )



ภาพประกอบ 14 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปพร้อมกับช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอดেন্টิน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์

จากภาพประกอบ 14 แสดงให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไป ภายหลังการอุดวัสดุไบโอดেন্টิน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยพบว่าที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์จะมีการเปลี่ยนแปลงของสีฟันลดลงเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 2 จากนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงของสีฟันค่อยๆ เพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 สัปดาห์ ในขณะที่เอ็มทีเอแองเจลลัสพบว่าที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์จะมีการเปลี่ยนแปลงของสีฟันลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์ที่ 2 และมีค่าความเปลี่ยนแปลงของสีฟันเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 8 เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์ที่ 4 จากนั้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 สัปดาห์ก็กลับมามีการเปลี่ยนแปลงของสีฟันที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์ที่ 8

# การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรม



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพประกอบ 15 ก.ฟันที่ได้รับการอุดด้วยเอนามัลที่เอนเจลลัสเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อฟันที่สัมผัสกับวัสดุ เอนามัลที่เอนเจลลัสมีการก่อตัวสมบูรณ์และมีสีขาว เช่นเดียวกับหลังผสม ข.ฟันที่ได้รับการอุดด้วยไบโอเดนตินเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อฟันที่สัมผัสกับวัสดุ ไบโอเดนตินมีการก่อตัวสมบูรณ์และพบว่าวัสดุมีสีที่เข้มขึ้นหลังจากผสม ค.ฟันที่ได้รับการอุดด้วยเรโพรเอนท์เป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อฟันที่สัมผัสกับวัสดุ เรโพรเอนท์มีการก่อตัวสมบูรณ์และพบว่าวัสดุมีสีขาว เช่นเดียวกับหลังผสม ง.กลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีฟันเกิดขึ้น



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

เอ็มทีเอแองเจิลลัส, ไบโอดีเนทีน และเรโทรเอ็มทีเอส่งผลให้มีการเปลี่ยนสีบริเวณคอปันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลา 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์ และนอกจากนี้พบว่าเอ็มทีเอแองเจิลลัส, ไบโอดีเนทีน และเรโทรเอ็มทีเอไม่ทำให้เนื้อพืชรากบริเวณที่สัมผัสกับวัสดุเปลี่ยนสี

#### อภิปรายผล

ในปัจจุบันรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการรักษาฟันตายปลายรากเปิด หนึ่งในปัญหาหลักที่เกิดขึ้นจากการทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์คือการเปลี่ยนสีบริเวณตัวฟันจากวัสดุไบโอเซรามิกที่ใช้ในกระบวนการรักษาซึ่งมีปัจจัยหลักมาจากสารที่ส่งผลให้วัสดุมีสมบัติที่บร้งสี ในระยะแรกการนำโพรฟุเอ็มทีเอมาใช้ในการรักษาพบว่าส่งผลให้ฟันมีการเปลี่ยนสีขึ้นเนื่องจากบิสฟีนอลเอซึ่งเป็นสารที่บร้งสีในโพรฟุเอ็มทีเออยู่ในภาวะไม่เสถียร ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับคาร์บอนไดออกไซด์และเกิดผลิตภัณฑ์เป็นบิสฟีนอลเอคาร์บอนเนตหรือแม้แต่การเกิดปฏิกิริยากับกรดอะมิโนบนคอลลาเจนในท่อเนื้อฟันก็สามารถส่งผลให้ฟันมีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้นได้<sup>(27, 41)</sup> วัสดุในกลุ่มไบโอเซรามิกที่พัฒนาขึ้นในช่วงหลังจึงมีการปรับปรุงคุณสมบัติเพื่อลดข้อด้อยดังกล่าวโดยใช้สารที่บร้งสีที่มีความเสถียรมากขึ้น เช่น เซอร์โคเนียออกไซด์, แคลเซียมซัลเฟต รวมถึงปัญหาในเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการก่อตัวของวัสดุไบโอเซรามิกที่ใช้ในการรักษาส่งผลให้ผู้ป่วยต้องกลับมาบูรณะถาวรในภายหลัง ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีความสนใจที่จะนำเอ็มทีเอแองเจิลลัส, ไบโอดีเนทีน และเรโทรเอ็มทีเอ ซึ่งเป็นวัสดุไบโอเซรามิกที่มีการเปลี่ยนสีที่บร้งสีและมีระยะเวลาการก่อตัวน้อยกว่า 20 นาทีที่มีขายในประเทศไทยมาทดสอบผลกระทบของวัสดุต่อการเปลี่ยนสีบริเวณคอปัน โดยในการศึกษานี้ไม่ได้นำโพรฟุเอ็มทีเอมาใช้เป็นกลุ่มควบคุมแบบบวก (positive control) เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลาในการก่อตัวของโพรฟุเอ็มทีเอ และไม่ได้นำเกรย์เอ็มทีเอแองเจิลลัสที่มีบิสฟีนอลเอเป็นสารที่บร้งสีมาใช้เป็นกลุ่มควบคุมแบบบวกเนื่องจากในปัจจุบันไม่ได้นำเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทย

จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการอุดด้วยไบโอดีเนทีนบริเวณคอปันเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Shokouhinejad และคณะ<sup>(40)</sup> พบว่าเมื่ออุดไบโอดีเนทีนไปเป็นระยะเวลา 4 และ 24 สัปดาห์ ฟันมีค่าเฉลี่ยสีที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ และการศึกษาของ Vallés และคณะ<sup>(42)</sup> พบว่าเมื่ออุ้ดไอบีโอเดนทีนไปเป็นระยะเวลา 1, 2, 4, 12 และ 24 สัปดาห์ พ้นมีค่าเฉลี่ยสีที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยของสีพ้นที่เปลี่ยนแปลงไปค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป เช่นเดียวกันกับผลจากการศึกษานี้ ชัดแย้งกับการศึกษาของ Kohli และคณะ<sup>(39)</sup> พบว่ามีพ้น 1 ซึ่งในกลุ่มที่อุ้ดด้วยไอบีโอเดนทีนมีค่าเฉลี่ยของสีพ้นที่เปลี่ยนแปลงไปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่ออุ้ดด้วยไอบีโอเดนทีนไปเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ และการศึกษาของ Bhavya และคณะ<sup>(43)</sup> พบว่าไอบีโอเดนทีนมีค่าเฉลี่ยของสีพ้นที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่ออุ้ดด้วยไอบีโอเดนทีนไปเป็นระยะเวลา 2, 4 และ 6 สัปดาห์ ถึงแม้ว่าผลจากการศึกษาทั้งสองจะพบว่าไอบีโอเดนทีนส่งผลให้พ้นมีค่าเฉลี่ยของสีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่กลับพบว่าค่าเดลต้าอียูในช่วง 1.42-3.26 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงยังกล่าวได้ว่าจากการศึกษาที่ผ่านมารวมถึงในการศึกษานี้ไอบีโอเดนทีนไม่ส่งผลให้พ้นเกิดการเปลี่ยนสีขึ้น ผลการศึกษานี้ค่า CIE L\*a\*b\* ของไอบีโอเดนทีนที่ระยะเวลา 20 สัปดาห์เปรียบเทียบกับก่อนอุ้ดด้วยไอบีโอเดนทีนพบว่ามีค่าความสว่างลดลงเล็กน้อย (ก่อนอุ้ดด้วยไอบีโอเดนทีน 86.67 และระยะเวลา 20 สัปดาห์ 86.31) ค่าระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยซึ่งแสดงว่าพ้นมีแนวโน้มเป็นสีเขียวมากขึ้น (ก่อนอุ้ดด้วยไอบีโอเดนทีน 0.24 และระยะเวลา 20 สัปดาห์ 0.39) และค่าระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินมีค่าเพิ่มมากขึ้นซึ่งแสดงว่าพ้นมีแนวโน้มเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น (ก่อนอุ้ดด้วยไอบีโอเดนทีน 29.36 และระยะเวลา 20 สัปดาห์ 31.34) จากค่าดังกล่าวถึงแม้จะไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีพ้นได้ด้วยตาเปล่าแต่ก็ทำให้ทราบแนวโน้มว่าเมื่ออุ้ดด้วยไอบีโอเดนทีนพ้นมีแนวโน้มที่มีสีคล้ำขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าเดลต้าอียูที่คำนวณได้พบว่าพ้นที่อุ้ดด้วยไอบีโอเดนทีนมีแนวโน้มที่จะมีสีพ้นเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป

ในส่วนของผลการศึกษาค่าเฉลี่ยของสีพ้นที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการอุ้ดด้วยเรโทรเอมที่เอบริเวนคอฟเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kang และคณะ<sup>(44)</sup> พบว่าเมื่ออุ้ดเรโทรเอมที่เอไปเป็นระยะเวลา 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ พ้นมีค่าเฉลี่ยสีที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการศึกษาของ Lim และคณะ<sup>(45)</sup> พบว่าเมื่ออุ้ดเรโทรเอมที่เอไปเป็นระยะเวลา 1, 2, 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ พ้นมีค่าเฉลี่ยสีที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน โดยค่าเดลต้าอียูของทั้งสองการศึกษาที่กล่าวมาและค่าเดลต้าอียูของการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่า 3.7 จึงทำให้ไม่สามารถมองเห็นความเปลี่ยนแปลงของสีพ้นเมื่ออุ้ดด้วยเรโทรเอมที่เอบริเวนคอฟ ผลการศึกษานี้ค่า CIE L\*a\*b\* ของเรโทรเอมที่เอที่ระยะเวลา 20 สัปดาห์เปรียบเทียบกับก่อนอุ้ดด้วย

พบว่ามีความสว่างลดลงเล็กน้อย (ก่อนดูดวัสดุ 86.30 และระยะเวลา 20 สัปดาห์ 84.72) ค่าระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวเพิ่มขึ้นซึ่งแสดงว่าพื้นมีแนวโน้มเป็นสีเขียวมากขึ้น (ก่อนดูดวัสดุ 0.18 และระยะเวลา 20 สัปดาห์ 0.41) และค่าระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินมีค่าเพิ่มมากขึ้นซึ่งแสดงว่าพื้นมีแนวโน้มเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น (ก่อนดูดวัสดุ 30.04 และระยะเวลา 20 สัปดาห์ 30.57) จากค่าดังกล่าวถึงแม้จะไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีพื้นได้ด้วยตาเปล่าแต่ก็ทำให้ทราบแนวโน้มว่าเมื่อดูดด้วยเรโทรเอนท์ที่เอนท์มีแนวโน้มที่มีสีคล้ำขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าเดลต้าอีทีที่คำนวณได้พบว่าพื้นที่ดูดด้วยเรโทรเอนท์ที่เอนท์มีแนวโน้มที่จะมีสีพื้นเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป

จากการศึกษานี้พบว่าเอนท์ที่เอนท์เจลลัสไม่ส่งผลให้พื้นมีค่าเฉลี่ยของสีพื้นเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ทุกช่วงเวลาเช่นเดียวกัน ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่าเอนท์ที่เอนท์เจลลัสจะส่งผลให้พื้นมีการเปลี่ยนสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<sup>(26, 44, 46)</sup> ทั้งนี้เนื่องจากในปัจจุบันเอนท์ที่เอนท์เจลลัสได้มีการเปลี่ยนแปลงสารที่รับสีจากบิสหมัทออกไซด์มาใช้แคลเซียมทั้งสเตรจึงสามารถลดผลกระทบจากบิสหมัทออกไซด์ที่ส่งผลให้พื้นมีการเปลี่ยนสีได้ เมื่อดูผลการศึกษาค่า CIE L\*a\*b\* ของเอนท์ที่เอนท์เจลลัสที่ระยะเวลา 20 สัปดาห์เปรียบเทียบกับก่อนดูดวัสดุพบว่ามีความสว่างลดลงเล็กน้อย (ก่อนดูดวัสดุ 86.46 และระยะเวลา 20 สัปดาห์ 85.64) ค่าระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยซึ่งแสดงว่าพื้นมีแนวโน้มเป็นสีเขียวมากขึ้น (ก่อนดูดวัสดุ -0.09 และระยะเวลา 20 สัปดาห์ 0.19) และค่าระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินมีค่าเพิ่มมากขึ้นซึ่งแสดงว่าพื้นมีแนวโน้มเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น (ก่อนดูดวัสดุ 28.67 และระยะเวลา 20 สัปดาห์ 29.01) จากค่าดังกล่าวถึงแม้จะไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีพื้นได้ด้วยตาเปล่าแต่ก็ทำให้ทราบแนวโน้มว่าเมื่อดูดด้วยเอนท์ที่เอนท์เจลลัสพื้นมีแนวโน้มที่มีสีคล้ำขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 สัปดาห์ แต่เมื่อพิจารณาค่าเดลต้าอีทีกลับพบว่ามีความลดลงที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์ เพิ่มขึ้นที่ระยะเวลา 8 สัปดาห์และกลับมาลดลงที่ระยะเวลา 20 สัปดาห์ ทำให้ในการศึกษานี้ยังไม่สามารถสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนสีพื้นเมื่อได้รับการดูดด้วยเอนท์ที่เอนท์เจลลัสได้

เมื่อนำผลการศึกษาของเอนท์ที่เอนท์เจลลัส, ไบโอดีนทิน และเรโทรเอนท์ที่เอนท์ที่ระยะเวลาศึกษา 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์ มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเดลต้าอีทีที่คำนวณได้ในการศึกษานี้อยู่ในช่วง 1.60-2.88 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ไม่สามารถมองเห็นความเปลี่ยนแปลงของสีที่เปลี่ยนแปลงไปได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งค่าเดลต้าอีทีในแต่ละการศึกษามีความแตกต่างกันอาจเป็นผลมาจากการออกแบบการศึกษาที่แตกต่างกัน รวมไปถึง

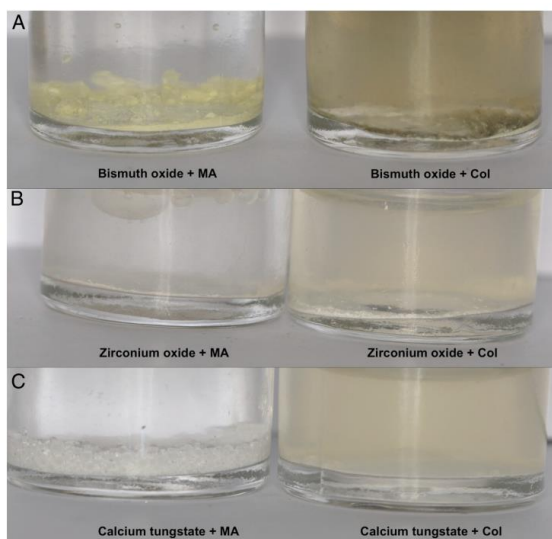
การใช้เอ็มทีเอเองเจลล์ที่ยังไม่ได้มีการปรับปรุงสารที่บรัสสีจึงทำให้ผลการศึกษาแตกต่างกับการศึกษานี้ ดังเช่นการศึกษาของ Marconyak และคณะ<sup>(26)</sup> พบว่าเมื่ออุดด้วยเอ็มทีเอเองเจลล์ฟันมีสีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเดลต้าอีมากกว่า 3.7 ทำให้สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีฟันได้ด้วยตาเปล่า และเมื่อเปรียบเทียบกับฟันที่ได้รับการอุดด้วยไบโอเดนทินพบว่าฟันที่ได้รับการอุดด้วยเอ็มทีเอเองเจลล์มีค่าเดลต้าอีสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Madani และคณะ<sup>(46)</sup> พบว่าที่ระยะเวลา 4 และ 24 สัปดาห์ ฟันที่ได้รับการอุดด้วยเอ็มทีเอเองเจลล์มีค่าเดลต้าอีสูงกว่ากลุ่มไบโอเดนทินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการอุดด้วยวัสดุไบโอเซรามิกโดยใช้ล้าลิดูในบริเวณดังกล่าว แทนวัสดุที่ต้องการศึกษาร่วมกับสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ชาไลน์แล้วจึงบูรณะทางเปิดสู่คลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปฟันในกลุ่มนี้มีสีที่เปลี่ยนแปลงไปเช่นเดียวกันโดยมีค่าเดลต้าอีอยู่ในช่วง 1.94-2.56 ส่งผลให้มองไม่เห็นความเปลี่ยนแปลงของสีฟันได้ด้วยตาเปล่า และไม่แตกต่างจากทุกกลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shokouhinejad และคณะ<sup>(40)</sup> พบว่าฟันธรรมชาติที่ได้รับการอุดด้วยพลาสติกโฟมร่วมกับน้ำเกลือในบริเวณคอฟันและได้รับการบูรณะทางเปิดสู่คลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตมีสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปที่ระยะเวลา 4 และ 24 สัปดาห์ และการศึกษาของ Kang และคณะ<sup>(44)</sup> พบว่าฟันธรรมชาติในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้อุดด้วยวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกมีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้นเช่นเดียวกัน โดยแนวโน้มการเปลี่ยนสีของฟันเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือมีสีที่เปลี่ยนแปลงไปเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ทั้งนี้เชื่อว่าการมีวัสดุในบริเวณโพรงฟันส่งผลให้ฟันสูญเสียความโปร่งแสง (translucency) จึงทำให้เห็นความเปลี่ยนแปลงเมื่อวัดสีฟันด้วยเครื่องวัดความเข้มของแสงที่มีความแม่นยำสูง การศึกษาในเรื่องผลกระทบต่อสีฟันจึงจำเป็นที่จะต้องระลึกไว้เสมอถึงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแม้ไม่มีผลกระทบจากวัสดุที่ต้องการศึกษา เมื่อพิจารณาผลการศึกษาค่า CIE L\*a\*b\* ในกลุ่มควบคุมที่ระยะเวลา 20 สัปดาห์เปรียบเทียบกับก่อนอุดวัสดุพบว่ามีความสว่างลดลงเล็กน้อย (ก่อนอุดวัสดุ 85.37 และระยะเวลา 20 สัปดาห์ 84.43) ค่าระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวลดลงซึ่งแสดงว่าฟันมีแนวโน้มเป็นสีแดงมากขึ้น (ก่อนอุดวัสดุ 0.53 และระยะเวลา 20 สัปดาห์ 0.39) และค่าระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินมีค่าลดลงซึ่งแสดงว่าฟันมีแนวโน้มเป็นสีเหลืองมากขึ้น (ก่อนอุดวัสดุ 27.59 และระยะเวลา 20 สัปดาห์ 26.49) จากค่าดังกล่าวถึงแม้จะไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีฟันได้ด้วยตาเปล่าแต่ก็ทำให้ทราบว่าฟันในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกก็มีแนวโน้มที่จะมี

สีคล้ำขึ้นจากค่าความสว่างที่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่าเดลต้าอีที่คำนวณได้พบว่าพื้นในกลุ่มควบคุมมีแนวโน้มที่จะมีสีพื้นเปลี่ยนแปลงไปเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น

ปัจจัยหลักที่ส่งผลให้พื้นเกิดการเปลี่ยนสีจากการใช้วัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกคือสารทึบรังสีจากการปรับปรุงสารทึบรังสีในวัสดุดังกล่าวพบว่ามีการใช้เซอร์โคเนียมออกไซด์เป็นสารทึบรังสีในไบโอเดนทิน, การใช้สารประกอบแคลเซียมเซอร์โคเนียเป็นสารทึบรังสีในเรโพรเอ็มทีเอ และในปัจจุบันได้มีการใช้แคลเซียมทั้งสแตตทดแทนบิสฟัทออกไซด์ในไวท์เอ็มทีเอแองเจิลส์เพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งาน จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการเมื่อนำบิสฟัทออกไซด์, เซอร์โคเนียมออกไซด์ และแคลเซียมทั้งสแตตผสมกับโซเดียมไฮโปคลอไรต์เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าบิสฟัทออกไซด์มีการเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีดำในขณะที่สีของเซอร์โคเนียมออกไซด์และแคลเซียมทั้งสแตตไม่มีการเปลี่ยนแปลง<sup>(29)</sup> เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Marciano และคณะ<sup>(47)</sup> เมื่อใช้เซอร์โคเนียมออกไซด์และแคลเซียมทั้งสแตตเป็นสารทึบรังสีทดแทนบิสฟัทออกไซด์พบว่าพื้นไม่มีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้นและเมื่อนำไปทดสอบกับสารละลายคอลลาเจนเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมงเพื่อเปรียบเทียบการสัมผัสกับคอลลาเจนในท่อเนื้อฟันพบว่าบิสฟัทออกไซด์มีการเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีเทาในขณะที่เซอร์โคเนียมออกไซด์และแคลเซียมทั้งสแตตไม่มีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้น ดังภาพประกอบ 17 สอดคล้องกับผลจากการศึกษานี้ที่พบว่าเนื้อฟันบริเวณที่สัมผัสกับเอ็มทีเอแองเจิลส์และไบโอเดนทินไม่มีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้น ถึงแม้ว่าการใช้เซอร์โคเนียมออกไซด์เป็นสารทึบรังสีจะให้ผลการศึกษาที่ดีแต่อย่างไรก็ตามการปรับเปลี่ยนสารทึบรังสีในวัสดุนั้นอาจทำให้คุณสมบัติของวัสดุไบโอเซรามิกมีการเปลี่ยนแปลงไปได้ จึงมีแนวคิดในการพัฒนาวัสดุไบโอเซรามิกที่มีส่วนผสมหลักมีคุณสมบัติทึบรังสี ตัวอย่างเช่นการใช้สารประกอบเซอร์โคเนียมออกไซด์ร่วมกับแคลเซียมอลูมิเนตเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมอลูมิเนียมเซอร์โคเนต ( $\text{Ca}_7\text{ZrAl}_6\text{O}_{18}$ ) ซึ่งเป็นสารประกอบหลักของเรโพรเอ็มทีเอ เนื่องจากไม่มีส่วนผสมของโลหะหนักและคุณสมบัติทึบรังสีจากสารประกอบแคลเซียมเซอร์โคเนียจึงทำให้เรโพรเอ็มทีเอไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของฟันขึ้นเช่นเดียวกัน<sup>(22)</sup>





ภาพประกอบ 16 แสดงผลของสารที่บรังสี 3 ชนิดเมื่อสัมผัสกับสารละลาย methacrylate (MA) และเมื่อสัมผัสกับสารละลายคอลลาเจน (Col) โดย A คือบิสมัทออกไซด์, B คือเซอร์โคเนียมออกไซด์ และ C คือแคลเซียมทังสเตต<sup>(47)</sup>

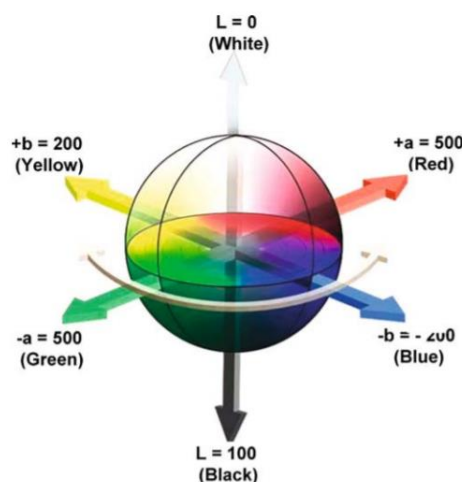
การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของวัสดุไบโอเซรามิกที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณตัวฟันในอดีตที่ผ่านมาได้มีการออกแบบการศึกษาโดยเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันและอุดวัสดุที่ต้องการศึกษาในบริเวณโพรงประสาทฟันผ่านทางปลายรากฟัน<sup>(35, 38, 39)</sup> ซึ่งในการรักษาด้วยวิธีการทำรีเจนเนอเรทิฟ เอ็นโดดอนติกส์นั้นวัสดุไบโอเซรามิกจะวางปิดทับบนลิ้มเลือดที่บริเวณคอฟัน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงออกแบบการศึกษาให้มีความใกล้เคียงกับการใช้งานจริงทางคลินิกโดยอ้างอิงการเตรียมฟันจากการศึกษาของ Shokouhinejad และคณะ<sup>(40)</sup> โดยเตรียมฟันที่เปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันและเตรียมคลองรากฟันจากบริเวณตัวฟันด้วยหัวกรอเกทส์กลิตเดนตั้งแต่เบอร์ 1 ถึงเบอร์ 6 ตามลำดับ เพื่อควบคุมให้ฟันทุกซี่มีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับวัสดุที่ต้องการศึกษาใกล้เคียงกัน และทำการล้างคลองรากฟันครั้งสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตรเพื่อลดผลข้างเคียงของน้ำยาล้างคลองรากฟันที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกได้<sup>(27-29)</sup> ถึงแม้ว่ามีการศึกษาพบว่าการเตรียมฟันโดยการเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันจากบริเวณตัวฟันจะส่งผลให้ฟันมีสีที่เปลี่ยนไปเล็กน้อยแต่พบว่าไม่ส่งผลให้สีฟันเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<sup>(46)</sup> ฟันทุกซี่ในการศึกษานี้จะถูกเก็บไว้ในกล่องใสความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิห้องตลอดการศึกษา จากการศึกษานำร่อง (pilot study) ด้วยการออกแบบในการศึกษานี้เมื่ออุดไวท์เอ็มทีเอแองเจิลส์รุ่นเก่าที่มีบิสมัทออกไซด์เป็นสารที่บรังสีบริเวณคอฟันพบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลา 5 สัปดาห์ (ก่อนอุดวัสดุ 85.96 และที่

5 สัปดาห์ 84.42) และมีค่าระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลา 5 สัปดาห์ (ก่อนวัดวัด 0.23 และที่ 9 สัปดาห์ -0.35) จากค่าความสว่างที่ลดลงและมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเขียวที่มากขึ้นแสดงให้เห็นว่าการออกแบบการศึกษานี้สามารถเห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณคอพันได้

ปัจจัยในเรื่องความหนาของเนื้อฟันก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่อาจส่งผลต่อสีบริเวณคอพันได้<sup>(26, 48)</sup> ฟันที่ใช้ในการศึกษานี้คือฟันกรามน้อยล่างรากเดียวของมนุษย์ซึ่งมีความหนาของเนื้อฟันบริเวณคอพันที่มากกว่าบริเวณฟันหน้า ถึงแม้ว่าในการศึกษานี้จะไม่พบความเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณคอพันแต่จากค่าเดลต้าอีที่ได้จากการคำนวณพบว่ามีความโน้มที่จะมีสีฟันเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาผ่านไปซึ่งอาจเกิดการเปลี่ยนสีได้ในอนาคต นอกจากนี้ในกลุ่มที่ได้รับการอุดด้วยไบโอเดนตินพบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 สัปดาห์สีของวัสดุมีสีที่เข้มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นหากทำการศึกษาในฟันหน้าที่มีเนื้อฟันบริเวณคอพันที่บางกว่าอาจทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสีฟันได้ชัดเจนขึ้นเมื่อประเมินสีฟันด้วยเครื่องวัดความเข้มของแสงที่มีความแม่นยำสูง

การเทียบสีฟันในคลินิกนับว่าเป็นขั้นตอนที่มีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้องค่อนข้างมาก ไม่ว่าจะเป็นสิ่งแวดล้อม เช่น แสงที่ใช้ในการเทียบสีฟัน, สีเสื้อผ้าของผู้ป่วย ไปจนถึงชุดเทียบสีฟันที่อาจมีสีที่เปลี่ยนแปลงไป, ทันตแพทย์ผู้ทำการเลือกสีฟัน หรือการที่ฟันอยู่ในสถานะแห้งซึ่งจะส่งผลให้ฟันมีค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้น<sup>(33)</sup> ในปัจจุบันจึงมีการนำเครื่องวัดความเข้มของแสงและเครื่องวัดสีมาใช้ในการช่วยเทียบสีฟันในคลินิก ในการศึกษานี้เลือกใช้เครื่องวัดความเข้มของแสง VITA Easyshade มาใช้ในการวัดผลเนื่องจากจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า VITA Easyshade มีความเที่ยงตรงสูง นอกจากนี้ยังพบว่าแสงธรรมชาติจากภายนอกที่ระยะเวลาแตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการเทียบสีฟันในระบบ CIE L\*a\*b\* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<sup>(34, 37)</sup> ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับการเทียบสีในปัจจุบันองค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization - ISO) มีการกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศ (international standard) ใช้การเทียบสีฟันในระบบ CIE L\*a\*b\* ซึ่งเป็นการวัดค่าสีในการรับรู้ของมนุษย์ในรูปแบบ 3 มิติ ค่า L แสดงถึงความสว่างของวัตถุ ค่า a หมายถึงค่าสีในแนวแกนเขียวและแดง ค่า b หมายถึงค่าสีในแนวแกนน้ำเงินเหลือง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 16 และเมื่อนำค่าสีที่วัดได้ทั้ง 3 มาคำนวณจะได้ค่าระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean distance) หรือเดลต้าอีซึ่งค่าดังกล่าวแสดงถึงสีของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไป และหากวัตถุนั้นมีค่าเดลต้าอีที่มากกว่า 3.7 จะทำให้สามารถมองเห็นความแตกต่างของสีได้ด้วยตาเปล่า<sup>(35, 39)</sup>





ภาพประกอบ 17 แสดงแกนการวัดสีในระบบ CIE L\*a\*b\*<sup>(49)</sup>

ในการศึกษานี้ได้บันทึกและวิเคราะห์ผลการเทียบสีฟันในระบบ CIE L\*a\*b\* ทุกค่าเพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสีฟันและนำมาคำนวณเป็นค่าเดลต้าอีซึ่งแสดงถึงสีที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาเมื่อเทียบกับก่อนอุดวัสดุเพื่อวิเคราะห์หาความแตกต่างของสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา โดยทุกกลุ่มในการศึกษานี้ได้ทำการกระจายข้อมูล CIE L\*a\*b\* ที่ระยะเวลาก่อนอุดวัสดุที่ให้ใกล้เคียงกัน และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าที่ระยะเวลาก่อนอุดวัสดุทุกกลุ่มการศึกษามีค่า CIE L\*a\*b\* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรมในการศึกษานี้เพื่อสังเกตความเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อฟันบริเวณที่สัมผัสกับวัสดุโดยตรง จากคุณสมบัติความทึบแสง (opacity) และความโปร่งแสงของเนื้อฟันและเคลือบฟันจะส่งผลต่อสีฟันได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณคอฟฟันที่มีเคลือบฟันบางกว่าบริเวณอื่นสีของฟันในบริเวณนี้จึงได้รับอิทธิพลหลักมาจากสีของเนื้อฟัน ดังนั้นหากวัสดุส่งผลให้เนื้อฟันมีสีที่เปลี่ยนแปลงไปย่อมส่งผลต่อสีฟันบริเวณคอฟฟันด้วยเช่นกัน ผลการศึกษพบว่าสีของเนื้อฟันที่สัมผัสกับเอ็มทีเอแองเจิลล์, ไบโอเดนทีน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมไม่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากการวัดผลด้วยเครื่องวัดความเข้มของแสงในการศึกษานี้พบว่าทุกกลุ่มการศึกษาและทุกระยะเวลามีค่าเดลต้าอีน้อยกว่า 3.7 จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีฟันที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษานี้พบว่าเมื่อนำเอ็มทีเอแองเจิลล์, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทีเอมาใช้เป็นวัสดุไบโอเซรามิกในกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ไม่ส่งผลให้ฟันเปลี่ยนสีบริเวณคอฟฟัน แต่อย่างไรก็ตามในการปฏิบัติงานจริงในคลินิกมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น การสัมผัสกับลิ้มเลือดในคลองรากฟัน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

### ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลกระทบของเอ็มทีเอแองเจลล์, ไบโอดেন্টิน และเรโทรเอ็มทีเอเมื่อสัมผัสกับเนื้อฟันโดยตรง ซึ่งมีการควบคุมปัจจัยซึ่งอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนสีฟันได้ ทั้งนี้ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อหาวัสดุไบโอเซรามิกชนิดก่อตัวเร็วมาใช้ในการรักษาด้วยกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบของน้ำยาล้างคลองรากฟันรวมถึงการสัมผัสกับเลือด โดยการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าเมื่อไบโอดेंटิน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมที่สัมผัสกับเลือดจะมีสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้สัมผัสกับเลือด<sup>(40, 50)</sup>

2. เอ็มทีเอแองเจลล์ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นชนิดที่มีขายในประเทศไทยปัจจุบันโดยเป็นชนิดไวท์เอ็มทีเอแองเจลล์ซึ่งได้รับการปรับเปลี่ยนสารทึบรังสีจากบิสฟีนอลเอมาใช้แคลเซียมแทน ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาผลกระทบของแคลเซียมแทนต่อการเปลี่ยนสีฟันพบว่าแคลเซียมแทนไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีฟันแต่ยังไม่พบการศึกษาที่ใช้เอ็มทีเอแองเจลล์ที่ได้รับการปรับเปลี่ยนสารทึบรังสีในการศึกษา ผลการศึกษาในกลุ่มเอ็มทีเอแองเจลล์จึงมีความแตกต่างจากการศึกษาก่อนหน้านี้ ดังนั้นจึงแนะนำให้ทำการศึกษาเพื่อยืนยันผลกระทบของไวท์เอ็มทีเอแองเจลล์ที่มีแคลเซียมแทนเป็นสารทึบรังสีต่อการเปลี่ยนสีของฟันเพิ่มเติม

3. เนื่องจากในทุกกลุ่มการศึกษามีแนวโน้มค่าเดลต้าอีที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป จึงมีความเป็นไปได้ที่ฟันจะมีการเปลี่ยนสีในอนาคต การเพิ่มเวลาในการศึกษาก็อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลการศึกษาดูชัดเจนขึ้น นอกจากนี้ยังมีคำแนะนำให้ทำการเคลือบเนื้อฟันด้วยสารยึดติด (dentin bonding agents) ก่อนอุดวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกเพื่อลดผลกระทบดังกล่าว<sup>(25, 50)</sup> จึงเป็นที่น่าสนใจว่าการเคลือบเนื้อฟันด้วยสารยึดติดจะส่งผลต่อแนวโน้มการเปลี่ยนสีบริเวณคอฟันหรือไม่

## บรรณานุกรม

1. Murray PE, Garcia-Godoy F, Hargreaves KM. Regenerative endodontics: A review of current status and a call for action. *J Endod.* 2007;33(4):377-90.
2. Torabinejad M, Hong C, McDonald F, Ford TP. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod.* 1995;21(7):349-53.
3. Gandolfi M, Siboni F, Polimeni A, Bossù M, Riccitiello F, Rengo S, et al. In vitro screening of the apatite-forming ability, biointeractivity and physical properties of a tricalcium silicate material for endodontics and restorative dentistry. *Dent J.* 2013;1(4):41-60.
4. Che J-L, Kim J-H, Kim S-M, Choi N-k, Moon H-J, Hwang M-J, et al. Comparison of setting time, compressive strength, solubility, and ph of four kinds of mta. *Korean Journal of Dental Materials.* 2016;43(1):61-71.
5. Vallés M, Mercadé M, Duran-Sindreu F, Bourdelande JL, Roig M. Influence of light and oxygen on the color stability of five calcium silicate-based materials. *J Endod.* 2013;39(4):525-8.
6. Diogenes A, Henry MA, Teixeira FB, Hargreaves KM. An update on clinical regenerative endodontics. *Endodontic Topics.* 2013;28(1):2-23.
7. McCabe P. Revascularization of an immature tooth with apical periodontitis using a single visit protocol: A case report. *Int Endod J.* 2015;48(5):484-97.
8. Islam I, Chng H, Yap A. X-ray diffraction analysis of mineral trioxide aggregate and portland cement. *Int Endod J.* 2006;39(3):220-5.
9. Kettering JD, Torabinejad M. Investigation of mutagenicity of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod.* 1995;21(11):537-9.
10. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Ford TRP. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod.* 1995;21(6):295-9.
11. Ramachandran VS, Paroli RM, Beaudoin JJ, Delgado AH. Handbook of thermal analysis of construction materials. William Andrew; 2002.

12. Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2007;40(6):462-70.
13. Camilleri J, Montesin FE, Brady K, Sweeney R, Curtis RV, Ford TRP. The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dent Mater J*. 2005;21(4):297-303.
14. Santos AD, Araújo EB, Yukimitu K, Barbosa JC, Moraes JC. Setting time and thermal expansion of two endodontic cements. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2008;106(3):e77-e9.
15. Tawil PZ, Duggan DJ, Galicia JC. Mineral trioxide aggregate (mta): Its history, composition, and clinical applications. *Compend Contin Educ Dent*. 2015;36(4):247-64. eng.
16. Camilleri J. Investigation of biodentine as dentine replacement material. *J Dent*. 2013;41(7):600-10.
17. Nowicka A, Lipski M, Parafiniuk M, Sporniak-Tutak K, Lichota D, Kosierkiewicz A, et al. Response of human dental pulp capped with biodentine and mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 2013;39(6):743-7.
18. Topçuoğlu G, Topçuoğlu HS. Regenerative endodontic therapy in a single visit using platelet-rich plasma and biodentine in necrotic and asymptomatic immature molar teeth: A report of 3 cases. *J Endod*. 2016;42(9):1344-6.
19. Bakhtiar H, Esmaili S, Fakhr Tabatabayi S, Ellini MR, Nekoofar MH, Dummer PMH. Second-generation platelet concentrate (platelet-rich fibrin) as a scaffold in regenerative endodontics: A case series. *J Endod*. 2017;43(3):401-8.
20. Chung CJ, Kim E, Song M, Park J-W, Shin S-J. Effects of two fast-setting calcium-silicate cements on cell viability and angiogenic factor release in human pulp-derived cells. *Odontology*. 2016;104(2):143-51.
21. Lee H, Shin Y, Kim S-O, Lee H-S, Choi H-J, Song JS. Comparative study of pulpal responses to pulpotomy with proroot mta, retromta, and theracal in dogs' teeth. *J Endod*. 2015;41(8):1317-24.
22. Kim Y, Kim S, Choi N. Regenerative endodontic treatment without discoloration of infected immature permanent teeth using retro mta : Two case reports. *Journal of*

- The Korean Academy of Pediatric Dentistry. 2014;41(4):335-43.
23. Torabinejad M, Parirokh M, Dummer P. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: An updated overview–part ii: Other clinical applications and complications. *Int Endod J*. 2018;51(3):284-317.
  24. Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 2005;31(2):101-3.
  25. Akbari M, Rouhani A, Samiee S, Jafarzadeh H. Effect of dentin bonding agent on the prevention of tooth discoloration produced by mineral trioxide aggregate. *Int J Dent*. 2012;2012.
  26. Marconyak LJ, Kirkpatrick TC, Roberts HW, Roberts MD, Aparicio A, Himel VT, et al. A comparison of coronal tooth discoloration elicited by various endodontic reparative materials. *J Endod*. 2016;42(3):470-3.
  27. Camilleri J. Color stability of white mineral trioxide aggregate in contact with hypochlorite solution. *J Endod*. 2014;40(3):436-40.
  28. Keskin C, Demiryurek EO, Ozyurek T. Color stabilities of calcium silicate–based materials in contact with different irrigation solutions. *J Endod*. 2015;41(3):409-11.
  29. Marciano MA, Duarte MAH, Camilleri J. Dental discoloration caused by bismuth oxide in mta in the presence of sodium hypochlorite. *Clinical oral investigations*. 2015;19(9):2201-9.
  30. Veeraganta SK, Savadi RC, Baroudi K, Nassani MZ. Differences in tooth shade value according to age, gender and skin color: A pilot study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2015;15(2):138-41. eng.
  31. Joiner A. Tooth colour: A review of the literature. *Journal of dentistry*. 2004;32:3-12.
  32. Knispel G. Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. *Quintessence international*. 1991;22(7).
  33. Russell M, Gulfranz M, Moss B. In vivo measurement of colour changes in natural teeth. *Journal of oral rehabilitation*. 2000;27(9):786-92.
  34. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2009;101(3):193-9.

35. Ioannidis K, Mistakidis I, Beltes P, Karagiannis V. Spectrophotometric analysis of crown discoloration induced by mta-and znOE-based sealers. *Journal of Applied Oral Science*. 2013;21(2):138-44.
36. Kalantari MH, Ghoraishian SA, Mohaghegh M. Evaluation of accuracy of shade selection using two spectrophotometer systems: Vita easysshade and degudent shadepilot. *European journal of dentistry*. 2017;11(02):196-200.
37. Posavec I, Prpić V, Knezovic D. Influence of light conditions and light sources on clinical measurement of natural teeth color using vita easysshade advance 4.0® spectrophotometer. Pilot study. *Acta Stomatologica Croatica*. 2016;50:337-47.
38. Alsubait S, Al-Haidar S, Al-Sharyan N. A comparison of the discoloration potential for endosequence bioceramic root repair material fast set putty and proroot mta in human teeth: An in vitro study. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2017;29(1):59-67.
39. Kohli MR, Yamaguchi M, Setzer FC, Karabucak B. Spectrophotometric analysis of coronal tooth discoloration induced by various bioceramic cements and other endodontic materials. *J Endod*. 2015;41(11):1862-6.
40. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Pirmoazen S, Shamshiri AR, Dummer PM. Evaluation and comparison of occurrence of tooth discoloration after the application of various calcium silicate-based cements: An ex vivo study. *J Endod*. 2016;42(1):140-4.
41. Shokouhinejad N, Alikhasi M, Khoshkhounejad M, Pirmoazen A. Effect of irrigation solutions on the coronal discoloration induced by mineral trioxide aggregate cements containing different radiopacifiers. *Dental Research Journal*. 2020;17(6).
42. Vallés M, Roig M, Duran-Sindreu F, Martínez S, Mercadé M. Color stability of teeth restored with biodentine: A 6-month in vitro study. *J Endod*. 2015;41(7):1157-60.
43. Bhavya B, Sadique M, Simon EP, Ravi SV, Lal S. Spectrophotometric analysis of coronal discoloration induced by white mineral trioxide aggregate and biodentine: An in vitro study. *Journal of conservative dentistry : JCD*. 2017;20(4):237-40. eng.
44. Kang S-H, Shin Y-S, Lee H-S, Kim S-O, Shin Y, Jung I-Y, et al. Color changes of teeth after treatment with various mineral trioxide aggregate-based materials: An ex vivo



- study. J Endod. 2015;41(5):737-41.
45. Lim Y, Choi N, Kim J, Kim S. Spectrophotometric analysis of crown discoloration induced by various mta based materials. The Journal of the Korean Academy of Pediatric Dentistry. 2017;44(1):28-37.
46. Madani Z, Alvandifar S, Bizhani A. Evaluation of tooth discoloration after treatment with mineral trioxide aggregate, calcium-enriched mixture, and biodentine® in the presence and absence of blood. Dental research journal. 2019;16(6):377.
47. Marciano MA, Costa RM, Camilleri J, Mondelli RFL, Guimaraes BM, Duarte MAH. Assessment of color stability of white mineral trioxide aggregate angelus and bismuth oxide in contact with tooth structure. J Endod. 2014;40(8):1235-40.
48. Marques RB, Baroudi K, Santos AFCd, Pontes D, Amaral M. Tooth discoloration using calcium silicate-based cements for simulated revascularization in vitro. Brazilian Dental Journal. 2021;32:53-8.
49. Singh B, Parwate D, Shukla S. Radiosterilization of fluoroquinolones and cephalosporins: Assessment of radiation damage on antibiotics by changes in optical property and colorimetric parameters. AAPS PharmSciTech. 2009;10:34-43.
50. Shokouhinejad N, Khoshkhounejad M, Alikhasi M, Bagheri P, Camilleri J. Prevention of coronal discoloration induced by regenerative endodontic treatment in an ex vivo model. Clinical oral investigations. 2018;22(4):1725-31.





ภาคผนวก

ตาราง 5 ตารางบันทึกข้อมูล CIE L\* ของกลุ่มการศึกษาเอ็มทีเอแองเจิลส์

| ชีพื้น  | ก่อนอุดวัสดุ | 2 สัปดาห์  | 4 สัปดาห์  | 8 สัปดาห์  | 20 สัปดาห์ |
|---------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| 1       | 84.5         | 85.7       | 84.7       | 83.3       | 84.1       |
|         | 84.1         | 85.8       | 85.0       | 84.7       | 85.1       |
|         | 85.4         | 82.9       | 84.1       | 84.6       | 85.1       |
|         | 83.9         | 84.5       | 85.0       | 84.2       | 84.4       |
|         | 84.2         | 83.2       | 84.5       | 84.3       | 85.5       |
| 2       | 85.8         | 84.0       | 83.3       | 82.7       | 83.7       |
|         | 85.2         | 82.1       | 83.2       | 82.4       | 83.9       |
|         | 85.7         | 82.5       | 83.5       | 83.3       | 83.7       |
|         | 86.7         | 82.6       | 84.0       | 83.2       | 84.1       |
|         | 84.6         | 82.8       | 83.8       | 82.4       | 83.9       |
| 3       | 85.9         | 85.3       | 85.2       | 83.8       | 85.7       |
|         | 84.9         | 86.0       | 84.2       | 84.8       | 85.3       |
|         | 87.1         | 87.3       | 85.8       | 84.1       | 85.4       |
|         | 86.7         | 85.9       | 85.6       | 84.8       | 83.5       |
|         | 86.7         | 84.8       | 85.4       | 85.7       | 85.3       |
| 4       | 88.0         | 88.0       | 87.5       | 85.2       | 88.0       |
|         | 87.2         | 87.0       | 87.1       | 84.6       | 88.1       |
|         | 87.6         | 85.4       | 86.5       | 85.6       | 87.3       |
|         | 88.2         | 86.3       | 85.9       | 86.6       | 87.5       |
|         | 87.1         | 86.3       | 86.6       | 86.2       | 88.1       |
| 5       | 89.0         | 86.9       | 87.9       | 86.8       | 86.5       |
|         | 89.2         | 86.3       | 86.2       | 86.9       | 87.5       |
|         | 88.6         | 86.7       | 87.4       | 87.3       | 88.1       |
|         | 87.5         | 85.7       | 87.6       | 86.9       | 85.1       |
|         | 87.8         | 85.4       | 87.3       | 86.7       | 86.2       |
| Mean±SD | 86.46±1.59   | 85.18±1.56 | 85.49±1.52 | 84.84±1.55 | 85.64±1.57 |

ตาราง 6 ตารางบันทึกข้อมูล CIE  $a^*$  ของกลุ่มการศึกษาเอ็มทีเอแองเจิลส์

| ชีพื้น  | ก่อนอุดวัสดุ | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ |
|---------|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1       | 0.1          | 0.9       | 0.5       | 0.5       | 0.5        |
|         | 0.1          | 0.9       | 0.5       | 0.6       | 0.5        |
|         | 0.0          | 1.1       | 0.5       | 0.4       | 0.6        |
|         | 0.1          | 1.0       | 0.5       | 0.5       | 0.6        |
|         | 0.2          | 1.1       | 0.6       | 0.5       | 0.6        |
| 2       | 0.2          | 0.7       | 0.9       | 0.5       | 0.5        |
|         | 0.5          | 0.8       | 0.7       | 0.5       | 0.6        |
|         | 0.1          | 0.8       | 0.7       | 0.4       | 0.7        |
|         | -0.2         | 0.9       | 0.7       | 0.4       | 0.7        |
|         | 0.4          | 0.8       | 0.8       | 0.6       | 0.7        |
| 3       | -0.3         | -0.2      | 0.0       | -0.1      | -0.1       |
|         | -0.2         | 0.1       | -0.2      | -0.1      | -0.1       |
|         | -0.4         | 0.0       | -0.2      | -0.2      | -0.1       |
|         | -0.2         | -0.2      | -0.1      | -0.2      | -0.1       |
|         | -0.1         | 0.0       | -0.1      | -0.2      | 0.0        |
| 4       | 0.0          | 0.4       | 0.3       | 0.1       | 0.2        |
|         | 0.0          | 0.3       | 0.2       | 0.1       | 0.2        |
|         | -0.1         | 0.3       | 0.2       | 0.2       | 0.3        |
|         | -0.1         | 0.2       | 0.3       | 0.1       | 0.4        |
|         | 0.0          | 0.4       | 0.3       | 0.2       | 0.4        |
| 5       | -0.4         | -0.2      | -0.2      | -0.5      | -0.6       |
|         | -0.4         | -0.1      | -0.3      | -0.4      | -0.2       |
|         | -0.5         | -0.2      | -0.1      | -0.4      | -0.6       |
|         | -0.5         | -0.2      | -0.1      | -0.3      | -0.5       |
|         | -0.5         | -0.1      | 0.0       | -0.5      | -0.4       |
| Mean±SD | -0.09±0.27   | 0.38±0.51 | 0.26±0.39 | 0.11±0.40 | 0.19±0.46  |

ตาราง 7 ตารางบันทึกข้อมูล CIE b\* ของกลุ่มการศึกษาเอ็มทีเอแองเจิลส์

| สีพื้น  | ก่อนอุดวัสดุ | 2 สัปดาห์  | 4 สัปดาห์  | 8 สัปดาห์  | 20 สัปดาห์ |
|---------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| 1       | 33.0         | 34.6       | 32.4       | 33.1       | 32.7       |
|         | 33.4         | 34.2       | 33.6       | 31.5       | 32.7       |
|         | 33.5         | 33.8       | 32.3       | 35.1       | 33.2       |
|         | 32.8         | 33.6       | 33.4       | 33.0       | 33.4       |
|         | 31.9         | 33.6       | 32.9       | 32.8       | 32.7       |
| 2       | 33.4         | 32.9       | 30.0       | 32.9       | 32.8       |
|         | 32.5         | 31.2       | 31.4       | 32.0       | 30.8       |
|         | 33.1         | 32.6       | 31.4       | 32.5       | 32.1       |
|         | 33.2         | 31.1       | 30.7       | 33.0       | 31.6       |
|         | 32.7         | 32.9       | 31.2       | 33.1       | 33.0       |
| 3       | 24.8         | 24.8       | 24.4       | 24.5       | 24.7       |
|         | 24.1         | 24.9       | 24.1       | 24.6       | 25.0       |
|         | 24.6         | 25.1       | 25.1       | 24.9       | 25.1       |
|         | 24.9         | 24.8       | 24.3       | 25.1       | 25.4       |
|         | 24.7         | 25.0       | 24.7       | 25.3       | 25.6       |
| 4       | 29.1         | 29.9       | 28.8       | 28.5       | 30.3       |
|         | 28.8         | 29.4       | 29.2       | 28.7       | 29.8       |
|         | 28.8         | 29.2       | 29.5       | 28.9       | 30.8       |
|         | 29.0         | 29.6       | 28.9       | 30.0       | 30.0       |
|         | 28.9         | 29.2       | 28.6       | 29.0       | 30.4       |
| 5       | 23.9         | 24.8       | 23.6       | 24.1       | 25.3       |
|         | 24.0         | 23.8       | 24.3       | 24.1       | 23.7       |
|         | 24.2         | 24.2       | 23.0       | 24.5       | 25.7       |
|         | 23.7         | 24.6       | 22.9       | 24.7       | 24.7       |
|         | 23.8         | 24.7       | 22.7       | 24.5       | 23.8       |
| Mean±SD | 28.67±4.35   | 28.98±4.25 | 28.14±4.12 | 28.82±4.14 | 29.01±3.88 |

ตาราง 8 ตารางข้อมูล  $\Delta E$  ของกลุ่มการศึกษาเอ็มทีเอแอลเจลดัส

| ชีพื้น        | 2 สัปดาห์          | 4 สัปดาห์          | 8 สัปดาห์          | 20 สัปดาห์         |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1             | 2.15               | 0.74               | 1.26               | 0.64               |
|               | 2.04               | 1.00               | 2.05               | 1.28               |
|               | 2.74               | 1.83               | 1.83               | 0.73               |
|               | 1.34               | 1.31               | 0.53               | 0.92               |
|               | 2.16               | 1.11               | 0.95               | 1.57               |
| 2             | 1.93               | 4.27               | 3.15               | 2.20               |
|               | 3.37               | 2.29               | 2.84               | 2.14               |
|               | 3.31               | 2.84               | 2.49               | 2.31               |
|               | 4.73               | 3.78               | 3.55               | 3.18               |
|               | 1.85               | 1.74               | 2.24               | 0.81               |
| 3             | 0.60               | 0.86               | 2.13               | 0.30               |
|               | 1.39               | 0.70               | 0.51               | 0.98               |
|               | 0.67               | 1.40               | 3.02               | 1.79               |
|               | 0.80               | 1.25               | 1.91               | 3.24               |
|               | 1.92               | 1.30               | 1.17               | 1.66               |
| 4             | 0.89               | 0.65               | 2.86               | 1.21               |
|               | 0.70               | 0.45               | 2.60               | 1.36               |
|               | 2.27               | 1.33               | 2.02               | 2.06               |
|               | 2.01               | 2.33               | 1.89               | 1.31               |
|               | 0.94               | 0.65               | 0.92               | 1.84               |
| 5             | 2.29               | 1.15               | 2.21               | 2.87               |
|               | 2.92               | 3.01               | 2.30               | 1.73               |
|               | 1.92               | 1.74               | 1.33               | 1.58               |
|               | 2.03               | 0.90               | 1.18               | 2.60               |
|               | 2.59               | 1.30               | 1.30               | 1.60               |
| Mean $\pm$ SD | 1.99 ( $\pm$ 0.79) | 1.60 ( $\pm$ 0.81) | 1.93 ( $\pm$ 0.58) | 1.68 ( $\pm$ 0.45) |

ตาราง 9 ตารางบันทึกข้อมูล CIE L\* ของกลุ่มการศึกษาไบโอเดนติน

| ชีฟัน   | ก่อนอุดวัสดุ | 2 สัปดาห์  | 4 สัปดาห์  | 8 สัปดาห์  | 20 สัปดาห์ |
|---------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| 1       | 84.0         | 84.5       | 84.8       | 84.3       | 82.1       |
|         | 83.5         | 83.6       | 84.4       | 83.8       | 82.0       |
|         | 86.6         | 85.0       | 84.7       | 84.0       | 83.3       |
|         | 85.0         | 85.1       | 85.3       | 83.3       | 83.9       |
|         | 83.9         | 84.5       | 85.7       | 84.4       | 83.9       |
| 2       | 89.5         | 89.6       | 87.8       | 87.8       | 88.3       |
|         | 87.6         | 90.2       | 88.0       | 87.2       | 87.3       |
|         | 86.9         | 88.4       | 89.3       | 88.2       | 88.6       |
|         | 88.6         | 88.6       | 89.1       | 88.7       | 88.9       |
|         | 89.0         | 87.3       | 87.0       | 88.2       | 88.5       |
| 3       | 84.4         | 83.9       | 86.0       | 83.2       | 86.5       |
|         | 85.5         | 84.8       | 85.6       | 83.1       | 86.0       |
|         | 85.8         | 82.4       | 85.6       | 84.3       | 86.2       |
|         | 85.0         | 82.0       | 86.0       | 82.2       | 86.0       |
|         | 86.4         | 84.1       | 85.9       | 84.8       | 84.6       |
| 4       | 87.7         | 87.8       | 88.1       | 87.7       | 86.9       |
|         | 88.7         | 87.9       | 87.6       | 86.6       | 86.1       |
|         | 87.8         | 86.4       | 88.2       | 85.2       | 86.7       |
|         | 89.1         | 87.0       | 87.9       | 86.5       | 87.7       |
|         | 88.2         | 83.0       | 87.8       | 86.1       | 86.2       |
| 5       | 87.8         | 90.0       | 87.7       | 86.7       | 87.7       |
|         | 85.5         | 87.8       | 86.3       | 85.8       | 87.9       |
|         | 87.0         | 89.2       | 85.9       | 85.3       | 87.4       |
|         | 85.1         | 87.4       | 88.0       | 83.8       | 86.8       |
|         | 88.2         | 88.2       | 87.5       | 85.9       | 88.2       |
| Mean±SD | 86.67±1.68   | 85.74±1.39 | 85.89±1.96 | 85.02±2.12 | 86.31±2.05 |



ตาราง 10 ตารางบันทึกข้อมูล CIE a\* ของกลุ่มการศึกษาไบโอเดนทิน

| สีฟัน   | ก่อนอุดวัสดุ | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ |
|---------|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1       | 0.6          | 0.7       | 0.6       | 1.1       | 1.0        |
|         | 0.7          | 0.7       | 0.7       | 1.2       | 1.0        |
|         | 0.8          | 0.6       | 0.8       | 1.4       | 1.1        |
|         | 1.2          | 0.6       | 0.8       | 1.1       | 0.9        |
|         | 0.8          | 0.9       | 0.5       | 1.2       | 0.9        |
| 2       | 0.0          | 0.5       | 0.6       | 0.5       | 0.5        |
|         | 0.1          | 0.5       | 0.4       | 0.5       | 0.5        |
|         | 0.0          | 0.6       | 0.3       | 0.6       | 0.5        |
|         | 0.4          | 0.4       | 0.5       | 0.5       | 0.6        |
|         | 0.2          | 0.4       | 0.5       | 0.4       | 0.6        |
| 3       | 0.1          | 0.4       | 0.4       | 0.3       | 0.3        |
|         | 0.1          | 0.5       | 0.4       | 0.2       | 0.3        |
|         | 0.1          | 0.5       | 0.4       | 0.5       | 0.3        |
|         | 0.0          | 0.5       | 0.4       | 0.5       | 0.3        |
|         | 0.1          | 0.3       | 0.5       | 0.6       | 0.4        |
| 4       | 0.0          | 0.0       | -0.2      | -0.1      | -0.2       |
|         | 0.1          | 0.0       | 0.0       | -0.1      | -0.2       |
|         | 0.4          | 0.1       | 0.0       | 0.0       | -0.1       |
|         | 0.0          | 0.1       | -0.1      | -0.2      | -0.1       |
|         | 0.0          | 0.2       | 0.0       | -0.1      | 0.0        |
| 5       | 0.0          | 0.3       | 0.2       | 0.5       | 0.2        |
|         | 0.1          | 0.2       | 0.3       | 0.4       | 0.3        |
|         | 0.1          | 0.3       | 0.4       | 0.4       | 0.2        |
|         | 0.0          | 0.1       | 0.3       | 0.3       | 0.2        |
|         | 0.0          | 0.4       | 0.4       | 0.5       | 0.3        |
| Mean±SD | 0.24±0.33    | 0.60±0.43 | 0.54±0.52 | 0.47±0.62 | 0.39±0.41  |

ตาราง 11 ตารางบันทึกข้อมูล CIE b\* ของกลุ่มการศึกษาไบโอเดนติน

| ชีฟัน   | ก่อนอุดวัสดุ | 2 สัปดาห์  | 4 สัปดาห์  | 8 สัปดาห์  | 20 สัปดาห์ |
|---------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| 1       | 33.0         | 33.8       | 33.9       | 33.6       | 32.4       |
|         | 33.2         | 33.6       | 32.8       | 32.8       | 32.7       |
|         | 33.2         | 34.2       | 32.6       | 32.5       | 33.4       |
|         | 32.3         | 34.6       | 33.0       | 33.2       | 34.3       |
|         | 32.1         | 33.0       | 34.4       | 32.9       | 34.1       |
| 2       | 26.3         | 28.8       | 27.7       | 28.2       | 27.5       |
|         | 25.1         | 29.0       | 28.6       | 28.2       | 28.0       |
|         | 25.9         | 27.3       | 29.3       | 28.8       | 29.7       |
|         | 26.3         | 29.3       | 28.0       | 29.2       | 28.3       |
|         | 26.3         | 28.8       | 28.4       | 29.8       | 28.3       |
| 3       | 28.6         | 29.1       | 30.4       | 29.8       | 29.6       |
|         | 27.9         | 28.7       | 30.1       | 30.4       | 30.7       |
|         | 28.4         | 28.3       | 31.6       | 28.2       | 31.0       |
|         | 28.1         | 30.2       | 30.7       | 28.6       | 31.6       |
|         | 28.6         | 29.5       | 30.6       | 27.7       | 31.3       |
| 4       | 30.7         | 31.3       | 31.2       | 30.7       | 31.0       |
|         | 31.0         | 31.2       | 30.5       | 30.9       | 31.1       |
|         | 31.5         | 31.0       | 30.3       | 30.5       | 31.0       |
|         | 30.7         | 31.3       | 31.2       | 32.0       | 31.3       |
|         | 29.4         | 30.1       | 31.1       | 31.1       | 31.6       |
| 5       | 29.3         | 34.6       | 33.1       | 31.7       | 33.3       |
|         | 28.5         | 33.8       | 31.2       | 31.8       | 32.8       |
|         | 30.0         | 34.7       | 30.3       | 31.7       | 32.7       |
|         | 28.1         | 34.2       | 32.2       | 31.3       | 32.0       |
|         | 29.4         | 34.1       | 31.0       | 31.3       | 33.7       |
| Mean±SD | 29.36±2.54   | 30.87±3.76 | 30.52±3.95 | 30.87±2.91 | 31.34±1.98 |

ตาราง 12 ตารางข้อมูล  $\Delta E$  ของกลุ่มการศึกษาไบโอเดนติน

| ซี่ฟัน        | 2 สัปดาห์          | 4 สัปดาห์          | 8 สัปดาห์          | 20 สัปดาห์         |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1             | 0.94               | 1.20               | 0.83               | 2.03               |
|               | 0.41               | 0.98               | 0.70               | 1.60               |
|               | 1.89               | 1.99               | 2.75               | 3.31               |
|               | 2.37               | 0.86               | 1.92               | 2.30               |
|               | 1.08               | 2.93               | 1.02               | 2.00               |
| 2             | 2.55               | 2.28               | 2.59               | 1.76               |
|               | 4.70               | 3.53               | 3.15               | 2.94               |
|               | 2.13               | 4.17               | 3.23               | 4.19               |
|               | 3.00               | 1.77               | 2.90               | 2.03               |
|               | 3.02               | 2.91               | 3.59               | 2.10               |
| 3             | 0.76               | 2.42               | 1.70               | 2.33               |
|               | 1.13               | 2.22               | 3.46               | 2.85               |
|               | 3.42               | 3.22               | 1.56               | 2.63               |
|               | 3.69               | 2.81               | 2.88               | 3.65               |
|               | 2.47               | 2.10               | 1.90               | 3.25               |
| 4             | 0.60               | 0.67               | 0.10               | 0.87               |
|               | 0.83               | 1.21               | 2.11               | 2.61               |
|               | 1.51               | 1.32               | 2.81               | 1.30               |
|               | 2.18               | 1.30               | 2.91               | 1.52               |
|               | 5.25               | 1.74               | 2.70               | 2.97               |
| 5             | 5.74               | 3.80               | 2.68               | 4.00               |
|               | 5.77               | 2.82               | 3.32               | 4.92               |
|               | 5.19               | 1.17               | 2.42               | 2.73               |
|               | 6.51               | 5.03               | 3.46               | 4.25               |
|               | 4.71               | 1.79               | 3.02               | 4.31               |
| Mean $\pm$ SD | 2.88 ( $\pm$ 1.64) | 2.25 ( $\pm$ 0.78) | 2.39 ( $\pm$ 0.67) | 2.74 ( $\pm$ 0.83) |

ตาราง 13 ตารางบันทึกข้อมูล CIE L\* ของกลุ่มการศึกษาเรโทรเอดัมทีเอ

| ชีพื้น  | ก่อนอุดวัสดุ | 2 สัปดาห์  | 4 สัปดาห์  | 8 สัปดาห์  | 20 สัปดาห์ |
|---------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| 1       | 84.6         | 85.5       | 83.3       | 83.2       | 81.9       |
|         | 85.9         | 85.0       | 84.3       | 83.5       | 83.2       |
|         | 85.2         | 83.9       | 83.3       | 81.9       | 84.1       |
|         | 85.3         | 82.7       | 84.2       | 82.7       | 82.4       |
|         | 84.7         | 81.8       | 83.4       | 82.8       | 83.0       |
| 2       | 86.0         | 86.1       | 85.7       | 85.5       | 83.2       |
|         | 86.4         | 85.9       | 85.6       | 84.5       | 83.5       |
|         | 86.3         | 84.8       | 85.6       | 83.7       | 84.4       |
|         | 86.6         | 85.8       | 84.5       | 85.8       | 84.7       |
|         | 86.2         | 85.8       | 85.2       | 85.8       | 85.3       |
| 3       | 82.9         | 85.2       | 83.5       | 82.5       | 83.4       |
|         | 83.1         | 85.4       | 84.8       | 83.1       | 84.4       |
|         | 83.8         | 85.4       | 85.7       | 82.9       | 84.9       |
|         | 81.4         | 84.7       | 84.7       | 83.2       | 82.9       |
|         | 85.3         | 86.0       | 84.1       | 83.2       | 83.0       |
| 4       | 89.3         | 87.9       | 88.7       | 87.7       | 87.3       |
|         | 88.5         | 86.9       | 88.3       | 87.7       | 86.8       |
|         | 89.5         | 87.8       | 86.8       | 86.6       | 87.1       |
|         | 88.5         | 87.4       | 88.1       | 88.0       | 86.5       |
|         | 88.7         | 88.0       | 88.8       | 87.4       | 86.7       |
| 5       | 88.2         | 85.3       | 87.8       | 86.2       | 85.1       |
|         | 87.3         | 85.9       | 85.8       | 86.7       | 85.5       |
|         | 88.1         | 88.0       | 87.8       | 86.9       | 86.2       |
|         | 87.9         | 86.3       | 88.5       | 88.3       | 86.2       |
|         | 87.8         | 86.0       | 88.7       | 85.6       | 86.4       |
| Mean±SD | 86.30±2.21   | 86.35±2.37 | 86.81±1.39 | 85.48±1.84 | 84.72±1.62 |

ตาราง 14 ตารางบันทึกข้อมูล CIE a\* ของกลุ่มการศึกษาเรโทรเอ็มทีเอ

| สีพื้น  | ก่อนอุดวัสดุ | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ |
|---------|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1       | 0.0          | 0.4       | 0.1       | 0.0       | 0.3        |
|         | 0.3          | 0.0       | -0.1      | -0.1      | 0.1        |
|         | 0.2          | 0.3       | 0.3       | 0.0       | 0.1        |
|         | 0.4          | 0.3       | 0.1       | 0.1       | 0.1        |
|         | 0.0          | 0.2       | 0.0       | 0.2       | 0.0        |
| 2       | 0.2          | 0.9       | 0.6       | 0.9       | 0.3        |
|         | 0.2          | 0.9       | 0.6       | 0.8       | 0.3        |
|         | 0.3          | 1.0       | 0.7       | 0.7       | 0.4        |
|         | 0.1          | 0.9       | 0.7       | 0.8       | 0.4        |
|         | 0.2          | 1.0       | 0.7       | 0.9       | 0.4        |
| 3       | 0.5          | 1.4       | 1.5       | 1.3       | 1.0        |
|         | 0.5          | 1.4       | 1.3       | 1.3       | 1.2        |
|         | 0.3          | 1.1       | 1.3       | 1.5       | 0.9        |
|         | 0.8          | 1.2       | 1.4       | 1.4       | 1.6        |
|         | 0.0          | 0.8       | 1.4       | 1.4       | 1.4        |
| 4       | 0.1          | 0.3       | 0.2       | 0.3       | 0.3        |
|         | 0.1          | 0.5       | 0.2       | 0.3       | 0.4        |
|         | 0.1          | 0.3       | 0.3       | 0.2       | 0.3        |
|         | 0.1          | 0.3       | 0.3       | 0.2       | 0.4        |
|         | 0.0          | 0.3       | 0.3       | 0.2       | 0.4        |
| 5       | 0.1          | 0.3       | 0.2       | 0.1       | 0.0        |
|         | 0.0          | 0.3       | 0.2       | -0.1      | -0.1       |
|         | 0.1          | 0.2       | 0.3       | -0.1      | -0.1       |
|         | -0.1         | 0.3       | 0.3       | -0.4      | 0.0        |
|         | 0.0          | 0.3       | 0.5       | -0.1      | 0.1        |
| Mean±SD | 0.18±0.15    | 0.39±0.23 | 0.36±0.27 | 0.49±0.46 | 0.41±0.48  |

ตาราง 15 ตารางบันทึกข้อมูล CIE b\* ของกลุ่มการศึกษาเรโทรเอดัมทีเอ

| ชีพื้น  | ก่อนอุดวัสดุ | 2 สัปดาห์  | 4 สัปดาห์  | 8 สัปดาห์  | 20 สัปดาห์ |
|---------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| 1       | 31.1         | 30.7       | 31         | 31.2       | 30.1       |
|         | 31.3         | 32.7       | 31.7       | 31.9       | 31.2       |
|         | 31.2         | 32.9       | 31.1       | 31.7       | 32.6       |
|         | 31.1         | 31.6       | 31.1       | 31.5       | 31.0       |
|         | 30.8         | 31.6       | 32.0       | 31.0       | 31.9       |
| 2       | 28.3         | 30.5       | 30.1       | 30.1       | 28.6       |
|         | 28.7         | 30.6       | 29.8       | 29.7       | 28.8       |
|         | 28.8         | 30.0       | 29.8       | 30.2       | 28.9       |
|         | 29.2         | 30.2       | 29.4       | 30.1       | 28.5       |
|         | 28.6         | 30.7       | 29.7       | 29.5       | 29.0       |
| 3       | 33.7         | 36.5       | 34.9       | 34.8       | 35.8       |
|         | 33.8         | 36.3       | 36.2       | 35.7       | 36.4       |
|         | 34.2         | 36.4       | 37.1       | 35.2       | 36.5       |
|         | 32.0         | 35.8       | 36.9       | 35.5       | 34.1       |
|         | 34.8         | 36.6       | 35.8       | 36.2       | 34.4       |
| 4       | 31.1         | 30.3       | 29.7       | 29.1       | 30.3       |
|         | 30.8         | 29.7       | 30.4       | 29.7       | 30.2       |
|         | 31.2         | 29.6       | 29.8       | 30.1       | 30.4       |
|         | 30.8         | 29.6       | 30.3       | 29.8       | 30.0       |
|         | 31.3         | 29.9       | 30.3       | 30.4       | 29.8       |
| 5       | 24.9         | 26.1       | 25.7       | 26.5       | 26.2       |
|         | 25.4         | 25.7       | 25.7       | 27.8       | 27.7       |
|         | 26.0         | 25.0       | 25.0       | 27.7       | 27.9       |
|         | 25.8         | 26.4       | 25.3       | 29.3       | 26.9       |
|         | 26.0         | 26.4       | 24.1       | 27.1       | 27.0       |
| Mean±SD | 30.04±3.03   | 31.38±2.60 | 30.97±1.78 | 30.68±1.78 | 30.57±3.15 |

ตาราง 16 ตารางข้อมูล  $\Delta E$  ของกลุ่มการศึกษาเรโทรเอ็มทีเอ

| ชีฟัน         | 2 สัปดาห์       | 4 สัปดาห์       | 8 สัปดาห์       | 20 สัปดาห์      |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1             | 1.06            | 1.30            | 1.40            | 2.89            |
|               | 1.69            | 1.69            | 2.50            | 2.70            |
|               | 2.14            | 1.90            | 3.34            | 1.78            |
|               | 2.64            | 1.14            | 2.64            | 2.91            |
|               | 3.01            | 1.76            | 1.92            | 2.02            |
| 2             | 2.31            | 1.86            | 1.99            | 2.81            |
|               | 2.08            | 1.41            | 2.22            | 2.90            |
|               | 2.04            | 1.28            | 2.97            | 1.90            |
|               | 1.50            | 2.19            | 1.39            | 2.04            |
|               | 2.28            | 1.56            | 1.20            | 1.00            |
| 3             | 3.73            | 1.67            | 1.41            | 2.21            |
|               | 3.51            | 3.04            | 2.06            | 2.98            |
|               | 2.83            | 3.60            | 1.80            | 2.61            |
|               | 5.04            | 5.93            | 3.98            | 2.70            |
|               | 2.09            | 2.09            | 2.88            | 2.72            |
| 4             | 1.62            | 1.52            | 2.56            | 2.16            |
|               | 1.98            | 0.45            | 1.37            | 1.82            |
|               | 2.34            | 3.04            | 3.10            | 2.53            |
|               | 1.64            | 0.67            | 1.12            | 2.17            |
|               | 1.59            | 1.04            | 1.59            | 2.53            |
| 5             | 3.14            | 0.9             | 2.56            | 3.36            |
|               | 1.46            | 1.54            | 2.47            | 2.92            |
|               | 1.00            | 1.06            | 2.09            | 2.69            |
|               | 1.75            | 0.87            | 3.53            | 2.02            |
|               | 1.86            | 2.16            | 2.46            | 1.72            |
| Mean $\pm$ SD | 2.26 $\pm$ 0.67 | 1.83 $\pm$ 0.82 | 2.27 $\pm$ 0.30 | 2.41 $\pm$ 0.21 |



ตาราง 17 ตารางบันทึกข้อมูล CIE L\* ของกลุ่มควบคุม

| สีพื้น  | ก่อนอุดวัสดุ | 2 สัปดาห์  | 4 สัปดาห์  | 8 สัปดาห์  | 20 สัปดาห์ |
|---------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| 1       | 88.9         | 86.1       | 86.0       | 86.9       | 85.2       |
|         | 84.9         | 88.0       | 83.7       | 84.3       | 85.0       |
|         | 86.3         | 88.9       | 86.2       | 86.8       | 84.7       |
|         | 86.2         | 86.8       | 85.3       | 84.2       | 83.9       |
|         | 86.5         | 87.0       | 85.3       | 84.2       | 83.9       |
| 2       | 85.5         | 87.7       | 87.0       | 84.6       | 85.0       |
|         | 81.5         | 88.8       | 85.9       | 86.4       | 85.4       |
|         | 86.2         | 84.9       | 86.7       | 84.9       | 82.9       |
|         | 83.9         | 86.8       | 85.0       | 86.8       | 84.6       |
|         | 83.3         | 88.0       | 86.9       | 87.1       | 84.6       |
| 3       | 85.6         | 85.4       | 86.6       | 84.8       | 82.7       |
|         | 85.4         | 87.2       | 85.3       | 84.4       | 84.2       |
|         | 84.9         | 85.7       | 84.7       | 84.7       | 84.0       |
|         | 86.0         | 86.2       | 84.4       | 84.6       | 85.0       |
|         | 85.4         | 83.2       | 83.1       | 85.0       | 85.4       |
| Mean±SD | 85.37±1.24   | 86.71±1.02 | 85.47±0.76 | 85.31±0.63 | 84.43±0.15 |

ตาราง 18 ตารางบันทึกข้อมูล CIE  $a^*$  ของกลุ่มควบคุม

| สีพื้น  | ก่อนอุดวัสดุ | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ |
|---------|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1       | 0.8          | 1.0       | 1.0       | 0.4       | -0.2       |
|         | 0.1          | 0.8       | 0.9       | 0.6       | -0.1       |
|         | 0.2          | 0.8       | 0.9       | 0.4       | -0.1       |
|         | 0.2          | 0.7       | 1.0       | 0.6       | 0.0        |
|         | 0.7          | 1.2       | 0.8       | 0.5       | 0.0        |
| 2       | 0.8          | 0.1       | 0.1       | 0.0       | 0.3        |
|         | 0.9          | 0.1       | 0.2       | 0.0       | 0.3        |
|         | 0.7          | 0.3       | 0.2       | 0.1       | 0.5        |
|         | 1.1          | 0.1       | 0.2       | -0.1      | 0.4        |
|         | 1.1          | 0.2       | 0.3       | 0.0       | 0.4        |
| 3       | 0.4          | 0.9       | 0.9       | 0.8       | 0.8        |
|         | 0.3          | 0.8       | 0.6       | 0.8       | 0.7        |
|         | 0.3          | 0.8       | 0.6       | 0.6       | 0.8        |
|         | -0.1         | 0.9       | 1.0       | 0.5       | 1.0        |
|         | 0.4          | 0.4       | 0.9       | 0.6       | 1.0        |
| Mean±SD | 0.53±0.35    | 0.61±0.39 | 0.64±0.39 | 0.39±0.34 | 0.39±0.47  |

ตาราง 19 ตารางบันทึกข้อมูล CIE b\* ของกลุ่มควบคุม

| สีพื้น  | ก่อนอุดวัสดุ | 2 สัปดาห์  | 4 สัปดาห์  | 8 สัปดาห์  | 20 สัปดาห์ |
|---------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| 1       | 27.9         | 27.1       | 27.8       | 27.5       | 26.5       |
|         | 27.5         | 28.1       | 26.9       | 26.4       | 26.3       |
|         | 27.7         | 27.9       | 27.5       | 27.2       | 26.7       |
|         | 27.4         | 27.6       | 27.3       | 26.7       | 26.9       |
|         | 27.1         | 27.0       | 27.1       | 27.2       | 27.0       |
| 2       | 28.6         | 28.8       | 28         | 26.6       | 26.4       |
|         | 29.3         | 28.8       | 27.8       | 27.3       | 26.8       |
|         | 28.6         | 27.9       | 28.2       | 27.5       | 25.2       |
|         | 27.8         | 28.4       | 27.6       | 28.2       | 26.2       |
|         | 27.5         | 28.6       | 28.2       | 28.0       | 26.2       |
| 3       | 26.2         | 27.4       | 27.5       | 26.5       | 26.0       |
|         | 26.5         | 27.9       | 28.0       | 26.5       | 26.7       |
|         | 27.0         | 28.2       | 27.8       | 27.5       | 26.6       |
|         | 28.5         | 27.6       | 27.0       | 27.6       | 27.0       |
|         | 26.2         | 26.7       | 26.5       | 27.1       | 26.9       |
| Mean±SD | 27.59±0.74   | 27.87±0.55 | 27.55±0.36 | 27.19±0.29 | 26.49±0.29 |

ตาราง 20 ตารางข้อมูล  $\Delta E$  ของกลุ่มควบคุม

| ที่พื้น       | 2 สัปดาห์       | 4 สัปดาห์       | 8 สัปดาห์       | 20 สัปดาห์      |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1             | 2.91            | 2.90            | 2.07            | 4.08            |
|               | 3.23            | 1.56            | 1.34            | 1.22            |
|               | 2.67            | 0.73            | 0.73            | 1.91            |
|               | 0.80            | 1.20            | 2.15            | 2.36            |
|               | 0.71            | 1.20            | 2.31            | 2.69            |
| 2             | 2.31            | 1.76            | 2.33            | 2.31            |
|               | 7.36            | 4.70            | 5.36            | 4.67            |
|               | 1.52            | 0.81            | 1.80            | 4.74            |
|               | 3.12            | 1.43            | 3.16            | 1.88            |
|               | 4.91            | 3.75            | 3.98            | 1.96            |
| 3             | 1.31            | 1.71            | 0.94            | 2.93            |
|               | 2.33            | 1.53            | 1.11            | 1.287           |
|               | 1.52            | 0.87            | 0.61            | 1.10            |
|               | 1.36            | 2.45            | 1.76            | 2.11            |
|               | 2.25            | 2.37            | 1.00            | 0.92            |
| Mean $\pm$ SD | 2.56 $\pm$ 1.13 | 1.94 $\pm$ 0.50 | 2.05 $\pm$ 1.16 | 2.41 $\pm$ 0.72 |

## ประวัติผู้เขียน

|                   |                                                                                              |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ-สกุล         | สุจิตราภา แข่งขัน                                                                            |
| วัน เดือน ปี เกิด | 10 เมษายน 2534                                                                               |
| สถานที่เกิด       | ยะลา                                                                                         |
| วุฒิการศึกษา      | พ.ศ. 2557<br>ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ<br>ปีการศึกษา 2557            |
| ที่อยู่ปัจจุบัน   | 143/258 หมู่ 4 ตำบลมะขามเตี้ย ซอยชนเกษม 17<br>ถนนชนเกษม อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000 |

