

ผลของสารผสมระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและกรดซिटริกต่อความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของสารยึดติดกับ  
ฟันมนุษย์ที่ถูกฟอกสีฟัน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน  
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2563  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Effect of an Antioxidizing Agent - containing Citric Acid on the Shear Bond Strength of  
Adhesive Bonded to Bleached Human Enamel



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Orthodontics

Department of Orthodontics

FACULTY OF DENTISTRY

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของสารผสมระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและกรดซิติริก  
ต่อความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของสารยึดติดกับฟันมนุษย์ที่ถูก  
ฟอกสีฟัน  
โดย น.ส.พิชณี แซ่อาวเอี้ยง  
สาขาวิชา ทันตกรรมจัดฟัน  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ทพ. ดร.ไพบุลย์ เตชะเลิศไพศาล

---

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ทพ. ดร.พรชัย จันศิษย์ยานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทญ. ดร.พินทุอร จันทรวราทิตย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ ทพ. ดร.ไพบุลย์ เตชะเลิศไพศาล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ทพ. ดร.ไชยรัตน์ เฉลิมรัตน์โรจน์)

พิกชนี แช่วาวเอียง : ผลของสารผสมระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและกรดซิตริกต่อความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของสารยึดติดกับฟันมนุษย์ที่ถูกฟอกสีฟัน. ( Effect of an Antioxidizing Agent - containing Citric Acid on the Shear Bond Strength of Adhesive Bonded to Bleached Human Enamel) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ทพ. ดร.ไพฑูริย์ เตชะเลิศไพศาล

วัตถุประสงค์: เพื่อประเมินผลของกรดเอทิลแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 35 ที่ถูกนำมารวมกับกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 ต่อความแข็งแรงพันธะยึดเหนี่ยวของแบร็กเกตที่ยึดติดกับเรซินคอมโพสิตและฟันมนุษย์หลังจากการฟอกสี

วัสดุและวิธีการ: งานวิจัยในครั้งนี้ใช้ฟันกรามน้อยบนจำนวน 40 ซี่แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม (10 ซี่ต่อกลุ่ม) โดยกลุ่มควบคุมใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดบนผิวเคลือบฟันที่ไม่ได้ฟอกสีฟันเป็นระยะเวลา 15 วินาที สำหรับกลุ่มทดลองที่ 1 ใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37% กัดบนผิวฟันที่ถูกฟอกสีฟันเป็นระยะเวลา 15 วินาที กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้โซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 35 เตรียมผิวเคลือบฟันก่อนเป็นระยะเวลา 5 นาที แล้วจึงตามด้วยการใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดบนผิวเคลือบฟันที่ฟอกสีฟันเป็นระยะเวลา 15 วินาที ส่วนกลุ่มทดลองที่ 3 นั้น ได้ใช้กรดที่ผสมด้วยกรดเอทิลแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 35 รวมกับกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 กัดบนผิวฟันที่ถูกฟอกสีฟันเป็นระยะเวลา 5 นาที จากนั้นได้ทำการยึดแบร็กเกตโลหะบนผิวเคลือบฟันของฟันทุกกลุ่มและนำฟันไปฝังในทอพีวีซีโดยใช้อุปกรณ์ซีลน้ำเพื่อให้ผิวเคลือบฟันด้านแกมขานานกับแรงที่ใช้ในระหว่างการทดสอบความแข็งแรงของพันธะเหนียว และนำชิ้นงานไปทดสอบความแข็งแรงของพันธะเหนียวโดยเครื่องทดสอบแรงกดประสงค์ ความเร็วของหัวตัด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที จนกว่าแบร็กเกตหลุดจากผิวเคลือบฟัน นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว และศึกษาดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด โดยดูจากภาพถ่ายที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอภายใต้กำลังขยาย 20 เท่า ด้วยสถิติการทดสอบไคสควาร์ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการศึกษา: ความแข็งแรงของพันธะเหนียวมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 เท่ากับ  $23.30 \pm 3.02$   $14.03 \pm 3.13$   $20.09 \pm 2.48$  และ  $18.24 \pm 4.25$  เมกะปาสคาลตามลำดับ โดยพบว่าค่าความแข็งแรงของพันธะเหนียวของกลุ่มที่มีการใช้กรดเอทิลแอสคอร์บิกผสมกับกรดซิตริกเป็นสารกัด (กลุ่มทดลองที่ 3) และกลุ่มที่ใช้โซเดียมแอสคอร์เบตปรับสภาพผิวเคลือบฟันก่อนการกัดด้วยกรดฟอสฟอริก (กลุ่มทดลองที่ 2) มีความแข็งแรงของพันธะเหนียวที่มากกว่ากลุ่มที่ใช้กรดฟอสฟอริกอย่างเดียว (กลุ่มทดลองที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญ ( $p=0.03$ ) และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ค่าความแข็งแรงของพันธะเหนียวของกลุ่มที่มีการใช้กรดเอทิลแอสคอร์บิกผสมกับกรดซิตริก (กลุ่มทดลองที่ 3) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p=0.008$ ) เช่นกัน และพบว่าค่าการกระจายของดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติดทั้ง 4 กลุ่มมีความแตกต่างกัน

สรุป: การใช้กรดเอทิลแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 35 ผสมกับกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 สามารถเพิ่มค่าความแข็งแรงพันธะในการยึดติดของแบร็กเกตและผิวเคลือบฟันขึ้นได้ ถึงแม้ว่าค่าความแข็งแรงพันธะที่เพิ่มขึ้นนี้ไม่ได้ค่าสูงเท่ากับกลุ่มที่ไม่ได้ฟอกสีฟันก็ตาม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฟอกสีฟันใช้กรดฟอสฟอริกเพียงอย่างเดียว ค่าความแข็งแรงพันธะในการยึดติดของแบร็กเกตและผิวเคลือบฟันที่ได้นั้นถือว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา                   ทันตกรรมจัดฟัน  
ปีการศึกษา                 2563

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

# # 6270031232 : MAJOR ORTHODONTICS

KEYWORD: Tooth bleaching Antioxidants Shear bond strength

Pichanee Saeoweiang : Effect of an Antioxidizing Agent - containing Citric Acid on the Shear Bond Strength of Adhesive Bonded to Bleached Human Enamel. Advisor: Assoc. Prof. PAIBOON TECHALERTPAISARN, D.D.S., Ph.D.

Objectives: The purpose of this study was to evaluate the effect of 35% ethyl ascorbic acid combining with 50% citric acid on the shear bond strength of metallic brackets bonded with composite resin to human teeth after bleaching.

Materials and Methods: For shear bond strength test, forty maxillary premolar teeth were divided to 4 groups (n=10 per group). In control group, 37% phosphoric acid was applied on unbleached teeth 15 seconds. For group 1, 37% phosphoric acid (37PA) was applied on bleached teeth 15 seconds. For group 2, 35% sodium ascorbate was applied on bleached teeth 5 minutes and followed by 37% phosphoric acid 15 seconds (35SA37PA). For group 3, the 35% ethyl ascorbic acid-50% citric acid formulation (35EA50CA) was applied instead of phosphoric acid on bleached teeth 5 minutes. The upper premolar brackets were fixed on the tooth surface with resin composite. In order to make the buccal surface of the tooth parallel to the applied force during the shear bond strength test. the prepared crown was ligated to the guiding index before placed on a PVC pipe which contained self-cured acrylic. A universal testing machine was used for the shear bond strength test. The crosshead speed was set at 1 mm per minute until failure occurs, then the teeth were observed under a stereomicroscope under 20X magnification to evaluate the Adhesive Remnant Index (ARI) scores. A one-way ANOVA and a Chi-Square test were used to compare the shear bond strength and the ARI scores among the four groups. A *p*-value less than 0.05 was considered to be statistically significant.

Results: The highest shear bond strength was found in control group (23.30±3.02 MPa) followed by 35SA37PA group (20.09±2.48 MPa). The lowest shear bond strength was noted in 37PA group (14.03±3.13 MPa) followed by 35EA50CA group (18.24±4.25 MPa). The one-way ANOVA revealed that the shear bond strength was not significantly different between 35EA50CA group and 35SA37PA group (*p*>0.05) but both 35EA50CA group and 35SA37PA group had significantly higher shear bond strength than 37PA group (*p*=0.03). However, the shear bond strength of 35EA50CA group was significantly lower than control group (*p*=0.008). The Chi-Square test showed significant difference of ARI scores among the tested groups (*p*<0.001).

Conclusions: The 35% ethyl ascorbic acid-50% citric acid formulation improved shear bond strength for etching in the orthodontic bracket which bonded to the bleached teeth although the increased shear bond strength was not as high as the non-bleaching group.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study: Orthodontics

Student's Signature .....

Academic Year: 2020

Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของรองศาสตราจารย์ ทันทแพทย์ ดร. ไพบุลย์ เตชะเลิศไพศาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ทันทแพทย์ธนิต เจริญรัตน์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.ชนัท อันบางเขน ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ในการทำวิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณบริษัท ออร์โทดอนติกไลน์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อแบร์กเกตจัดฟันมาใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

พิชณี แซ่อาวเอี้ยง



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## สารบัญ

|                                                                                     | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| .....                                                                               | ค    |
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                                                                | ค    |
| .....                                                                               | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                                                             | ง    |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                                                | จ    |
| สารบัญ.....                                                                         | ฉ    |
| สารบัญตาราง.....                                                                    | ช    |
| สารบัญรูปภาพ.....                                                                   | ฌ    |
| บทที่ 1 บทนำ .....                                                                  | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย .....                                         | 1    |
| 1.2 คำถามการวิจัย (Research Question).....                                          | 3    |
| 1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย (Research objectives).....                                 | 3    |
| 1.4 สมมติฐานของการวิจัย (Research Hypothesis).....                                  | 4    |
| 1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework).....                                  | 4    |
| 1.6 ขอบพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัย .....                                            | 4    |
| บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์ .....                                                      | 5    |
| 2.1 การฟอกสีฟันและความแข็งแรงพันธะของเคลือบฟัน .....                                | 5    |
| 2.2 กรดแอสคอร์บิกและผลกระทบต่อความแข็งแรงพันธะของฟันที่ถูกฟอกสีฟัน .....            | 6    |
| 2.3 การเตรียมผิวเคลือบฟันด้วยสารกัตชนิดกรด และการยึดติดโดยตรงของแบร์กเกตจัดฟัน..... | 9    |
| บทที่ 3 วัสดุและวิธีดำเนินการวิจัย .....                                            | 13   |
| 3.1. การออกแบบการวิจัย.....                                                         | 13   |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2. กลุ่มตัวอย่าง .....                                                                                      | 13 |
| 3.3 ขนาดตัวอย่าง .....                                                                                        | 13 |
| 3.4 การเตรียมกลุ่มตัวอย่าง .....                                                                              | 14 |
| 3.5 การทดสอบความแข็งแรงของพันธะเชื่อม .....                                                                   | 18 |
| 3.6 การวัดค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI) ภายหลังจาก<br>หลุดของแบร็กเก็ต ..... | 19 |
| 3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ .....                                                                                | 20 |
| บทที่ 4 ผลการศึกษา.....                                                                                       | 25 |
| 4.1 ผลการทดสอบความแข็งแรงของพันธะเชื่อม.....                                                                  | 25 |
| 4.2 ผลการทดลองของค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI)...                            | 25 |
| บทที่ 5 การอภิปรายผล.....                                                                                     | 27 |
| บทที่ 6 บทสรุป.....                                                                                           | 32 |
| บรรณานุกรม.....                                                                                               | 33 |
| ประวัติผู้เขียน.....                                                                                          | 41 |



## สารบัญตาราง

หน้า

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงของพันธะเฉือน (MPa) สำหรับกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่ม .....       | 20 |
| ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ของความแข็งแรงของพันธะเฉือน .....                       | 21 |
| ตารางที่ 3 ความถี่ของคะแนนเออาร์ไอ (ARI scores) ระหว่างกลุ่ม และผลการทดสอบจากสถิติไคสแควร์ (Chi-Square test) ..... | 24 |



## สารบัญรูปภาพ

|                                                                                                                                     | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย.....                                                                                                 | 4    |
| รูปที่ 2 ค่าความแข็งแรงของสารยึดติด (polyurethane resin) กับผิวเคลือบฟันและเวลาในการใช้<br>งานของกรดซिटริกความเข้มข้นร้อยละ 50..... | 11   |
| รูปที่ 3 ผลของกรดซिटริกความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ทำต่อผิวเคลือบฟันของมนุษย์ในระยะเวลาที่<br>แตกต่างกัน.....                           | 12   |
| รูปที่ 4 ขนาดตัวอย่างที่คำนวณจากโปรแกรม G*Power 3.1.9.7 .....                                                                       | 13   |
| รูปที่ 5 ภาพประกอบของอุปกรณ์ชี้นำ (guiding index).....                                                                              | 18   |
| รูปที่ 6 เครื่องทดสอบเนกประสงค์ (EZ-S, SHIMADZU) พร้อมชิ้นงานทดสอบ.....                                                             | 19   |
| รูปที่ 7 แผนภาพฮิสโตแกรมรายงานค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงของพันธะ<br>เคียน (MPa).....                             | 22   |
| รูปที่ 8 ภาพถ่ายที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (SZ 61, Olympus, Japan) ภายใต้<br>กำลังขยาย 20 เท่าของชิ้นงานตัวอย่าง.....       | 23   |

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

เนื่องจากแนวโน้มความนิยมที่เพิ่มขึ้นต่อทันตกรรมเพื่อความสวยงาม การฟอกสีฟันจึงกลายเป็นหนึ่งในหัตถการทางทันตกรรมเพื่อความสวยงาม ที่ได้รับความนิยมอย่างมาก โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่อยู่ในวัยผู้ใหญ่ ตัวอย่างเช่น มีรายงานว่า ร้อยละ 34 ของประชากรวัยผู้ใหญ่ในประเทศสหรัฐอเมริกา รู้สึกไม่พึงพอใจกับสีฟันในปัจจุบันของพวกเขา<sup>(1)</sup> หรือร้อยละ 28 ของประชากรวัยผู้ใหญ่ในประเทศสหราชอาณาจักรไม่พอใจกับลักษณะของฟันที่ปรากฏขณะพูดหรือยิ้ม<sup>(2)</sup>

การรับรู้สุนทรียศาสตร์ของรอยยิ้มนั้น นอกจากสีของฟันแล้ว การเรียงตัวที่ดีของฟันก็เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญเช่นกัน ทำให้การฟอกสีฟันได้รับความนิยมในหมู่ผู้ป่วยที่ได้รับการจัดฟันมากขึ้น<sup>(3)</sup> <sup>4)</sup> ซึ่งมีการวิจัยหนึ่งทีพบว่า ร้อยละ 88 ของผู้ป่วยที่ได้รับการจัดฟัน ต้องการการฟอกสีฟันร่วมด้วย<sup>(5)</sup> และจากที่ระบุไว้ในการศึกษาของ Krug และ Green พบว่า อัตราความพึงพอใจของผู้ป่วยจะเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 90 หากได้รับการฟอกสีฟันร่วมกับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน<sup>(6)</sup>

บ่อยครั้งที่ทันตแพทย์จัดฟันพบว่าผู้ป่วยรู้สึกไม่พอใจกับลักษณะสีฟันที่ปรากฏอยู่ขณะมีเครื่องมือจัดฟันติดแน่นภายในช่องปาก ดังนั้นการฟอกสีฟันในคลินิกอาจกระตุ้นให้ผู้ป่วยมารับการรักษาโดยสม่ำเสมอ หรือไม่หยุดการรักษากลางคัน ซึ่งการรักษาโดยใช้เครื่องมือจัดฟันติดแน่นนั้น การฟอกสีฟันสามารถทำได้โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายด้านความสวยงามของฟันและเครื่องมือ<sup>(7)</sup>

นอกเหนือจากวัตถุประสงค์โดยทั่วไปแล้ว การฟอกสีฟันยังเป็นสิ่งจำเป็นในผู้ป่วยที่มีการเปลี่ยนสีของฟันจากเนื้อเยื่อในฟันที่ตาย ส่งผลให้สูญเสียความสวยงามในบริเวณฟันหน้า อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่า ความแข็งแรงของฟันระหว่างเรซินคอมโพสิตและเคลือบฟันลดลงเมื่อฟันถูกฟอกสีฟัน ไม่ว่าจะทำที่คลินิก หรือที่บ้านก็ตาม<sup>(8-12)</sup>

ในส่วนงานด้านสาขาทันตกรรมบูรณะ มีบางรายงานการวิจัยระบุว่า พบการลดลงของความแข็งแรงของฟันระของเคลือบฟัน ภายหลังจากฟอกสีฟันในตัวฟันด้วยสารคาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน<sup>(13-15)</sup> ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาว่า การฟอกสีฟันจะมีผลกระทบอย่างมากต่อความแข็งแรงของฟันระหว่างแบร็กเกตจัดฟัน และผิวเคลือบฟัน เช่น ผู้ป่วยวัยผู้ใหญ่บางคนที่สนใจในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันที่อาจมีฟันที่ได้รับการรักษาลong รากฟัน ซึ่งได้รับการฟอกสีฟันมาก่อนหรือจำเป็นต้องได้รับการฟอกสีฟันร่วมด้วย จากการศึกษาโดย Uysal และคณะ<sup>(16)</sup> พบว่า

เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมแล้ว ความแข็งแรงของพันธะเชื่อมระหว่างแบร์กเกตและผิวเคลือบฟันลดลงอย่างมากในทันทีภายหลังจากการฟอกสีฟันในตัวฟัน

เพื่อแก้ไขปัญหานี้ จึงมีการใช้สารที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพและมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่เป็นกลางทาที่ผิวเคลือบฟันก่อนใช้สารยัดติด ซึ่งในการศึกษาส่วนใหญ่จะใช้สารโซเดียมแอสคอร์เบต (Sodium ascorbate; SA) เนื่องจากคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง เมื่อเทียบกับสารประเภทอื่นๆ<sup>(17-28)</sup>

จากการศึกษาของ Lai และคณะรายงานว่า ความแข็งแรงของพันธะระหว่างเรซินคอมโพสิตและเคลือบฟันซึ่งลดลงหลังจากการฟอกสี สามารถกลับไปยังระดับปกติได้ โดยทำการปรับสภาพเคลือบฟันด้วยโซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 10 ก่อนการยัดติด ทำให้หัตถการที่ต้องอาศัยการยัดติดไม่จำเป็นต้องถูกเลื่อนออกไป<sup>(17, 18)</sup>

กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid; AA) และอนุพันธ์วิตามินซี เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพที่ช่วยลดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระในระบบชีวภาพ นอกจากนี้กรดแอสคอร์บิกและอนุพันธ์วิตามินซี เป็นสารที่ไม่มีความเป็นพิษและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารในฐานะสารต้านอนุมูลอิสระ

เพื่อลดความซับซ้อนของขั้นตอนการยัดติด ตามแนวโน้มของการพัฒนาสารยัดติดในปัจจุบัน เมื่อพิจารณาว่า ทั้งโซเดียมแอสคอร์เบตและสารกักตุนชนิดกรดจะต้องถูกกำจัดออกก่อนการใช้สารยัดติด การนำสารทั้งสองชนิดมารวมกันเป็นขั้นตอนเดียว จึงเป็นแนวคิดที่น่าสนใจ เพื่อลดขั้นตอนและเวลาในการทำงาน

อย่างไรก็ตามการผสมระหว่างโซเดียมแอสคอร์เบตและกรดฟอสฟอริกอาจมีข้อจำกัดค่อนข้างมาก เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้สำหรับให้สารต้านอนุมูลอิสระออกฤทธิ์ได้อย่างเพียงพอ และค่าพีเอช (pH) ที่แตกต่างกันอย่างมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาอนุพันธ์อื่น ๆ ของกรดแอสคอร์บิก และสารกักตุนชนิดกรดชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกว่า

กรด 3-โอ-เอทิล-แอล-แอสคอร์บิก (3-O-ethyl-L-ascorbic) เป็นอนุพันธ์กรดแอสคอร์บิกที่มีพันธะของกลุ่มเอทิลยึดติดกับคาร์บอนตำแหน่งที่สาม ตามที่รายงานจากการศึกษาเกี่ยวกับเสถียรภาพของกรดแอสคอร์บิกและกรด 3-โอ-เอทิล-แอล-แอสคอร์บิก (3-O-ethyl-L-ascorbic) ในสารละลายในน้ำ<sup>(29)</sup> พบว่ากรด 3-โอ-เอทิล-แอล-แอสคอร์บิก (3-O-ethyl-L-ascorbic) มีความเสถียรถึงแม้เวลา

จะผ่านไปถึง 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25-55 องศาเซลเซียส และความเสถียรต่อความร้อนและแสงของกรด 3-โอ-เอทิล-แอล-แอสคอร์บิก (3-O-ethyl-L-ascorbic) นั้นมากกว่ากรดแอสคอร์บิกอย่างมีนัยสำคัญ

กรดซิตริก (Citric acid) เป็นกรดไตรคาร์บอกซิลิก (Tricarboxylic acid) ชนิดกรดอ่อน ซึ่งพบได้มากตามธรรมชาติในผลไม้รสเปรี้ยว<sup>(30)</sup> ในงานด้านทันตกรรม พบว่ามีการใช้กรดซิตริกในการกำจัดชั้นสเมียร์ของเนื้อฟัน โดยประสิทธิภาพทางคลินิกของกรดซิตริกได้มีการศึกษามาก่อนหน้านี้<sup>(31, 32)</sup> อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า กรดซิตริกไม่นิยมใช้เป็นสารกัดชนิดกรดสำหรับการเตรียมพื้นผิวเคลือบฟัน เนื่องจากเวลาในการใช้งานที่ค่อนข้างนาน อย่างไรก็ตามมีการศึกษาที่ใช้กรดซิตริกทาที่ผิวเคลือบฟันเป็นเวลามากกว่าสามนาที ผลของความแข็งแรงของพันธะระหว่างเคลือบฟันกับแบร็กเกตจัดฟันก็อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ทางคลินิก<sup>(33, 34)</sup>

ดังนั้นแล้วในการศึกษานี้ เป็นครั้งแรกที่ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของกรด 3-โอ-เอทิล-แอล-แอสคอร์บิก (3-O-ethyl-L-ascorbic) ในฐานะสารต้านอนุมูลอิสระร่วมกับกรดซิตริกเพื่อสร้างสูตรสารกัดชนิดกรดที่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของพันธะของแบร็กเกตจัดฟันกับเคลือบฟันที่ถูกฟอกสีฟัน และสามารถเตรียมพื้นผิวเคลือบฟันที่เหมาะสมสำหรับการยึดติดเชิงกลได้

## 1.2 คำถามการวิจัย (Research Question)

มีความแตกต่างของค่าความแข็งแรงของพันธะยึดเหนี่ยวระหว่างผิวเคลือบฟันมนุษย์ที่ถูกฟอกสีฟันและแบร็กเกตจัดฟันโลหะหรือไม่ เมื่อใช้วิธีการเตรียมผิวเคลือบฟันด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน

## 1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย (Research objectives)

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ เพื่อประเมินผลของกรดเอทิลแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 35 ที่ถูกนำมาพร้อมกับกรดซิตริกต่อความแข็งแรงพันธะยึดเหนี่ยวของแบร็กเกตที่ยึดติดกับเรซินคอมโพสิตและฟันมนุษย์หลังจากการฟอกสี

## 1.4 สมมติฐานของการวิจัย (Research Hypothesis)

สมมติฐานว่าง (Null hypothesis;  $H_0$ ) : ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าความแข็งแรงของพันธะเชื่อมระหว่างผิวเคลือบฟันของมนุษย์ที่ถูกฟอกสีฟันและแบร็กเกตจัดฟันโลหะ เมื่อใช้วิธีการเตรียมผิวเคลือบฟันด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน

สมมติฐานทางเลือก (Alternative hypothesis;  $H_1$ ) : มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าความแข็งแรงของพันธะเชื่อมระหว่างผิวเคลือบฟันของมนุษย์ที่ถูกฟอกสีฟันและแบร็กเกตจัดฟันโลหะ เมื่อใช้วิธีการเตรียมผิวเคลือบฟันด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน

## 1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

## 1.6 ข้อพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับอนุมัติระเบียบวิธีการวิจัยเมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2563 ใบอนุญาตเลขที่ 2020-113 (HREC-DCU 2020-113) โดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์

### 2.1 การฟอกสีฟันและความแข็งแรงพันธะของเคลือบฟัน

สารฟอกสีฟันที่มีอยู่ในปัจจุบันประกอบไปด้วยคาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ (Carbamide peroxide; CP) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide; HP) อย่างไรก็ตามมีการศึกษาที่พบว่าสารเปอร์ออกไซด์ในสารฟอกสีฟันก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีในเคลือบฟันและเนื้อฟัน โดยความแข็งแรงของพันธะของเรซินคอมโพสิตกับเคลือบฟันจะลดลงเนื่องจากเปอร์ออกไซด์ที่เหลือนบนเคลือบฟันและเนื้อฟันจะยับยั้งการเกิดกระบวนการพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ของสารโมเลกุลเล็ก (Monomer) ในชั้นไฮบริด (Hybrid layer) และยับยั้งการแทรกซึมและการก่อตัวของเรซินแท็ก (Resin tags)<sup>(35)</sup> สาเหตุที่เป็นไปได้ของความล้มเหลวของการยึดติดซึ่งสามารถสังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy; SEM) คือการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเปอร์ออกไซด์ที่เหลือนในชั้นเคลือบฟันและเรซินแท็ก (Resin tags) ในชั้นไฮบริด (Hybrid layer) นอกจากนี้ในฟันที่มีการฟอกสีฟัน หลังจกมีการกัดเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 พบว่าเรซินแท็ก (Resin tags) ที่เกิดขึ้นเมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy; SEM) จะมีความชัดเจนของขอบเขตน้อยลง มีความกระจัดกระจายในการเกิดมากขึ้น และแทรกซึมลงไปได้ลึกน้อยกว่าในเคลือบฟันที่ไม่ถูกฟอกสีฟัน<sup>(36)</sup>

การฟอกสีฟันจะทำให้เกิดการลดลงของปริมาณแคลเซียมและฟอสเฟตบนผิวเคลือบฟันและยังเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของผลึกชั้นบนสุดบนผิวเคลือบฟัน<sup>(24)</sup> รวมถึงการกัดผิวเคลือบฟันที่ถูกฟอกสีฟันด้วยกรดจะทำให้เกิดการสูญเสียรูปแบบของปริซึม (Prismatic form) และลักษณะผิวเคลือบฟันที่ได้จะมีลักษณะเหมือนผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดผิวฟันมากเกินไป (Over-etch)<sup>(37)</sup> ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้ไม่สามารถสร้างพันธะที่แข็งแรงระหว่างสารยึดติดและผิวเคลือบฟันได้

เพื่อป้องกันผลข้างเคียงจากการฟอกสีที่ทำให้ความแข็งแรงของพันธะลดลง ได้มีการนำวิธีการต่าง ๆ มาใช้เพื่อลดผลข้างเคียงนี้ เช่น การกรอผิวเคลือบฟันที่เต็มไปด้วยอนุมูลอิสระออกซิเจน (Reactive oxygen species; ROS) ของสารฟอกสีฟัน หรือใช้สารยึดติดที่มีตัวทำละลายอินทรีย์<sup>(11, 12)</sup> อย่างไรก็ตามวิธีที่ดีที่สุดในการฟื้นฟูความแข็งแรงของพันธะคือการชะลอขั้นตอนการยึดติดหลังจกการฟอกสีเป็นเวลาอย่างน้อย 7 ถึง 14 วันเพื่อให้เปอร์ออกไซด์ที่ตกค้างในรูพรุนของผิวเคลือบฟันสลายไปอย่างสมบูรณ์<sup>(8-10)</sup> และเพื่อต้องการลดระยะเวลาในการรอนี้ ได้มีหลายการศึกษา

ที่ใช้โซเดียมแอสคอร์เบตเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อกำจัดอนุมูลอิสระออกซิเจน (Reactive oxygen species; ROS) ที่ตกค้างทั้งหมดที่เกิดจากสารฟอกสีฟัน<sup>(17, 18, 38-40)</sup>

## 2.2 กรดแอสคอร์บิกและผลกระทบต่อความแข็งแรงพันธะของฟันที่ถูกฟอกสีฟัน

กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid; AA) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดละลายน้ำได้ ซึ่งพบกันอย่างแพร่หลายในเนื้อเยื่อของมนุษย์<sup>(41)</sup> อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติกรดแอสคอร์บิกจำเป็นต้องคำนึงถึงเรื่องความเสถียรในสารละลายเป็นหลัก โดยในสารละลายที่เป็นน้ำ ไอออนของกรดแอสคอร์บิกจะเกิดการออกซิเดชัน (Oxidation) อัตราการสลายตัวที่เพิ่มขึ้นของกรดแอสคอร์บิกจะถูกกระตุ้นด้วยอุณหภูมิหรือค่าพีเอช (pH) ที่สูงขึ้น การคงอยู่ของออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen) และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาของไอออนโลหะ<sup>(42, 43)</sup> การย่อยสลายอย่างรวดเร็วของกรดแอสคอร์บิกตามปกติ จะสังเกตได้จากการเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองของสารละลาย ซึ่งมีผลมาจากสูตรของส่วนผสม บรรจุภัณฑ์ และสภาพการเก็บรักษาด้วย<sup>(44, 45)</sup>

มีความพยายามอย่างมากในการสังเคราะห์อนุพันธ์กรดแอสคอร์บิกที่มีเสถียรภาพมากขึ้น เช่น เกลือของแอล-แอสคอร์บิล 2-ฟอสเฟต (l-ascorbyl 2-phosphate) หรือ แอล-แอสคอร์บิล 6-ปาล์มมิเตท (l-ascorbyl 6-palmitate)<sup>(46, 47)</sup> แต่เมื่ออ้างอิงจากผลการศึกษาของ Austria และคณะ<sup>(46)</sup> พบว่าความเสถียรในสารละลายในน้ำไม่ได้เพิ่มมากขึ้นจากการเติมกรดไขมันชนิดเอสเทอร์เข้าไปที่หมู่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 (C<sub>6</sub>-OH esterified group) เมื่อเทียบกับกรดแอสคอร์บิก

ขณะที่เกลือของแอสคอร์บิล 2-ฟอสเฟต (l-ascorbyl 2-phosphate) เช่น โซเดียมแอสคอร์บิล 2-ฟอสเฟต (sodium ascorbyl 2-phosphate; SAP) และแมกนีเซียมแอสคอร์บิล 2-ฟอสเฟต (Magnesium ascorbyl 2-phosphate; MAP) จะมีเสถียรภาพในสารละลายที่มีค่าพีเอช (pH) เท่ากับ 7 โดยการเกิดออกซิเดชันในระบบเอดิทอล (enediol) ของโมเลกุลจะถูกจำกัดจากกลุ่มฟอสเฟตที่อยู่ในตำแหน่งที่สองของวงแหวนไซคลิก (cyclic ring) ดังนั้นในขณะที่อยู่ในรูปเกลือจะไม่สามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้<sup>(46)</sup> เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระถูกกำหนดจากการเปลี่ยนรูปเป็นกรดแอสคอร์บิกในร่างกาย<sup>(48)</sup>

ความเสถียรของอนุพันธ์กรดแอสคอร์บิกที่มีการเติมหมู่เอทิล (Ethyl) ลงไป มาจากโครงสร้างซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic group) และส่วนที่ชอบไขมัน (Lipophilic group) ของกรดเอทิล-แอล-แอสคอร์บิก (ethyl-l-ascorbic acid)<sup>(49)</sup>



เนื่องจากโครงสร้างของกรด 3-โอ-เอทิล-แอล-แอสคอร์บิก (3-O-ethyl-l-ascorbic) ซึ่งเป็นอนุพันธ์กรดแอสคอร์บิกที่มีการยึดติดของพันธะกลุ่มเอทิล (Ethyl group) ไปยังคาร์บอนตำแหน่งที่สาม โดยกลุ่มเอทิลบริเวณคาร์บอนตำแหน่งที่สามจะเกิดการไอออไนเซชัน (Ionization) ซึ่งช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชันของโมเลกุล แต่ก็ทำให้คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีเกิดความแตกต่างกับกรดแอสคอร์บิกด้วย<sup>(50)</sup>

ตามรายงานการศึกษาเกี่ยวกับความเสถียรของกรดแอสคอร์บิกและกรด 3-โอ-เอทิล-แอล-แอสคอร์บิก (3-O-ethyl-l-ascorbic) ในสารละลายในน้ำ<sup>(29)</sup> พบว่ากรด 3-โอ-เอทิล-แอล-แอสคอร์บิก (3-O-ethyl-l-ascorbic) มีความเสถียรถึงแม้เวลาจะผ่านไปถึง 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 25-55 องศาเซลเซียส และความเสถียรต่อความร้อนและแสงของกรด 3-โอ-เอทิล-แอล-แอสคอร์บิก (3-O-ethyl-l-ascorbic) นั้นมากกว่ากรดแอสคอร์บิกอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ ค่าพีเอช (pH) ถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อเสถียรภาพของกรด 3-โอ-เอทิล-แอล-แอสคอร์บิก (3-O-ethyl-l-ascorbic) ในสารละลายในน้ำเช่นกัน โดยเมื่อค่าพีเอช (pH) มากกว่า 5 จะส่งผลให้มีความเสถียรน้อยลง และจากการทำปฏิกิริยากับดีพีพีเอช (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; DPPH) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่มีความเสถียร นิยมใช้เป็นตัวชี้วัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารที่สนใจ ดีพีพีเอชจะเปลี่ยนเป็นสารไม่มีสีเมื่อมีการทำปฏิกิริยา (Oxidation) กับสารต้านอนุมูลอิสระ แสดงให้เห็นว่ากรด 3-โอ-เอทิล-แอล-แอสคอร์บิก (3-O-ethyl-l-ascorbic) จะใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาด้านอนุมูลอิสระที่ยาวนานกว่า เมื่อเทียบกับกรดแอสคอร์บิก<sup>(29)</sup>

จากการศึกษาของ Lai และคณะรายงานว่า ความแข็งแรงของพันธะระหว่างเรซินคอมโพสิตและเคลือบฟันซึ่งลดลงหลังจากการฟอกสี สามารถกลับไปยังระดับปกติได้ โดยทำการปรับสภาพเคลือบฟันด้วยโซเดียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10 ก่อนทำการยึดติด ทำให้การทำหัตถการที่ต้องอาศัยการยึดติดไม่จำเป็นต้องถูกเลื่อนระยะเวลาออกไป<sup>(17, 18)</sup>

รายงานการศึกษาของ Freire และคณะ<sup>(51)</sup> ระบุว่าปริมาณของโซเดียมแอสคอร์เบตที่ใช้ในการกำจัดอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยเมื่อมีการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นสูง (ความเข้มข้นร้อยละ 35) จึงจำเป็นต้องใช้ปริมาณโซเดียมแอสคอร์เบตที่มากขึ้น เพื่อที่จะสามารถทำปฏิกิริยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า จลนศาสตร์ของปฏิกิริยาด้านอนุมูลอิสระจะสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาเพียงแค่

5 นาที หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ระยะเวลา 5 นาทีนั้นเพียงพอสำหรับการใช้โซเดียมแอสคอร์เบตทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์<sup>(51)</sup>

นอกจากนี้ จากผลการศึกษาที่ระบุว่าปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโซเดียมแอสคอร์เบตมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อกัน<sup>(51)</sup> โดยในการศึกษานี้ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 แต่ทว่ายังมีผลิตภัณฑ์ฟอกสีฟันในท้องตลาดชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และคาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ในความเข้มข้นที่ต่ำกว่า เช่น สารฟอกสีฟันที่ใช้สำหรับการฟอกสีฟันที่บ้าน (At home bleaching) มักนิยมใช้คาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการสลายตัว จะกลายเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 3.5 ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ต่างกับความเข้มข้นที่ใช้ในการศึกษาปัจจุบันถึง 10 เท่า และอาจส่งผลถึงปริมาณโซเดียมแอสคอร์เบตที่ต้องใช้ในการก่อให้เกิดสมดุลของปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน

ดังนั้นโซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ถูกใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในกรณีที่มีการใช้คาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ในการศึกษาจึงเพียงพอที่จะฟื้นฟูค่าความแข็งแรงของพันธะ<sup>(17, 26-28)</sup> อย่างไรก็ตามมีผลการวิจัยที่ระบุไว้ในการศึกษาก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และคาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูงถูกนำมาใช้ในการฟอกสีฟัน โซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 10 ไม่เพียงพอที่จะทำให้ค่าความแข็งแรงของพันธะเพิ่มกลับมาเท่ากับกลุ่มที่ไม่ได้ฟอกสีฟัน ถึงแม้ว่าจะมีค่าความแข็งแรงของพันธะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกลับกลุ่มฟอกสีฟันที่ไม่ได้ใช้โซเดียมแอสคอร์เบตเตรียมผิวเคลือบฟันก็ตาม<sup>(23, 39)</sup>

รวมถึงมีผลของการวิจัยที่บ่งชี้ว่า การเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมแอสคอร์เบตจะทำให้สามารถกำจัดเปอร์ออกไซด์ของสารฟอกสีฟันได้เร็วขึ้น<sup>(22)</sup> และจากผลการศึกษาของ Coppla และคณะ<sup>(21)</sup> พบว่าการใช้โซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 35 นั้นเพียงพอสำหรับการฟื้นฟูค่าความแข็งแรงของพันธะในกลุ่มที่ถูกฟอกสีฟันทั้งกลุ่มที่ใช้คาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันทั้งหมด ในขณะที่การใช้โซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 20 ในการศึกษาของ Torres และคณะ กับ Briso และคณะ<sup>(19, 20)</sup> ได้ผลเป็นที่น่าพอใจเฉพาะในกลุ่มที่ใช้คาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 เท่านั้น

ถึงแม้งานวิจัยส่วนมาก<sup>(23-27)</sup> มักใช้โซเดียมแอสคอร์เบตเป็นระยะเวลา 10 นาทีสำหรับกำจัดเปอร์ออกไซด์ในสารฟอกสีฟัน แต่จากผลการศึกษาของ Freire และคณะ<sup>(51)</sup> ที่แสดงให้เห็นว่าระยะเวลา 5 นาทีเป็นระยะเวลาที่เพียงพอแล้วสำหรับการกำจัดเปอร์ออกไซด์ในสารฟอกสีฟัน และ

ถึงแม้จะเพิ่มระยะเวลาให้นานขึ้น ปฏิกริยาของสารทั้งสองก็ไม่ได้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย กล่าวคือ ระยะเวลา 5 นาทีเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการแสดงคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของโซเดียมแอสคอร์เบต แม้ว่าจำนวนครั้งในการใช้สารต้านอนุมูลอิสระจะสามารถสร้างผลลัพธ์ในทางบวกได้เช่นเดียวกัน แต่ความเข้มข้นและระยะเวลาในการใช้งานของสารต้านอนุมูลอิสระถือว่ามีความสำคัญมากกว่า<sup>(22)</sup>

### 2.3 การเตรียมผิวเคลือบฟันด้วยสารกัณฑ์ชนิดกรด และการยึดติดโดยตรงของแบร็กเกตจัดฟัน

การใช้กรดปรับสภาพผิวเคลือบฟันเริ่มมีการใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1955 โดย Buonocore ซึ่งได้ใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 85 กัดไปยังผิวเคลือบฟัน และก่อให้เกิดการยึดติดทางกลที่เหมาะสมระหว่างวัสดุเรซินและผิวเคลือบฟัน<sup>(52)</sup> และมีการแนะนำว่า ระยะเวลาในการกัด 30 วินาทีเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 85<sup>(52)</sup> แต่เมื่อเทคนิคนี้ถูกนำไปใช้ในทางคลินิกครั้งแรกในช่วงปี ค.ศ. 1960 ระยะเวลาในการกัดถูกเพิ่มขึ้นถึง 60 วินาทีด้วยกัน<sup>(53, 54)</sup>

ลักษณะพื้นผิวของเคลือบฟันจะถูกเปลี่ยนเป็นพื้นผิวที่มีความเหมาะสมต่อการยึดติดมากขึ้นตามสัณฐานวิทยาของโครงสร้างปริซึมเคลือบฟัน การสูญเสียแร่ธาตุ (Demineralization) จะเกิดขึ้นอย่างเฉพาะเจาะจง ตามลักษณะการเรียงตัวของปริซึมที่แตกต่างกัน ซึ่งรูปแบบของของผิวเคลือบฟันหลังการกัดด้วยกรดฟอสฟอริกแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ<sup>(55)</sup> คือ

1. แบบที่ 1 (Type I) จะพบการละลายในส่วนแกนของปริซึม (prism cores) เท่านั้น โดยไม่มีการละลายในบริเวณที่อยู่รอบแกน (prism peripheries) ทำให้มีลักษณะพื้นผิวคล้ายรังผึ้ง (Honey comb appearance) ลักษณะแบบนี้มักพบเมื่อมีการใช้ระยะเวลาที่เหมาะสมในการกัดด้วยกรด และเป็นลักษณะที่พบได้บ่อยที่สุดในการกัดผิวเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริก

2. แบบที่ 2 (Type II) จะพบลักษณะการละลายเฉพาะในส่วนบริเวณที่อยู่รอบแกน (prism peripheries) ของปริซึมเท่านั้น โดยไม่มีการละลายในส่วนของแกน ทำให้มีลักษณะพื้นผิวคล้ายลายหินกรวด (cobble stone pattern) ลักษณะแบบนี้มักพบเมื่อมีการใช้ระยะเวลาในการกัดด้วยกรดที่น้อยเกินไป

3. แบบที่ 3 (Type III) จะพบลักษณะพื้นผิวของแบบที่ 1 และ 2 ร่วมกัน

และภายหลังปี ค.ศ. 1980 ระยะเวลาที่ใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันถูกเปลี่ยนให้สั้นลงเป็น 30 วินาที<sup>(56-58)</sup> ซึ่งมีข้อแนะนำในบางการศึกษาที่ว่า ถ้าหากใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 32 ถึง

ร้อยละ 40 ควบคุมเวลาในการกดลงเป็น ระยะเวลาเพียง 15 วินาที เพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเคลือบฟัน<sup>(59)</sup>

สำหรับงานทางด้านทันตกรรมจัดฟันในปี ค.ศ. 1968 Newman เป็นบุคคลแรกที่นำเทคนิคการเตรียมผิวเคลือบฟันด้วยกรดมาใช้ เพื่อทำให้เกิดการยึดติดโดยตรงของแบร็กเก็ตจัดฟัน<sup>(31)</sup> ผลลัพธ์ที่ได้ก่อให้เกิดการปฏิวัติของเทคโนโลยีและรูปแบบของเครื่องมือทางด้านทันตกรรมจัดฟันครั้งใหญ่

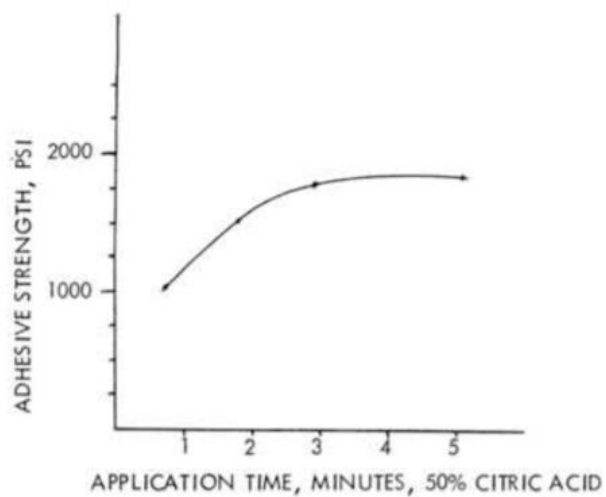
อย่างไรก็ตาม มีปัจจัยหลายอย่างส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของพันธะกับผิวเคลือบฟันซึ่งมีผลต่อการยึดติดแบร็กเก็ตได้ เช่น ชนิดของสารกีดชนิดกรด ความเข้มข้นของกรด<sup>(60-66)</sup> และระยะเวลาที่ใช้ในการกัด<sup>(55, 61)</sup>

อ้างอิงจากรายงานการศึกษาของ Carstensen<sup>(62)</sup> ที่กล่าวว่า ค่าความแข็งแรงของพันธะระหว่างแบร็กเก็ตกับผิวเคลือบฟันที่ได้จากกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 กับ ร้อยละ 37 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในช่วงระยะเวลา 30 วินาทีในการกัด และจากการศึกษาของ Shinchi และคณะ<sup>(67)</sup> ที่มีการใช้ระดับความเข้มข้นของกรดที่แตกต่างกันในการกัดผิวเคลือบฟัน ซึ่งพบว่าค่าความแข็งแรงของพันธะระหว่างเรซินคอมโพสิตและผิวเคลือบฟันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญถึงแม้จะมีความยาวของเรซินแท็ก (Resin tags) ที่แตกต่างกัน

สำหรับการเตรียมผิวเคลือบฟันด้วยกรดซिटริกแทบไม่มีการใช้ทางคลินิกในปัจจุบัน เนื่องจกเมื่อนำมากัดผิวเคลือบฟันจะได้ความยาวของเรซินแท็กที่สั้นกว่ากรดฟอสฟอริกค่อนข้างมาก รวมถึงมีระยะเวลาในการใช้งานที่ยาวกว่า และค่าความแข็งแรงของพันธะของเรซินคอมโพสิตและผิวเคลือบฟันที่ต่ำกว่า<sup>(68)</sup>

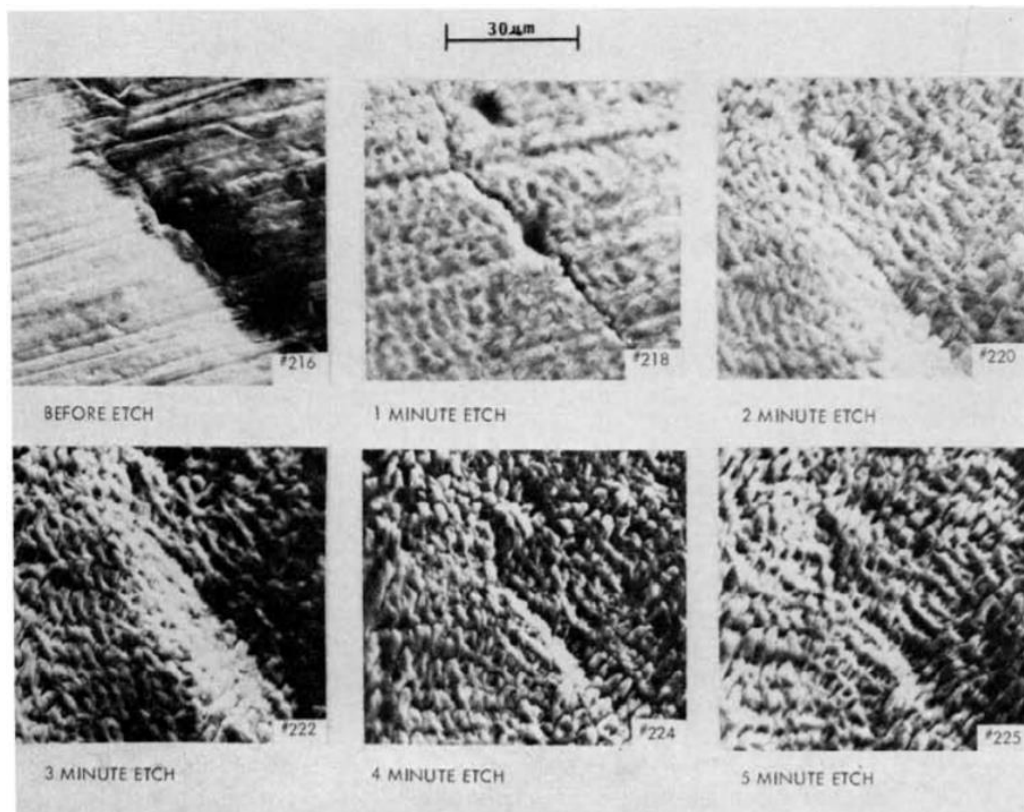
จากการศึกษาของ H. Lee และ Sv.artz<sup>(34)</sup> ที่ทำการเตรียมผิวเคลือบฟันโดยกรดซिटริกความเข้มข้นร้อยละ 50 เป็นระยะเวลาที่แตกต่างกัน ผลที่ได้พบว่า การเตรียมผิวเคลือบฟันด้วยกรดซिटริกต้องใช้ระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 3 นาทีซึ่งมากกว่ากรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 หลายเท่า แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความแข็งแรงของสารยึดติดกับผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดซिटริกมีค่ามากกว่า 8 เมกะปาสคาล ซึ่งเพียงพอกับการยึดติดของแบร็กเก็ตทางคลินิกในระยะเวลาการกัดที่ 3 นาทีและไม่ลดลงเมื่อเวลาผ่านไปถึง 5 นาที โดยค่าความแข็งแรงของสารยึดติดกับผิวเคลือบฟันและเวลาในการใช้งานของกรดซिटริกแสดงในรูปที่ 2 ในขณะที่ผลของกรดซिटริกความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ทำต่อผิวเคลือบฟันของมนุษย์ในระยะเวลาที่แตกต่างกันแสดงในรูปที่ 3

ดังนั้นแล้ว ผลของกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 สำหรับการยึดติดโดยตรงของแบร์กเกต  
ในทันตกรรมจัดฟันอาจให้ผลลัพธ์ที่ประสบความสำเร็จได้ เมื่อใช้ระยะเวลาการกัดที่นานพอ



รูปที่ 2 ค่าความแข็งแรงของสารยึดติด (polyurethane resin) กับผิวเคลือบฟันและเวลาในการ  
ใช้งานของกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50





รูปที่ 3 ผลของกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ทำต่อผิวเคลือบฟันของมนุษย์ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน

## บทที่ 3 วัสดุและวิธีดำเนินการวิจัย

### 3.1. การออกแบบการวิจัย

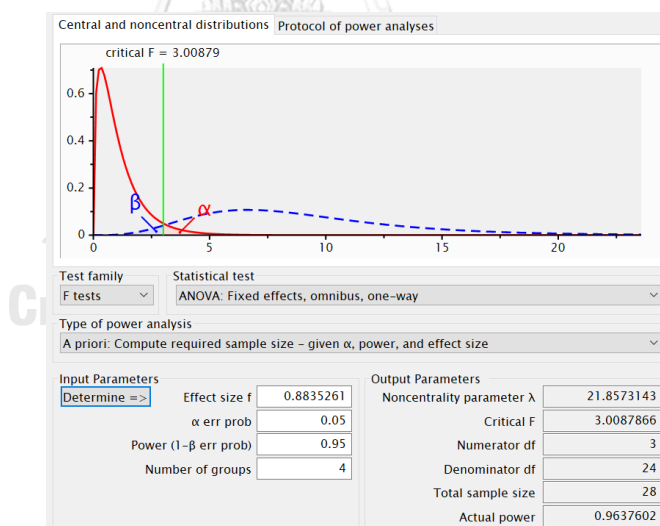
งานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental study)

### 3.2. กลุ่มตัวอย่าง

พนักงานน้อยคนที่ถูกถอนเพื่อวัตถุประสงค์ในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันจากคนใช้อายุระหว่าง 17 ถึง 30 ปี

### 3.3 ขนาดตัวอย่าง

ขนาดตัวอย่างถูกคำนวณจากโปรแกรม G\*Power 3.1.9.7 สำหรับการทดสอบการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม<sup>(69)</sup> โดยสูตรแสดงอยู่ด้านล่าง ซึ่งค่าเฉลี่ยและมาตรฐานของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมถูกอ้างอิงจากการศึกษาก่อนหน้า<sup>(24)</sup> มีการใช้ระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) ที่ 0.05 และพลังของการทดสอบ ( $\beta$ ) ที่ร้อยละ 95 (รูปที่ 4)



### รูปที่ 4 ขนาดตัวอย่างที่คำนวณจากโปรแกรม G\*Power 3.1.9.7

ใช้ระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) ที่ 0.05 และพลังของการทดสอบ ( $\beta$ ) ที่ร้อยละ 95

จากการคำนวณขนาดตัวอย่างของแต่ละกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจะใช้จำนวนฟันทั้งหมด 28 ซี่ แต่อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาจะใช้ฟันจำนวนทั้งหมด 40 ซี่

### 3.4 การเตรียมกลุ่มตัวอย่าง

หลังจากได้รับอนุมัติระเบียบวิธีการวิจัย ใบอนุญาตเลขที่ 2020-113 (HREC-DCU 2020-113) โดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฟันกรามน้อยบนของมนุษย์จำนวน 40 ซี่<sup>(70)</sup> ที่ถอนเพื่อวัตถุประสงค์ในการรักษาทางทันตกรรม จัดฟัน ได้ถูกรวบรวมมาจากคนไข้อายุระหว่าง 17 ถึง 30 ปี โดยได้รับความยินยอมจากคนไข้ซึ่งได้รับการชี้แจงรายละเอียดของงานวิจัยและได้รับอนุญาตให้นำมาใช้ มีเกณฑ์คัดเข้าดังนี้ (1.) ฟันผิวเคลือบฟันด้านแก้มอยู่ในสภาพสมบูรณ์ (2.) ไม่มีวัสดุบูรณะ รอยผุ หรือรอยแตกบนผิวเคลือบฟันด้านแก้ม (3.) ฟันไม่เคยได้รับการปรับสภาพโดยสารเคมี เช่น อนุพันธ์ของเปอร์ออกไซด์ กรด หรือรูปแบบอื่น ๆ ของการฟอกสีมาก่อน ส่วนฟันที่มีภาวะเคลือบฟันเจริญพร่อง (hypoplastic) ฟลูออโรซิส (fluorosis) หรือความผิดปกติของโครงสร้างเคลือบฟันจะถูกคัดออกจากงานวิจัยนี้

ก่อนการทดลองฟันได้รับการทำความสะอาดเพื่อกำจัดเศษเนื้อเยื่อและนำไปฆ่าเชื้อโดยแช่ในสารละลายฟอร์มาลีน (Formalin solution) ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นฟันถูกตัดต่ำกว่ารอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (Cemento-enamel junction) เป็นระยะ 2 มิลลิเมตร และส่วนของตัวฟันถูกเก็บไว้ในน้ำลายเทียมชนิดปราศจากฟลูออไรด์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส โดยตัวฟันทั้งหมดถูกเก็บไว้ในน้ำลายเทียมเป็นเวลา 1 สัปดาห์ก่อนเริ่มการทดลอง ซึ่งมีการเปลี่ยนน้ำลายเทียมวันละ 2 ครั้งในระหว่างระยะเวลา 1 สัปดาห์นี้ น้ำลายเทียมปราศจากฟลูออไรด์ที่ใช้จัดทำขึ้นจากภาควิชาเภสัชวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างฟันที่นำมาทดลองแบ่งแบบสุ่มออกเป็นกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองจำนวนทั้งหมด 4 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

- **กลุ่มควบคุม** (จำนวนฟัน 10 ซี่ต่อกลุ่ม): กลุ่มที่ใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดบนผิวเคลือบฟันที่ไม่ได้ฟอกสีฟันเป็นเวลา 15 วินาที
- **กลุ่มทดลองที่ 1** (จำนวนฟัน 10 ซี่ต่อกลุ่ม): กลุ่มที่ใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดบนผิวเคลือบฟันที่ฟอกสีฟันเป็นเวลา 15 วินาที
- **กลุ่มทดลองที่ 2** (จำนวนฟัน 10 ซี่ต่อกลุ่ม): กลุ่มที่ใช้โซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 35 เตรียมผิวเคลือบฟันก่อนเป็นระยะเวลา 5 นาที<sup>(51)</sup> แล้วจึงตามด้วยการใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดบนผิวเคลือบฟันที่ฟอกสีฟันเป็นเวลา 15 วินาที



- **กลุ่มทดลองที่ 3** (จำนวนฟัน 10 ซี่ต่อกลุ่ม): กลุ่มที่ใช้กรดที่ผสมด้วยกรดเอทิลแอสคอร์บิก ความเข้มข้นร้อยละ 35 และกรดชนิดริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 กัดบนผิวฟันที่ถูกฟอกสีฟันเป็นเวลา 5 นาที

ในทุกกลุ่มก่อนเริ่มการทดลอง ผิวเคลือบฟันของฟันตัวอย่างได้รับการขัดด้วยผงฟัมมิสปราศจากฟลูออไรด์ผสมกับน้ำโดยใช้หัวขัดแบบถ้วยยาง (rubber cup) ร่วมกับด้ามกรอแบบความเร็วต่ำ (slow-speed handpiece) จากนั้นล้างน้ำเป็นเวลา 10 วินาที และเป่าแห้งด้วยที่เป่าน้ำ-ลม (triple syringe) ต่อเป็นเวลา 10 วินาที

### กลุ่มควบคุม

หลังจากฟันตัวอย่างถูกนำขึ้นมาจากน้ำลายเทียมแล้ว ฟันถูกล้างน้ำก่อน 10 วินาที และเป่าแห้งด้วยที่เป่าน้ำ-ลม (triple syringe) ต่อ 10 วินาที จากนั้นผิวเคลือบฟันด้านแก้มได้รับการกัดด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 (Ormco®) เป็นเวลา 15 วินาที โดยพื้นที่ของผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดมีความกว้างกว่าฐานแบร์ริกเกตประมาณ 1 มิลลิเมตรโดยรอบ ซึ่งวิธีการทากรดใช้เป็นลักษณะการกวบอย่างต่อเนื่อง เมื่อครบเวลาที่กำหนด ฟันถูกล้างน้ำเป็นเวลา 30 วินาทีและเป่าแห้งต่อเป็นเวลา 10 วินาทีด้วยที่เป่าน้ำ-ลม (triple syringe)

### กลุ่มทดลองที่ 1

นำเจลฟอกสีชนิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 (Pola Office®) ทาที่ผิวเคลือบฟันทั้งหมด 4 รอบ รอบละ 8 นาที รวมทั้งสิ้น 32 นาทีตามคำแนะนำของผู้ผลิต หลังจากการฟอกสีแต่ละรอบ เจลฟอกสีฟันถูกดูดออกด้วยเครื่องดูดน้ำลายกำลังสูง (high power suction) เมื่อขั้นตอนการฟอกสีสิ้นสุดลง พื้นผิวเคลือบฟันได้รับการทำความสะอาดด้วยน้ำเป็นเวลา 30 วินาที แล้วเป่าแห้งเป็นเวลา 10 วินาที ก่อนถูกเก็บไว้ในน้ำลายเทียมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งขั้นตอนนี้ทำอย่างต่อเนื่องภายในไม่เกินระยะเวลา 1 สัปดาห์

และหลังจากฟันตัวอย่างถูกนำขึ้นมาจากน้ำลายเทียม ฟันถูกล้างน้ำก่อนเป็นเวลา 10 วินาที และเป่าแห้งด้วยที่เป่าน้ำ-ลม (triple syringe) ต่อ 10 วินาที จากนั้นผิวเคลือบฟันด้านแก้มได้รับการกัดด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 (Ormco®) เป็นเวลา 15 วินาที โดยพื้นที่ของผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดมีความกว้างกว่าฐานแบร์ริกเกตประมาณ 1 มิลลิเมตรโดยรอบ ซึ่งวิธีการทากรดใช้

เป็นลักษณะการกรวนอย่างต่อเนื่อง เมื่อครบเวลาที่กำหนด ฟันถูกล้างน้ำเป็นเวลา 30 วินาทีและเป่าแห้งต่อเป็นเวลา 10 วินาทีด้วยที่เป่าน้ำ-ลม (triple syringe)

### กลุ่มทดลองที่ 2

นำเจลฟอกสีชนิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 (Pola Office®) ทาที่ผิวเคลือบฟันทั้งหมด 4 รอบ รอบละ 8 นาที รวมทั้งสิ้น 32 นาทีตามคำแนะนำของผู้ผลิต หลังจากการฟอกสีแต่ละรอบ เจลฟอกสีฟันถูกดูดออกด้วยเครื่องดูดน้ำลายกำลังสูง (high power suction) เมื่อขั้นตอนการฟอกสีสิ้นสุดลง ฟันผิวเคลือบฟันได้รับการทำความสะอาดด้วยน้ำเป็นเวลา 30 วินาที แล้วเป่าแห้งเป็นเวลา 10 วินาทีก่อนถูกเก็บไว้ในน้ำลายเทียมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำอย่างต่อเนื่องภายในไม่เกินระยะเวลา 1 สัปดาห์

และหลังจากฟันตัวอย่างถูกนำขึ้นมาจากน้ำลายเทียม ฟันถูกล้างน้ำก่อนเป็นเวลา 10 วินาที และเป่าแห้งด้วยที่เป่าน้ำ-ลม (triple syringe) ต่อ 10 วินาที จากนั้นผิวเคลือบฟันด้านแก้มได้รับการปรับสภาพผิวด้วยโซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 35 เป็นเวลา 5 นาที โดยทาด้วยอัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที เมื่อครบกำหนดเวลา ฟันถูกล้างน้ำเป็นเวลา 30 วินาทีและเป่าแห้งต่อเป็นเวลา 10 วินาทีด้วยที่เป่าน้ำ-ลม (triple syringe) จากนั้นผิวเคลือบฟันด้านแก้มได้รับการกัดด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 (Ormco®) เป็นเวลา 15 วินาที โดยพื้นที่ของผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดมีความกว้างกว่าฐานแบร็กเกตประมาณ 1 มิลลิเมตรโดยรอบ ซึ่งวิธีการทากรดใช้เป็นลักษณะการกรวนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด ฟันถูกล้างน้ำเป็นเวลา 30 วินาทีและเป่าแห้งต่อเป็นเวลา 10 วินาทีด้วยที่เป่าน้ำ-ลม (triple syringe)

### กลุ่มทดลองที่ 3

นำเจลฟอกสีชนิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 (Pola Office®) ทาที่ผิวเคลือบฟันทั้งหมด 4 รอบ รอบละ 8 นาที รวมทั้งสิ้น 32 นาทีตามคำแนะนำของผู้ผลิต หลังจากการฟอกสีแต่ละรอบ เจลฟอกสีฟันถูกดูดออกด้วยเครื่องดูดน้ำลายกำลังสูง (high power suction) เมื่อขั้นตอนการฟอกสีสิ้นสุดลง ฟันผิวเคลือบฟันได้รับการทำความสะอาดด้วยน้ำเป็นเวลา 30 วินาที แล้วเป่าแห้งเป็นเวลา 10 วินาทีก่อนถูกเก็บไว้ในน้ำลายเทียมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำอย่างต่อเนื่องภายในไม่เกินระยะเวลา 1 สัปดาห์

และหลังจากฟันตัวอย่างถูกนำขึ้นมาจากน้ำลายเทียม ฟันถูกล้างน้ำก่อนเป็นเวลา 10 วินาที และเป่าแห้งด้วยที่เป่าน้ำ-ลม (triple syringe) ต่อ 10 วินาที จากนั้นผิวเคลือบฟันด้านแก้มได้รับการกัดด้วยด้วยสารกัดชนิดกรดที่ผสมระหว่างกรดเอทิลแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 35 และกรดซิ-ตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 เป็นเวลา 5 นาที โดยพื้นที่ของผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดมีความกว้างกว่าฐานแบร็กเกตประมาณ 1 มิลลิเมตรโดยรอบ ซึ่งวิธีการทากรดนั้นทาด้วยอัตราการใช้ 1 มิลลิตรต่อหน้าที่ เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด ฟันถูกล้างน้ำเป็นเวลา 30 วินาทีและเป่าแห้งต่อเป็นเวลา 10 วินาทีด้วยที่เป่าน้ำ-ลม (triple syringe)

สำหรับขั้นตอนการยึดติด แบร็กเกตโลหะชนิดฐานตาข่าย (Mesh metal bracket) ระบบร่อง 0.018 x 0.025 นิ้วสำหรับฟันกรามน้อยซี่ที่หนึ่งบน (Omi arch<sup>®</sup> Roth type, TOMY) ถูกนำมาใช้ในการศึกษา นี้ โดยเริ่มจากการทาไพรเมอร์สารยึดติด (Adhesive primer) ยี่ห้อ Transbond<sup>™</sup> PLUS (3M Unitek) บนผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรด จากนั้นทาสารยึดติดยี่ห้อ Transbond<sup>™</sup> PLUS (3M Unitek) ที่ฐานของแบร็กเกตตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

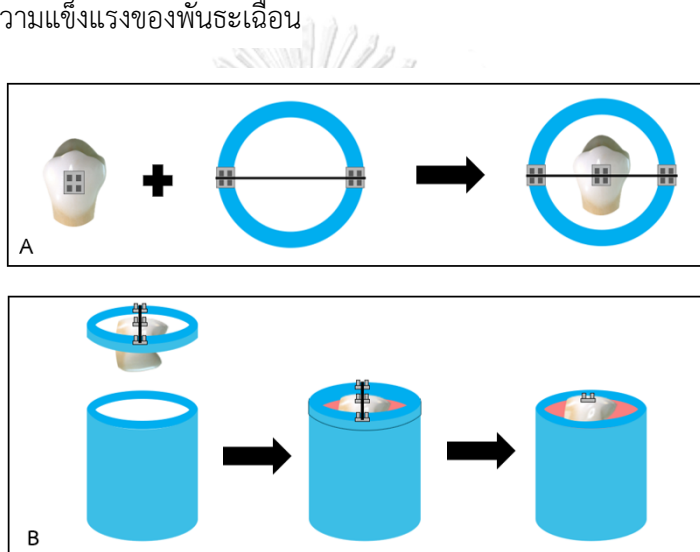
แบร็กเกตถูกติดบนผิวเคลือบฟันด้วยแรงกด 300 กรัมเป็นเวลา 5 วินาที โดยใช้เกจวัด Dontrix (Orthopli) เพื่อกำหนดปริมาณของแรงที่ใช้สำหรับตัวอย่างทั้งหมดให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน และติดตรงตำแหน่งบนจุดแกนฟันของผิวเคลือบฟันด้านแก้ม (Facial axis points)

สารยึดติดส่วนเกินถูกกำจัดออกด้วยปลายแหลมของเครื่องมือตรวจฟัน (explorer) โดยไม่มีการขยับของแบร็กเกตและฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงแอลอีดี (Mini LED SATELEC<sup>®</sup>, Acteon) ด้านไกลกลาง ด้านบดเคี้ยว ด้านใกล้กลาง และด้านเหงือก ด้านละ 10 วินาที ระยะห่าง 5 มิลลิเมตรต่อด้านของขอบแบร็กเกต<sup>(71)</sup> และใช้เครื่องฉายแสงแอลอีดีตัวเดิมตลอดการทดลอง โดยมีการใช้เครื่องวัดพลังงานรังสี (DEMETRON, SDS Kerr, USA) เพื่อวัดแสงที่ออกมาจากเครื่องฉายแสงว่ามีความเข้มแสงคงที่ประมาณ 1,800 – 2,000 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (mW/cm<sup>2</sup>)

หลังจากนั้นเพื่อลดความผิดพลาดขณะทดสอบ อุปกรณ์ชี้นำ (guiding index) ถูกทำขึ้นเพื่อช่วยให้ผิวเคลือบฟันด้านแก้มขนานกับแรงที่ใช้ในระหว่างการทดสอบความแข็งแรงของพันธะเชื่อม อุปกรณ์ชี้นำ (guiding index) ทำมาจากท่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 มิลลิเมตรและยาว 5 มิลลิเมตร ที่มีการติดแบร็กเกต 2 ตัว (Upper premolar brackets, Omi arch<sup>®</sup> Roth type, TOMY) บริเวณขอบของท่อพีวีซีในทิศทางตรงข้ามกัน และมีการใส่ลวดเหล็กไร้สนิมขนาด 0.018” x 0.025 นิ้วเข้าไปในร่องของแบร็กเกตทั้งสอง (รูปที่ 5A)

ตัวฟันที่ได้รับการติดแบร็กเก็ตแล้วถูกยึดไว้กับลวดที่ศูนย์กลางของท่อพีวีซีด้วยอีลาสโตเมอร์ริกโอริง (elastomeric o-ring) จากนั้นวางตัวฟันที่ยึดกับอุปกรณ์ชี้นำ (guiding index) บนท่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 มิลลิเมตรและยาว 25 มิลลิเมตรที่มีอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง (self-cured acrylic) อยู่ภายใน (รูปที่ 5B) ปุ่มฟันด้านเพดาน (palatal cusp) ของฟันถูกฝังอยู่ในอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง (self-cured acrylic) ที่ตำแหน่งศูนย์กลางของท่อ เมื่ออะคริลิกแข็งตัว อีลาสโตเมอร์ริกโอริง (elastomeric o-ring) ถูกเอาออก ตามด้วยอุปกรณ์ชี้นำ (guiding index)

ชิ้นงานที่สำเร็จแล้วถูกเก็บไว้ในน้ำลายเทียมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบความแข็งแรงของฟันระเฉือน



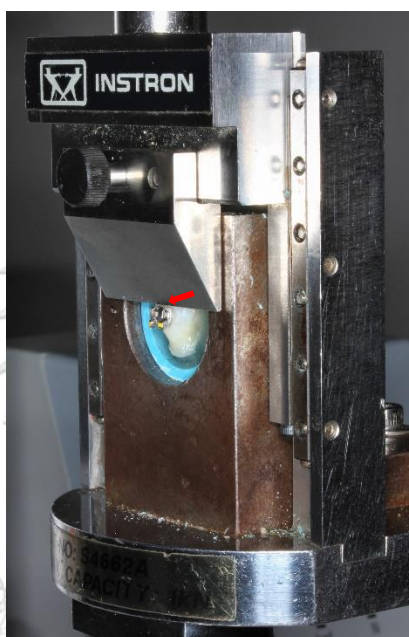
รูปที่ 5 ภาพประกอบของอุปกรณ์ชี้นำ (guiding index)

(A) ตัวฟันที่ได้รับการติดแบร็กเก็ตแล้วได้รับการมัดกับอุปกรณ์ชี้นำ (guiding index) ด้วยอีลาสโตเมอร์ริกโอริง (elastomeric o-ring) ที่ศูนย์กลางของลวด, (B) ตัวฟันที่ได้รับการติดแบร็กเก็ตและมัดกับอุปกรณ์ชี้นำแล้ว (guiding index) ถูกวางไว้บนท่อพีวีซีที่มีอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง (self-cured acrylic) ปุ่มฟันด้านเพดาน (palatal cusp) ของฟันถูกฝังอยู่ในอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง (self-cured acrylic) ที่ตำแหน่งศูนย์กลางของท่อ

### 3.5 การทดสอบความแข็งแรงของฟันระเฉือน

เครื่องทดสอบเนกประสงค์ (universal testing machine; EZ-S, SHIMADZU) ถูกนำมาใช้สำหรับการทดสอบความแข็งแรงของฟันระเฉือน โดยมีการตั้งค่าความเร็วของหัวตัด (crosshead speed) ไว้ที่ 1 มิลลิเมตรต่อนาทีจนกว่าแบร็กเก็ตหลุดจากผิวเคลือบฟัน

ทิศทางของหัวกด (blade) กดลงในแนวด้านบดเคี้ยว-เหงือก (occluso-gingival) กับตัวฟัน เพื่อให้แรงเฉือนที่เกิดขึ้นมีความขนานกับส่วนป้องกันที่สูงสุด (height of contour) ของฟัน โดยหัวกด (blade) อยู่ชิดกับตำแหน่งรอยต่อของสารยึดติดและเคลือบฟันมากที่สุด (resin-enamel interface) (รูปที่ 6) ค่าของแรงเฉือนถูกบันทึกไว้ในหน่วยนิวตัน (N) และความแข็งแรงของพันธะเฉือนในหน่วย เมกะปาสคาล (MPa) ถูกคำนวณจากอัตราส่วนของแรงเฉือนต่อพื้นที่ฐานยึด (12.28 ตารางเซนติเมตร)



รูปที่ 6 เครื่องทดสอบเนกประสงค์ (EZ-S, SHIMADZU) พร้อมชิ้นงานทดสอบ

ขอบของหัวกด (ลูกศรสีแดง) อยู่ชิดกับตำแหน่งรอยต่อของสารยึดติดและเคลือบฟัน (resin-enamel interface) มากที่สุด

### 3.6 การวัดค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI) ภายหลังการหลุดของแบร็กเกต

การตรวจสอบบริเวณที่เกิดการล้มเหลวในการยึดติดของแบร็กเกตในแต่ละชิ้นงาน ทำโดยการดูจากภาพถ่ายที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (SZ 61, Olympus, Japan) ภายใต้อำนาจขยาย 20 เท่า<sup>(72)</sup> โดยชิ้นงานทั้งหมดจะถูกตรวจสอบด้วยโดยผู้สังเกตการณ์คนเดียวกัน

จากนั้นมีการวัดค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI) ภายหลังการหลุดของแบร็กเกต ตามเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้<sup>(73)</sup>

คะแนน 0 = ไม่มีสารยึดติดเหลืออยู่บนเคลือบฟัน

คะแนน 1 = มีสารยึดติดน้อยกว่าครึ่งหนึ่งเหลือบนเคลือบฟัน

คะแนน 2 = มีสารยึดติดมากกว่าครึ่งหนึ่งเหลือบนเคลือบฟัน

คะแนน 3 = สารยึดติดทั้งหมดเหลืออยู่บนฟัน โดยมีรอยของฐานแบร์กเกิดบนผิวของสารยึดติด

### 3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดสอบจะใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ทางสถิติเอสพีเอสเวอร์ชัน 22 (SPSS version 22, statistic software) ในการวิเคราะห์ ซึ่งข้อมูลได้รับการรวบรวมถูกแสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation; SD) โดยความแข็งแรงของพันธะเหนียวได้รับการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เนื่องจากความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (homogeneity of variance) การเปรียบเทียบพหุคูณ (multiple comparisons) ของความแข็งแรงของพันธะเหนียวได้รับการประเมินตามการทดสอบเอชเอสดีของทูกีย์ (Tukey's HSD test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

และเปรียบเทียบค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI) ระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

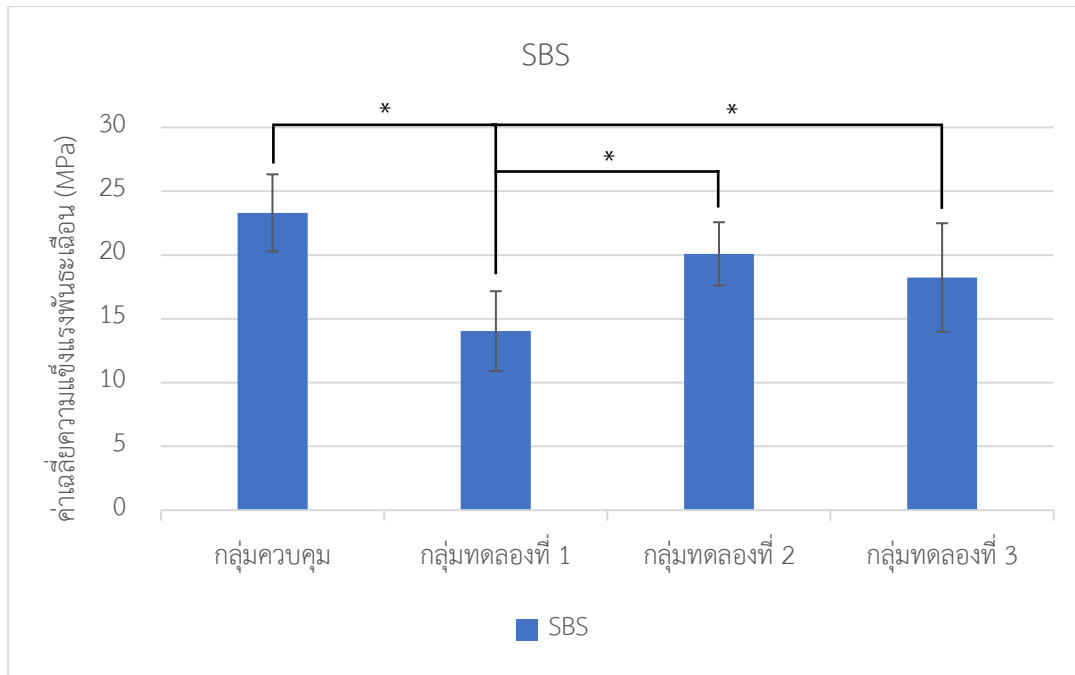
| กลุ่ม  | ค่าเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน | ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 |          | ค่าต่ำสุด (MPa) | ค่าสูงสุด (MPa) |
|--------|-----------|----------------------|---------------------------|----------------------------|----------|-----------------|-----------------|
|        |           |                      |                           | ขอบเขตล่าง                 | ขอบเขตบน |                 |                 |
| ควบคุม | 23.30     | 3.02                 | 0.96                      | 21.14                      | 25.46    | 17.64           | 29.18           |
| 1      | 14.03     | 3.13                 | 0.99                      | 11.80                      | 16.27    | 9.95            | 17.86           |
| 2      | 20.09     | 2.48                 | 0.78                      | 18.32                      | 21.87    | 17.78           | 25.25           |
| 3      | 18.24     | 4.25                 | 1.34                      | 15.20                      | 21.28    | 13.30           | 25.23           |

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงของพันธะเหนียว (MPa) สำหรับกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่ม

|                | Sum of<br>Squares | df | Mean Square | F-value | P-value |
|----------------|-------------------|----|-------------|---------|---------|
| Between Groups | 518.984           | 2  | 259.492     | 29.110  | <0.001  |
| Within Groups  | 106.971           | 12 | 8.914       |         |         |
| Total          | 625.955           | 14 |             |         |         |

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ของความแข็งแรงของพันธะเฉือน

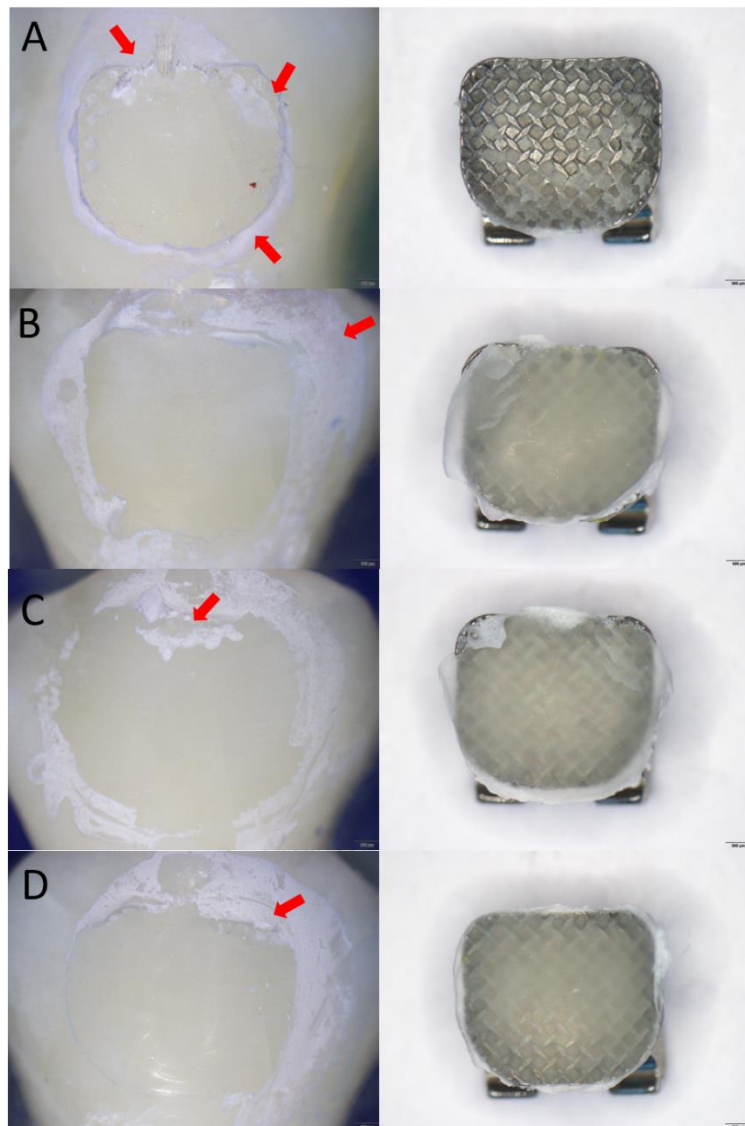




รูปที่ 7 แผนภาพฮิสโตแกรมรายงานค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงของพันธะเหนือน (MPa)

\* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อใช้การทดสอบเอชเอสดีของทูกีย์ (Tukey's HSD test) ระหว่างกลุ่ม





รูปที่ 8 ภาพถ่ายที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (SZ 61, Olympus, Japan) ภายใต้กำลังขยาย 20 เท่าของชิ้นงานตัวอย่าง

(A) ชิ้นงานตัวอย่างจากกลุ่มควบคุม แสดงคะแนนเออาร์ไอเท่ากับ คะแนน 3, (B) ชิ้นงานตัวอย่างจากกลุ่มทดลองที่ 1 แสดงคะแนนเออาร์ไอเท่ากับ คะแนน 0, (C) ชิ้นงานตัวอย่างจากกลุ่มทดลองที่ 2 แสดงคะแนนเออาร์ไอเท่ากับ คะแนน 1, (D) ชิ้นงานตัวอย่างจากกลุ่มทดลองที่ 3 แสดงคะแนนเออาร์ไอเท่ากับ คะแนน 1 (ลูกศรสีแดง คือ สารยึดติดที่เหลือบนผิวเคลือบฟัน)

| กลุ่ม*        |                |    |    |    |         |
|---------------|----------------|----|----|----|---------|
| คะแนนเออาร์ไอ | ควบคุม         | 1  | 2  | 3  | ทั้งหมด |
| 0             | 0              | 9  | 8  | 9  | 26      |
| 1             | 2              | 1  | 2  | 1  | 6       |
| 2             | 3              | 0  | 0  | 0  | 3       |
| 3             | 4              | 0  | 0  | 0  | 4       |
| ทั้งหมด       | 9 <sup>A</sup> | 10 | 10 | 10 | 39      |

ตารางที่ 3 ความถี่ของคะแนนเออาร์ไอ (ARI scores) ระหว่างกลุ่ม และผลการทดสอบจากสถิติไคสแควร์ (Chi-Square test)

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ( $p < 0.001$ )

A มีชิ้นงาน 1 ตัวอย่างที่ไม่ได้นำมาคิดคะแนนเออาร์ไอ เนื่องจากพบการแตกหักของเคลือบฟันระหว่างการทดสอบ

กลุ่มควบคุม = กลุ่มที่ใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดบนผิวเคลือบฟันที่ไม่ได้ฟอกสีฟัน 15 วินาที, กลุ่มทดลองที่ 1 = กลุ่มที่ใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดบนผิวเคลือบฟันที่ฟอกสีฟัน 15 วินาที, กลุ่มทดลองที่ 2 = กลุ่มที่ใช้โซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 35 เตรียมผิวเคลือบฟันก่อน 5 นาที แล้วจึงใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดบนผิวเคลือบฟันที่ฟอกสีฟัน 15 วินาที, กลุ่มทดลองที่ 3 = กลุ่มที่ใช้กรดที่ผสมด้วยกรดเอทิลแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 35 และกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 กัดบนผิวฟันที่ถูกฟอกสีฟัน 5 นาที

คะแนนเออาร์ไอ (ARI scores) : คะแนน 0 = ไม่มีสารยึดติดเหลืออยู่บนเคลือบฟัน, คะแนน 1 = มีสารยึดติดน้อยกว่าครึ่งหนึ่งเหลือบนเคลือบฟัน, คะแนน 2 = มีสารยึดติดมากกว่าครึ่งหนึ่งเหลือบนเคลือบฟัน, คะแนน 3 = สารยึดติดทั้งหมดเหลืออยู่บนฟัน โดยมีรอยของฐานแบร์กเกิดบนผิวของสารยึดติด

## บทที่ 4 ผลการศึกษา

### 4.1 ผลการทดสอบความแข็งแรงของพันธะฉีดยึด

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สำหรับแต่ละกลุ่มแสดงในตารางที่ 1 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ในตารางที่ 2 แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความแข็งแรงของพันธะฉีดยึดในระหว่างกลุ่มการทดลอง ( $p < 0.001$ )

จากการทดสอบเอชเอสดีของทูเกีย (Tukey's HSD test) ในรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งแรงของพันธะฉีดยึดของกลุ่มที่แบร์กเกิดถูกติดบนผิวเคลือบฟันทันทีหลังการฟอกสีฟัน (กลุ่มทดลองที่ 1) จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่แบร์กเกิดถูกติดกับผิวเคลือบฟันที่ไม่ได้รับการฟอกสีฟัน ( $p < 0.001$ )

สำหรับภายในกลุ่มทดลองที่ถูกฟอกสีฟันนั้น พบว่าทั้งกลุ่มที่มีการใช้กรดเอทิลแอสคอร์บิกผสมกับกรดซิตริกเป็นสารกัด (กลุ่มทดลองที่ 3) และกลุ่มที่ใช้โซเดียมแอสคอร์เบตปรับสภาพผิวเคลือบฟันก่อนการกัดด้วยกรดฟอสฟอริก (กลุ่มทดลองที่ 2) จะมีค่าความแข็งแรงของพันธะฉีดยึดที่มากกว่ากลุ่มที่ใช้กรดฟอสฟอริกอย่างเดียว (กลุ่มทดลองที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญ ( $p = 0.03$ ) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่มีการใช้สารต้านอนุมูลอิสระก่อนการติดแบร์กเกิด พบว่าค่าความแข็งแรงของพันธะฉีดยึดของกลุ่มที่ใช้โซเดียมแอสคอร์เบตปรับสภาพผิวเคลือบฟันก่อนการกัดด้วยกรดฟอสฟอริก (กลุ่มทดลองที่ 2) กับกลุ่มที่ใช้กรดเอทิลแอสคอร์บิกผสมกับกรดซิตริกเป็นสารกัดชั้นตอนเดียว (กลุ่มทดลองที่ 3) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง 2 กลุ่มนี้ ( $p = 0.59$ )

แต่พบว่าค่าความแข็งแรงของพันธะฉีดยึดของกลุ่มที่มีการใช้กรดเอทิลแอสคอร์บิกผสมกับกรดซิตริก (กลุ่มทดลองที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมแล้วพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 0.008$ )

### 4.2 ผลการทดลองของค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI)

จากการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอของชิ้นงานที่มีการหลุดของแบร์กเกิด ในรูปที่ 8 จะแสดงถึงลักษณะของผิวเคลือบฟันภายหลังการหลุดของแบร์กเกิด และจากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าทั้ง 4 กลุ่มมีค่าการกระจายของดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI) ที่แตกต่างกัน

จากสถิติการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square test) พบว่าในแต่ละกลุ่มมีการกระจายตัวของคะแนนเออาร์ไอที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) โดยความถี่ของค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI) ส่วนใหญ่อยู่ที่คะแนน 0 ตามด้วยคะแนน 1 ในกลุ่มทดลองที่ 1 2 และ 3 ขณะที่กลุ่มควบคุมพบความถี่ของค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI) อยู่ที่คะแนน 3 ตามด้วยคะแนน 2 และ 1 และในชิ้นงานทั้งหมดนี้พบการแตกหักของเคลือบฟัน 1 ตัวอย่างในกลุ่มควบคุมเพียงกลุ่มเดียว



## บทที่ 5 การอภิปรายผล

มีการศึกษาหลายรายการเกี่ยวกับผลของสารฟอกสีฟันที่มีต่อความแข็งแรงของพันธะของเรซินคอมโพสิตกับเคลือบฟัน ซึ่งรายงานว่เปอร์ออกไซด์ในสารฟอกสีฟันมีผลเชิงลบต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเคลือบฟันและเนื้อฟัน โดยความแข็งแรงของพันธะของเรซินคอมโพสิตกับเคลือบฟันจะลดลงเนื่องจากเปอร์ออกไซด์ที่เหลือนบนเคลือบฟันและเนื้อฟันจะยับยั้งการเกิดกระบวนการพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ของสารโมเลกุลเล็ก (Monomer) ในชั้นไฮบริด (hybrid layer) และยับยั้งการแทรกซึมและการก่อตัวของเรซินแท็ก (Resin tags)<sup>(35)</sup> นอกจากนี้ในฟันที่มีการฟอกสีฟัน หลังจากมีการกัดเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 พบว่าเรซินแท็กที่เกิดขึ้นเมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) จะมีความชัดเจนของขอบเขตน้อยลง มีความกระจัดกระจายในการเกิดมากขึ้น และแทรกซึมลงไปได้ลึกน้อยกว่าในเคลือบฟันที่ไม่ถูกฟอกสีฟัน<sup>(36)</sup>

เพื่อป้องกันการลดลงของความแข็งแรงพันธะหลังการฟอกสีฟัน หลายการศึกษาได้ใช้โซเดียมแอสคอร์เบต (Sodium ascorbate; SA) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในการกำจัดออกซิเจนตกค้าง (residual oxygen) ทั้งหมดที่เกิดจากสารฟอกสีฟัน<sup>(17, 18, 25, 40)</sup> ซึ่งกรดแอสคอร์บิก และอนุพันธ์วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้โดยทั่วไปเพื่อยับยั้ง หรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดอนุมูลอิสระ (free radicals)<sup>(74)</sup>

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ สมมุติฐานว่าถูกปฏิเสธเนื่องจากมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในความแข็งแรงของพันธะเฉือนระหว่างกลุ่มการทดลอง โดยพบว่า การกัดผิวเคลือบฟันที่ถูกฟอกสีฟันด้วยกรดเอทิลแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 35 ร่วมกับกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 ก่อนการยึดติดแบร์กเกต สามารถเพิ่มความแข็งแรงของพันธะเฉือนที่ลดลงไปของแบร์กเกตโลหะได้

ผลลัพธ์ดูเหมือนจะสอดคล้องกับการศึกษาในปัจจุบัน<sup>(19, 20)</sup> ที่ใช้การเตรียมผิวเคลือบฟันด้วยสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อฟื้นฟูความแข็งแรงของพันธะระหว่างเรซินคอมโพสิตกับผิวเคลือบฟันที่ถูกฟอกสีฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ เพื่อลดจำนวนขั้นตอนในการเตรียมผิวเคลือบฟันที่ถูกฟอกสีฟันก่อนการยึดติด เมื่อพิจารณาว่าทั้งสารต้านอนุมูลอิสระและสารกัดชนิดกรดต้องถูกกำจัดออกก่อนการใช้สารยึดติด การนำสารทั้งสองชนิดมารวมกันเป็นขั้นตอนเดียวกัน จึงเป็นแนวคิดที่น่าสนใจ เพื่อลดขั้นตอนและเวลาในการทำงาน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากค่าพีเอช (pH) ที่สูงและช่วงเวลาการทำงานที่สั้นของกรดฟอสฟอ-

ริกทำให้เกิดข้อจำกัดในการรวมกับสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นจึงได้มีการนำกรดซิตริกมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

กรดซิตริกเป็นกรดไตรคาร์บอกซิลิกชนิดกรดอ่อน ซึ่งพบได้มากตามธรรมชาติในผลไม้รสเปรี้ยว<sup>(30)</sup> ในงานด้านทันตกรรม พบว่ามีการใช้กรดซิตริกในการกำจัดชั้นสเมียร์ของเนื้อฟัน<sup>(31, 32)</sup> แต่ในแง่ของการนำมาใช้เป็นสารกัดชนิดกรดสำหรับการเตรียมพื้นผิวเคลือบฟัน กรดซิตริกนั้นไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากเวลาในการใช้งานที่ค่อนข้างนาน อย่างไรก็ตามมีการศึกษาที่ใช้กรดซิตริกทาที่ผิวเคลือบฟันเป็นเวลามากกว่า 3 นาที ผลของความแข็งแรงของพันธะระหว่างเคลือบฟันกับแบร็กเกตจัดฟันก็อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ทางคลินิก<sup>(33, 34)</sup>

ดังนั้นการใช้ความเข้มข้นของกรดเอทิลแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 และกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 และเวลาในการใช้งาน 5 นาทีนั้นมีความสมเหตุสมผล โดยอ้างอิงจากผลการวิจัยจากการศึกษาก่อนหน้านี้ที่แสดงให้เห็นว่า เมื่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และคาร์บาไมด์-เปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูงถูกนำมาใช้ในการฟอกสีฟัน โซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 10 ไม่เพียงพอที่จะทำให้ค่าความแข็งแรงของพันธะเพิ่มกลับมาเท่ากับกลุ่มที่ไม่ได้ฟอกสีฟัน ถึงแม้ว่าจะมีค่าความแข็งแรงของพันธะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มฟอกสีฟันที่ไม่ได้ใช้โซเดียมแอสคอร์เบตเตรียมผิวเคลือบฟันก็ตาม<sup>(23, 39)</sup>

ผลการศึกษาของ Coppla และคณะ<sup>(21)</sup> พบว่าการใช้โซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 35 เพียงพอสำหรับการฟื้นฟูค่าความแข็งแรงของพันธะในกลุ่มที่ถูกฟอกสีฟันทั้งกลุ่มที่ใช้คาร์บาไมด์-เปอร์ออกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันทั้งหมด ในขณะที่การใช้โซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 20 ในการศึกษาาก่อนหน้านี้<sup>(19, 20)</sup> ได้ผลเป็นที่น่าพอใจเฉพาะในกลุ่มที่ใช้คาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 เท่านั้น

นอกจากนี้รายงานการศึกษาโดย Freire และคณะ<sup>(51)</sup> ที่ศึกษาถึงการทำปฏิกิริยาของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 กับโซเดียมแอสคอร์เบต ระบุว่าระยะเวลา 5 นาทีเป็นระยะเวลาที่เพียงพอ สำหรับการทำปฏิกิริยารีดักชัน (reduction) ของโซเดียมแอสคอร์เบต เพื่อกำจัดเปอร์ออกไซด์จากสารฟอกสีฟัน และจากการศึกษาของ H. Lee และคณะ ที่ระบุว่า ความแข็งแรงของพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างสารยึดติดกับเคลือบฟันจากการกัดเคลือบฟันด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 ในระยะเวลา 3 นาที ให้ค่าความแข็งแรงของพันธะที่เพียงพอกับการยึดติดของแบร็กเกต รวมถึงค่าความแข็งแรงที่ได้ไม่ได้ลดลงตามระยะเวลาที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผล

การศึกษาในครั้งนี้ ที่การใช้กรดเอทิลแอสคอร์บิกผสมกับกรดซิตริกในความเข้มข้นร้อยละ 35 และ 50 ตามลำดับ จะช่วยให้ค่าความแข็งแรงพันธะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรดยืดติดที่ทำในกลุ่มฟอกสีฟันใช้กรดฟอสฟอริกอย่างเดียว ถึงแม้ว่ายังไม่สามารถเพิ่มค่าความแข็งแรงของพันธะให้ได้เท่ากับกลุ่มที่ไม่ได้ฟอกสีฟันก็ตาม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเตรียมผิวเคลือบฟันที่ฟอกสีฟันด้วยการต้านอนุมูลอิสระโดยทั่วไปที่จำเป็นต้องทำหลายขั้นตอนและใช้เวลานานกว่า<sup>(17, 21, 24)</sup> ค่าความแข็งแรงของพันธะที่เพิ่มขึ้นไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มกล่าวคือสามารถใช้ทดแทนกับวิธีดั้งเดิมได้นั่นเอง

และจากการอ้างอิงผลการวิจัยของ Golonka และคณะ<sup>(29)</sup> ที่ถึงแม้จะแสดงว่า กรดเอทิลแอสคอร์บิกมีความเสถียรต่อความร้อนและแสงมากกว่ากรดแอสคอร์บิกอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อมาพิจารณาในด้านคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของกรดเอทิลแอสคอร์บิกโดยวัดจากการทำปฏิกิริยากับดีพีพีเอช (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; DPPH) ซึ่งพบว่า ปฏิกิริยาของกรดแอสคอร์บิกกับดีพีพีเอชจะเกิดขึ้นเร็วกว่า เมื่อเทียบกับปฏิกิริยาของกรดเอทิลแอสคอร์บิกกับดีพีพีเอช แสดงให้เห็นว่ากรดเอทิลแอสคอร์บิกจะใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาต้านอนุมูลอิสระที่ยาวนานกว่าเมื่อเทียบกับกรดแอสคอร์บิก

ดังนั้นแล้ว คาดว่าหากต้องการเพิ่มค่าความแข็งแรงของพันธะในการยึดติดแบร็กเกตมากขึ้น อาจมีการเพิ่มความเข้มข้นของกรดเอทิลแอสคอร์บิกหรือเพิ่มระยะเวลาในการใช้งานของกรดเอทิลแอสคอร์บิกที่ผสมกับกรดซิตริก เพื่อให้ผลของคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระดีขึ้น ซึ่งในประเด็นนี้ ผู้วิจัยเสนอแนะว่าควรมีการศึกษาเพิ่มเติมภายหลังต่อไป

จากการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของพันธะเฉือนที่ผ่านมา นั้น โดยส่วนใหญ่วิธีการทดลองจะใช้กรดยืดติดแบร็กเกตกับผิวเคลือบฟันโดยตรงก่อนนำไปใส่ในแท่น/ฐาน โดยการวางตำแหน่งให้ผิวเคลือบฟันขนานกับส่วนของแท่น/ฐานที่ใช้ยึดก่อนทำการทดสอบกับเครื่อง ซึ่งในฟันกรามน้อยที่มีความโค้งของผิวเคลือบฟันด้านแก้ม อาจทำให้การวางตำแหน่งของหัวกดไม่ตั้งฉากกับแนวของรอยต่อระหว่างสารยึดติดของแบร็กเกตกับผิวเคลือบฟันทุกครั้ง งานวิจัยในครั้งนี้จึงได้มีการใช้อุปกรณ์ชี้นำ (guiding index) เป็นตัวช่วย โดยนำฟันที่ได้รับการติดแบร็กเกตแล้วมายึดติดกับตัวลวดของอุปกรณ์ชี้นำ (guiding index) ก่อนที่จะนำไปยึดติดกับแท่น/ฐานที่ใช้ในการทดสอบ ทำให้แนวของรอยต่อระหว่างสารยึดติดของแบร็กเกต กับผิวเคลือบฟันอยู่ในแนวเดียวกันทุกๆ ชิ้นงาน และช่วยให้ขนานกับแนวแรงของหัวกดด้วย

ค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI) ที่ได้รับการเสนอแนะโดย Artun และคณะ<sup>(73)</sup> มีการนำมาใช้ในการศึกษาต่าง ๆ เพื่อกำหนดตำแหน่งของความล้มเหลวในการยึดติดของพันธะในเคลือบฟัน สารยึดติด และฐานแบร็กเกต โดยประเมินจากปริมาณของสารยึดติดที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟัน

ในขั้นตอนการจัดฟันตามปกติ การมีความแข็งแรงของพันธะที่เหมาะสมกับการถอดแบร็กเกต (debonding) อย่างปลอดภัย จะเป็นผลดีทางคลินิกมากกว่าการมีค่าความแข็งแรงของพันธะที่สูงสุดเพื่อการยึดติดอย่างถาวร<sup>(75)</sup> แต่ขณะเดียวกันก็จำเป็นต้องมีค่าความแข็งแรงของพันธะที่เพียงพอในช่วงเวลาที่จัดฟัน และเมื่อถอดแบร็กเกตออก ควรจะมีสารยึดติดเหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันให้น้อยที่สุดเพื่อให้ง่ายต่อการกำจัดสารยึดติดจากผิวเคลือบฟัน<sup>(76)</sup> แต่อย่างไรก็ตามเพื่อป้องกันการแตกหักหรือรอยแตกบนผิวเคลือบฟัน ความล้มเหลวในการยึดติดควรเกิดขึ้นภายในสารยึดติด (Cohesive failure)<sup>(33)</sup> เนื่องจากการกำจัดสารยึดติดจากผิวเคลือบฟันอาจเป็นผลดีทางคลินิกมากกว่า เพราะจะช่วยลดความเสียหายต่อเคลือบฟันที่เกิดจากขั้นตอนการถอดแบร็กเกต<sup>(77)</sup> ปัจจุบันที่มีผลต่อค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI) มีหลายปัจจัย โดยจากรายงานของ O'Brien และคณะ<sup>(78)</sup> พบว่าทั้งวิธีการถอดแบร็กเกต ลักษณะของฐานแบร็กเกต และประเภทของสารยึดติด ซึ่งค่าความแข็งแรงของพันธะเพียงอย่างเดียวไม่สามารถนำมาใช้ทำนายความสัมพันธ์กับค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI) ได้

ในงานวิจัยครั้งนี้พบว่า ค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในกลุ่มควบคุมจะพบค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI) ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงคะแนน 1-3 โดยไม่พบคะแนน 0 เลย แสดงให้เห็นว่าความล้มเหลวในการยึดติดจะเกิดขึ้นภายในสารยึดติดและรอยต่อของแบร็กเกตกับสารยึดติด ในขณะที่กลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มจะพบค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด (Adhesive remnant index; ARI) ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงคะแนน 0 ซึ่งเป็นการแสดงว่าความล้มเหลวของการยึดติดจะอยู่ตรงบริเวณรอยต่อของสารยึดติดและเคลือบฟัน หรือก็คือการลอกสีฟันมีผลทำให้การยึดติดในตำแหน่งดังกล่าวอ่อนแอลง

จากทุกกลุ่มที่ได้ทำการทดสอบในงานวิจัยครั้งนี้ พบว่าการเกิดการแตกหักของเคลือบฟัน (Enamel fracture) ในกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นกลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงของพันธะมากที่สุดเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น โดยคิดเป็นอัตราการเกิดร้อยละ 2.5 เมื่อเปรียบเทียบกับร้อยละ 7<sup>(79)</sup> และ 57.5<sup>(80)</sup> ใน



การศึกษาก่อนหน้าที่ใช้กลุ่มทดลองใกล้เคียงกัน ซึ่งคาดว่าอัตราการเกิดการแตกหักของเคลือบฟัน (Enamel fracture) อาจมีความสัมพันธ์กับรอยแตกของเคลือบฟันที่เกิดจากแรงถอนฟันที่ไม่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าก่อนนำฟันมาใช้ในการทดสอบ

เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental study) ที่ทำในสภาพแวดล้อมจำลอง และเป็นการดูผลการศึกษาเพียงแค่ช่วงเวลาหลังติดแบร็กเกตเท่านั้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดในงานวิจัยที่ทำให้ผลการศึกษาที่ได้ อาจไม่สามารถจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในทางคลินิกได้ ดังนั้นแล้วในการศึกษาครั้งต่อไป จึงอาจมีการออกแบบการทดลองให้มีการเพิ่มเติมวิธีการทดลองเพื่อดูผลทางห้องปฏิบัติการในระยะยาว เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ในทางคลินิกได้ หรือออกแบบการทดลองที่เป็นการทดลองทางคลินิก เพื่อผลลัพธ์ที่ได้ในคนไข้ต่อไป



## บทที่ 6 บทสรุป

การศึกษานี้เป็นการทดสอบภายในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมตัวแปรกวน ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าการใช้กรดเอทิลแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 35 ผสมกับกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 สามารถเพิ่มค่าความแข็งแรงของพันธะฉนวนในการยึดติดของแบร์กเกตและผิวเคลือบฟันที่ถูกฟอกสีฟันขึ้นได้ ถึงแม้ค่าความแข็งแรงพันธะที่เพิ่มขึ้นนี้ไม่ได้มีค่าสูงเท่ากับกลุ่มที่ไม่ได้ฟอกสีฟันก็ตาม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฟอกสีฟันใช้กรดฟอสฟอริกเพียงอย่างเดียว ค่าความแข็งแรงของพันธะฉนวนในการยึดติดของแบร์กเกตและผิวเคลือบฟันที่ถูกฟอกสีฟันที่ได้นั้นถือว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ สามารถใช้ทดแทนกับวิธีดั้งเดิมได้นั่นเอง



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## บรรณานุกรม

1. Odioso LL, Gibb RD, Gerlach RW. Impact of demographic, behavioral, and dental care utilization parameters on tooth color and personal satisfaction. *Compend Contin Educ Dent Suppl.* 2000(29):S35-41; quiz S3.
2. Qualtrough A, Burke F. A look at dental esthetics. *Quintessence international.* 1994;25(1).
3. Slack ME, Swift EJ, Jr., Rossouw PE, Phillips C. Tooth whitening in the orthodontic practice: a survey of orthodontists. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143(4 Suppl):S64-71.
4. Tin-Oo MM, Saddki N, Hassan N. Factors influencing patient satisfaction with dental appearance and treatments they desire to improve aesthetics. *Bmc Oral Health.* 2011;11(1):6.
5. Davis LG, Ashworth PD, Spriggs LS. Psychological effects of aesthetic dental treatment. *J Dent.* 1998;26(7):547-54.
6. Krug AY, Green C. Changes in patient evaluation of completed orthodontic esthetics after dental bleaching. *J Esthet Restor Dent.* 2008;20(5):313-9; discussion 20-1.
7. Sardarian A, Malekpour B, Roshan A, Danaei SM. Bleaching during orthodontic treatment and its effect on bracket bond strength. *Dent Res J (Isfahan).* 2019;16(4):245-50.
8. Cavalli V, Reis AF, Giannini M, Ambrosano GM. The effect of elapsed time following bleaching on enamel bond strength of resin composite. *Oper Dent.* 2001;26(6):597-602.
9. Dishman MV, Covey DA, Baughan LW. The effects of peroxide bleaching on composite to enamel bond strength. *Dent Mater.* 1994;10(1):33-6.
10. Miles PG, Pontier JP, Bahiraei D, Close J. The effect of carbamide peroxide bleach on the tensile bond strength of ceramic brackets: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;106(4):371-5.
11. Sung EC, Chan SM, Mito R, Caputo AA. Effect of carbamide peroxide bleaching on the shear bond strength of composite to dental bonding agent enhanced enamel. *J Prosthet Dent.* 1999;82(5):595-9.

12. Cvitko E, Denehy GE, Swift EJ, Jr., Pires JA. Bond strength of composite resin to enamel bleached with carbamide peroxide. *J Esthet Dent*. 1991;3(3):100-2.
13. Shinohara MS, Peris AR, Rodrigues JA, Pimenta LAF, Ambrosano GMB. The effect of nonvital bleaching on the shear bond strength of composite resin using three adhesive systems. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2004;6(3):205-9.
14. Shinohara MS, Peris AR, Pimenta LA, Ambrosano GM. Shear bond strength evaluation of composite resin on enamel and dentin after nonvital bleaching. *J Esthet Restor Dent*. 2005;17(1):22-9; discussion 9.
15. Teixeira EC, Hara AT, Turssi CP, Serra MC. Effect of non-vital tooth bleaching on microleakage of coronal access restorations. *J Oral Rehabil*. 2003;30(11):1123-7.
16. Uysal T, Er O, Sagsen B, Ustdal A, Akdogan G. Can intracoronaally bleached teeth be bonded safely? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;136(5):689-94.
17. Lai SC, Tay FR, Cheung GS, Mak YF, Carvalho RM, Wei SH, et al. Reversal of compromised bonding in bleached enamel. *J Dent Res*. 2002;81(7):477-81.
18. Lai SC, Mak YF, Cheung GS, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, et al. Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *J Dent Res*. 2001;80(10):1919-24.
19. Torres CRG, Koga AF, Borges AB. The effects of anti-oxidant agents as neutralizers of bleaching agents on enamel bond strength. *Braz J Oral Sci*. 2006;5(16):971-6.
20. Briso AL, Rahal V, Sundfeld RH, dos Santos PH, Alexandre RS. Effect of sodium ascorbate on dentin bonding after two bleaching techniques. *Oper Dent*. 2014;39(2):195-203.
21. Coppla FM, Freire A, Bittencourt B, Armas-Vega A, Benitez VE, Calixto AL, et al. Influence of simplified, higher-concentrated sodium ascorbate application protocols on bond strength of bleached enamel. *J Clin Exp Dent*. 2019;11(1):e21-e6.
22. Freire A, Durski MT, Ingberman M, Nakao LS, Souza EM, Vieira S. Assessing the use of 35 percent sodium ascorbate for removal of residual hydrogen peroxide after in-office tooth bleaching. *J Am Dent Assoc*. 2011;142(7):836-41.
23. Turkun M, Kaya AD. Effect of 10% sodium ascorbate on the shear bond strength of composite resin to bleached bovine enamel. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2004;31(12):1184-91.

24. Bulut H, Turkun M, Kaya AD. Effect of an antioxidizing agent on the shear bond strength of brackets bonded to bleached human enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129(2):266-72.
25. Kaya AD, Turkun M. Reversal of dentin bonding to bleached teeth. *Oper Dent.* 2003;28(6):825-9.
26. Gokce B, Comlekoglu ME, Ozpinar B, Turkun M, Kaya AD. Effect of antioxidant treatment on bond strength of a luting resin to bleached enamel. *Journal of Dentistry.* 2008;36(10):780-5.
27. Bulut H, Kaya AD, Turkun M. Tensile bond strength of brackets after antioxidant treatment on bleached teeth. *Eur J Orthod.* 2005;27(5):466-71.
28. Turkun M, Turkun LS. Effect of nonvital bleaching with 10% carbamide peroxide on sealing ability of resin composite restorations. *Int Endod J.* 2004;37(1):52-60.
29. Golonka I, Oleksy M, Junka A, Matera-Witkiewicz A, Bartoszewicz M, Musial W. Selected Physicochemical and Biological Properties of Ethyl Ascorbic Acid Compared to Ascorbic Acid. *Biol Pharm Bull.* 2017;40(8):1199-206.
30. Best SL, Liu Y, Keikhosravi A, Drifka CR, Woo KM, Mehta GS, et al. Collagen organization of renal cell carcinoma differs between low and high grade tumors. 2019;19(1):1-8.
31. Newman GV, Snyder WH, Wilson CE, Jr. Acrylic adhesives for bonding attachments to tooth surfaces. *Angle Orthod.* 1968;38(1):12-8.
32. Pérez-Heredia M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MPJJoe. The effectiveness of different acid irrigating solutions in root canal cleaning after hand and rotary instrumentation. 2006;32(10):993-7.
33. Reynolds I. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod.* 1975;2(3):171-8.
34. Lee HL, Cupples AL, Schubert RJ, Swartz ML. An adhesive dental restorative material. *J Dent Res.* 1971;50(1):125-32.
35. Attin T, Hannig C, Wiegand A, Attin R. Effect of bleaching on restorative materials and restorations—a systematic review. *Dental Materials.* 2004;20(9):852-61.
36. Titley KC, Torneck CD, Smith DC, Chernecky R, Adibfar A. Scanning electron microscopy observations on the penetration and structure of resin tags in bleached and unbleached bovine enamel. *J Endod.* 1991;17(2):72-5.

37. Josey AL, Meyers IA, Romaniuk K, Symons AL. The effect of a vital bleaching technique on enamel surface morphology and the bonding of composite resin to enamel. *J Oral Rehabil.* 1996;23(4):244-50.
38. Garcia EJ, Oldoni TLC, Alencar SMD, Reis A, Loguercio AD, Grande RHM. Antioxidant activity by DPPH assay of potential solutions to be applied on bleached teeth. *Braz Dent J.* 2012;23(1):22-7.
39. Kaya A, Türkün M, Arici MJOd. Reversal of compromised bonding in bleached enamel using antioxidant gel. 2008;33(4):441-7.
40. Briso AL, Toseito RM, Rahal V, dos Santos PH, Ambrosano GM. Effect of sodium ascorbate on tag formation in bleached enamel. *J Adhes Dent.* 2012;14(1):19-23.
41. Colven RM, Pinnell SR. Topical vitamin C in aging. *Clin Dermatol.* 1996;14(2):227-34.
42. Tsao CS, Young M. A stabilised ascorbic acid solution. *Med Sci Res.* 1996;24(7):473-5.
43. Buettner GR. Chemistry and biochemistry of ascorbic acid. *Handbook of antioxidants.* 1996:91-115.
44. Raschke T, Koop U, Dusing HJ, Filbry A, Sauermaun K, Jaspers S, et al. Topical activity of ascorbic acid: from in vitro optimization to in vivo efficacy. *Skin Pharmacol Physiol.* 2004;17(4):200-6.
45. Gallarate M, Carlotti ME, Trotta M, Bovo S. On the stability of ascorbic acid in emulsified systems for topical and cosmetic use. *Int J Pharm.* 1999;188(2):233-41.
46. Austria R, Semenzato A, Bettero A. Stability of vitamin C derivatives in solution and topical formulations. *J Pharm Biomed Anal.* 1997;15(6):795-801.
47. Pinnell SR, Yang H, Omar M, Monteiro-Riviere N, DeBuys HV, Walker LC, et al. Topical L-ascorbic acid: percutaneous absorption studies. *Dermatol Surg.* 2001;27(2):137-42.
48. Sheraz M, Ahmed S, Ahmad I, Shaikh R, Vaid F, Iqbal K. Formulation and Stability of Ascorbic Acid in Topical Preparations. *Sys Rev Pharm.* 2011;2(2).
49. Jin S, Miao X. 3-O-Ethyl-L-ascorbic acid. *Acta Crystallogr Sect E Struct Rep Online.* 2008;64(Pt 5):o860.
50. Iliopoulos F, Sil BC, Moore DJ, Lucas RA, Lane ME. 3-O-ethyl-L-ascorbic acid: Characterisation and investigation of single solvent systems for delivery to the skin. *Int J*

Pharm X. 2019;1:100025.

51. Freire A, Souza EM, de Menezes Caldas DB, Rosa EA, Bordin CF, de Carvalho RM, et al. Reaction kinetics of sodium ascorbate and dental bleaching gel. *J Dent*. 2009;37(12):932-6.
52. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*. 1955;34(6):849-53.
53. Cueto EI, Buonocore MG. Sealing of pits and fissures with an adhesive resin: its use in caries prevention. *J Am Dent Assoc*. 1967;75(1):121-8.
54. Gwinnett AJ, Buonocore MG. Adhesives and Caries Prevention; a Preliminary Report. *Br Dent J*. 1965;119:77-80.
55. Lopes GC, Thys DG, Klaus P, Oliveira GM, Widmer N. Enamel acid etching: a review. *Compend Contin Educ Dent*. 2007;28(1):18-24; quiz 5, 42.
56. Silverstone L. State of the art on sealant research and priorities for further research. *J Dent Educ*. 1984;48(2 Suppl):107-18.
57. Gilpatrick RO, Ross JA, Simonsen RJ. Resin-to-enamel bond strengths with various etching times. *Quintessence Int*. 1991;22(1).
58. Mardaga WJ, Shannon IL. Decreasing the depth of etch for direct bonding in orthodontics. *J Clin Orthod*. 1982;16(2):130-2.
59. Beech DR, Jalaly T. Bonding of polymers to enamel: influence of deposits formed during etching, etching time and period of water immersion. *J Dent Res*. 1980;59(7):1156-62.
60. Cehreli ZC, Altay N. Effects of a nonrinse conditioner and 17% ethylenediaminetetraacetic acid on the etch pattern of intact human permanent enamel. *Angle Orthod*. 2000;70(1):22-7.
61. Carstensen W. The effects of different phosphoric acid concentrations on surface enamel. *Angle Orthod*. 1992;62(1):51-8.
62. Carstensen W. Effect of reduction of phosphoric acid concentration on the shear bond strength of brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995;108(3):274-7.
63. Bishara SE, Gordan W, VonWald L, Olson ME. Effect of an acidic primer on shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998;114(3):243-7.

64. Legler LR, Retief DH, Bradley EL. Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on enamel depth of etch: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990;98(2):154-60.
65. Johnston CD, Hussey DL, Burden DJ. The effect of etch duration on the microstructure of molar enamel: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;109(5):531-4.
66. Gardner A, Hobson R. Variations in acid-etch patterns with different acids and etch times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;120(1):64-7.
67. Shinchi MJ, Soma K, Nakabayashi N. The effect of phosphoric acid concentration on resin tag length and bond strength of a photo-cured resin to acid-etched enamel. *Dent Mater.* 2000;16(5):324-9.
68. Kapoor D, Sharma V, Tandon P, Pandey KJJoIOS. Comparative evaluation of tannic acid, citric acid and phosphoric acid as etching agents for direct bonding. 2002;36(2):54-62.
69. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G\*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods.* 2007;39(2):175-91.
70. Hobson RS, McCabe JF, Hogg SD. Bond strength to surface enamel for different tooth types. *Dent Mater.* 2001;17(2):184-9.
71. Jain A, Ray S, Mitra R, S Chopra S, Singh G. Light Cure Tip Distance and Shear Bond Strength: Does It have any Clinical Significance? *J Indian Orthod Soc.* 2013;47:135-42.
72. Montasser MA, Drummond JL. Reliability of the adhesive remnant index score system with different magnifications. *Angle Orthod.* 2009;79(4):773-6.
73. Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod.* 1984;85(4):333-40.
74. Rose RC, Bode AM. Biology of free radical scavengers: an evaluation of ascorbate. *FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology.* 1993;7(12):1135-42.
75. Saito K, Sirirungrojying S, Meguro D, Hayakawa T, Kasai K. Bonding durability of using self-etching primer with 4-META/ MMA-TBB resin cement to bond orthodontic



brackets. *Angle Orthod.* 2005;75(2):260-5.

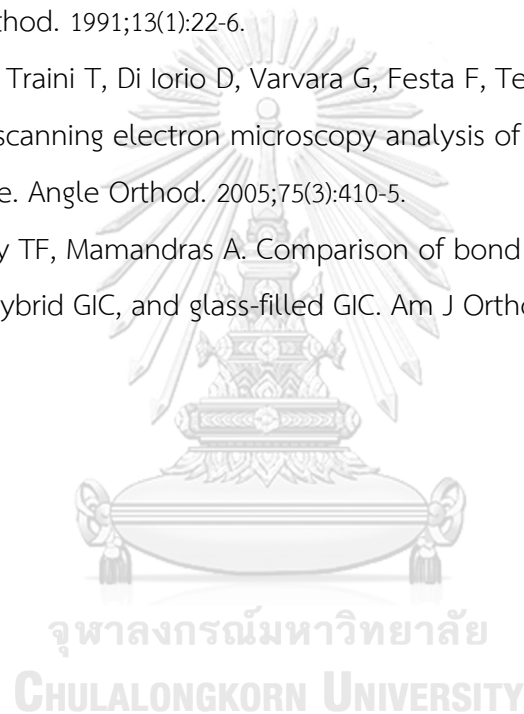
76. Bishara SE, Gordan VV, VonWald L, Jakobsen JR. Shear bond strength of composite, glass ionomer, and acidic primer adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;115(1):24-8.

77. Khosravanifard B, Nemati-Anaraki S, Nili S, Rakhshan V. Assessing the effects of three resin removal methods and bracket sandblasting on shear bond strength of metallic orthodontic brackets and enamel surface. *J orthodontic waves.* 2011;70(1):27-38.

78. O'Brien KD, Watts DC, Read MJ. Light cured direct bonding--is it necessary to use a primer? *Eur J Orthod.* 1991;13(1):22-6.

79. D'Attilio M, Traini T, Di Iorio D, Varvara G, Festa F, Tecco S. Shear bond strength, bond failure, and scanning electron microscopy analysis of a new flowable composite for orthodontic use. *Angle Orthod.* 2005;75(3):410-5.

80. Rix D, Foley TF, Mamandras A. Comparison of bond strength of three adhesives: composite resin, hybrid GIC, and glass-filled GIC. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;119(1):36-42.





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## ประวัติผู้เขียน

|                   |                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ-สกุล         | นางสาวพิชนี แซ่อาวเอี้ยง                                                                                                                                                                                                                    |
| วัน เดือน ปี เกิด | 4 ตุลาคม 2535                                                                                                                                                                                                                               |
| สถานที่เกิด       | กรุงเทพมหานคร                                                                                                                                                                                                                               |
| วุฒิการศึกษา      | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย                                                                                                                                                                                                                       |
| ที่อยู่ปัจจุบัน   | 67/26 ซอยสวนพลู ถนนสาทรใต้ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120                                                                                                                                                                            |
| ผลงานตีพิมพ์      | Phattarataratip, E., Masorn, M., Jarupoonphol, W., Supatthanayut, S., & Saeoweiang, P. (2016). Differential expression of epithelial cell adhesion molecule in salivary gland neoplasms. <i>Annals of diagnostic pathology</i> , 24, 62-67. |