



ผลของกาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่มต่อเสถียรภาพสีและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่  
ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูง ภายใต้สภาวะการจำลองการแปรงฟัน : การศึกษาในห้องปฏิบัติการ  
THE EFFECT OF READY-TO-DRINK COFFEE ON COLOR STABILITY AND SURFACE  
ROUGHNESS OF HIGHLY FILLED FLOWABLE COMPOSITE UNDER SIMULATED  
TOOTHBRUSHING CONDITION : AN IN VITRO STUDY

กীরติ ทิพย์ทิมาพันธ์

ผลของกาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่มต่อเสถียรภาพสีและความหนืดของเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่  
ได้แบบวัสดุอุดแทรกสูง ภายใต้สภาวะการจำลองการแปร่งฟัน : การศึกษาในห้องปฏิบัติการ



กীরติ ทิพย์ทิมาพันธ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก  
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ปีการศึกษา 2565  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE EFFECT OF READY-TO-DRINK COFFEE ON COLOR STABILITY AND SURFACE  
ROUGHNESS OF HIGHLY FILLED FLOWABLE COMPOSITE UNDER SIMULATED  
TOOTHBRUSHING CONDITION : AN IN VITRO STUDY



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

Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University

2022

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของกาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่มต่อเสถียรภาพสีและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่

ได้แบบวัสดุอุดแทรกสูง ภายใต้สภาวะการจำลองการแปรงฟัน : การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ของ

กীরติ ทิพย์ทิมาพันธ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ เจียรพุดมิ)

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิภพ สายแก้ว)

..... กรรมการ

(ดร.วิบูลย์ไพศาลกอบฤทธิ)

ชื่อเรื่อง	ผลของกาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่มต่อเสถียรภาพสีและความหยابผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแม่ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูง ภายใต้สภาวะการจำลองการแปรงฟัน : การศึกษาในห้องปฏิบัติการ
ผู้วิจัย	กীরติ ทิพย์ทิมาพันธ์
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ เจียรพุด

จุดประสงค์: เพื่อศึกษาผลของเครื่องดื่มต่างๆ ต่อเสถียรภาพสีและความหยابผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแม่ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูงเปรียบเทียบกับแฟ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิตและเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแม่ได้ ภายใต้สภาวะการจำลองการแปรงฟัน วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: เรซินคอมโพสิต 3 ชนิด ได้แก่ ฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที (Z) ฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล (F) และจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล (G) เตรียมในบ้ำหล่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร ชนิดละ 30 ชิ้นตัวอย่าง แบ่งแต่ละกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่มย่อย กลุ่มที่ 1 แช่น้ำลายเทียม (S) กลุ่มที่ 2 แช่นกาแฟ (C) และกลุ่มที่ 3 นำไปจำลองการแปรงฟันก่อนการแช่นกาแฟ (BC) โดยทุกกลุ่มจะถูกแช่นสารละลายที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน ทำการวัดค่าสีและความหยابผิว 3 ครั้ง คือ ก่อนการแช่นสารละลาย หลังจากแช่นสารละลายเป็นเวลา 7 วัน และหลังจากแช่นสารละลายครบ 28 วัน นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าความต่างสี ( $\Delta E$ ) และค่าดัชนีโปรงแสง และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติความแปรปรวนสามทางและสถิติทดสอบบนพอยโรนที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $\alpha=0.05$ ) ผลการทดลอง: หลังจากจำลองการแปรงฟันและแช่นสารละลายจนครบ 28 วันพบว่าค่า  $\Delta E$  ของกลุ่ม ZC, ZBC, FC และ FBC มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยมีค่ามากกว่า 3.3 ซึ่งเป็นค่าที่มนุษย์สามารถรับรู้ถึงความแตกต่างของสีได้ ในขณะที่กลุ่ม GC มีค่า  $\Delta E$  ที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม GS และกลุ่ม GBC มีค่าความต่างสีที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างจากกลุ่ม GC อย่างไรก็ตามค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยของ GC และ GBC มีค่าอยู่ในช่วง 1 ถึง 3.3 ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ในทางคลินิก ส่วนผลการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีความโปรงแสงพบว่าค่าดัชนีความโปรงแสงของกลุ่ม GC และ GBC ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ทีและฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิลมีเพียงกลุ่ม ZS ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ผลการเปลี่ยนแปลงความหยابผิวพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในทุกกลุ่มสรุปผล: เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแม่ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูง มีเสถียรภาพสีและค่าดัชนีความโปรงแสงที่ดีกว่าแฟ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิตและเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแม่ได้

คำสำคัญ : เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแม่ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูง, เสถียรภาพสี, ความหยابผิว, การจำลองการแปรงฟัน

Title	THE EFFECT OF READY-TO-DRINK COFFEE ON COLOR STABILITY AND SURFACE ROUGHNESS OF HIGHLY FILLED FLOWABLE COMPOSITE UNDER SIMULATED TOOTHBRUSHING CONDITION : AN IN VITRO STUDY
Author	KEERATI TIPTIMAPHAN
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2022
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Sirichan Chiaraputt

Objective: The purpose of this study is to evaluate the effects of ready-to-drink coffee on the color stability and the surface roughness of highly filled flowable composite compared with packable composite and flowable composite under simulated toothbrushing conditions. Materials and Methods: 90 specimens were prepared from three types of composite resins: (1) Filtek™ Z350XT (Z); (2) Filtek™ Supreme XT Flowable (F); (3) G-ænial™ Universal Injectable (G) (Diameter 10 mm, thickness 2 mm); 30 specimens of each type, divided into three subgroups (artificial saliva (S), coffee (C) and simulated toothbrushing before immersion in coffee (BC)). All groups were immersed in their solutions at 37 °C for 28 days. Color stability and surface roughness measurements were performed before and after immersion for 7 days and 28 days (triplicate). The data were analyzed using three-way ANOVA and Bonferroni test statistics at 95% confidence level ( $\alpha=0.05$ ). Results: The  $\Delta E$  of group ZC, ZBC, FC, FBC was statistically significant difference. The mean  $\Delta E$  is greater than 3.3, which is the values of  $\Delta E$  greater than 3.3, detected by inexperienced observers and are therefore considered clinically unacceptable. While the  $\Delta E$  of group GC and GBC did not have a statistically significant difference. Their mean  $\Delta E$  ranged from 1 to 3.3, which was clinically acceptable. The results of the translucency parameter change showed that group ZC, ZBC, FB, and FBC were statistically significant difference. The results of surface roughness showed that all group did not have a statistically significant difference. Conclusion: The color stability and translucency stability of highly filled flowable composite resins is better than packable composite resin and flowable composite resins under simulated toothbrushing conditions.

Keyword : Highly filled flowable composite, Color stability, Surface roughness, Simulated toothbrushing condition

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงศิริจันทร์ เจียรพุฒิ และอาจารย์ทันตแพทย์อภิรัตน์ ฤทธิฐิติ อาจารย์ที่ปรึกษา ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ถ่ายทอดความรู้ และแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากที่สุด

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์พิภพ สายแก้ว ประธานกรรมการสอบ อาจารย์ ดร.วิบูลย์ ไพศาลกอบฤทธิ กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ และคณาจารย์ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้คำแนะนำและเสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ รวมถึงช่วยตรวจแก้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทเงินรายได้หน่วยงาน สังกัดคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณศูนย์วิเคราะห์และวิจัยทันตชีวะวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่สนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัย รวมถึงความช่วยเหลือและการอำนวยความสะดวกจากคุณชญาดา เทียนไชย รักษาการหัวหน้าศูนย์บริการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค จนสามารถดำเนินงานวิจัยได้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยให้ความสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ตลอดมาจนกระทั่งสามารถดำเนินปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กীরติ ทิพย์ทิมาพันธ์

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ .....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง .....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการวิจัย .....	2
ขอบเขตของการวิจัย .....	2
ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย.....	2
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	3
ตัวแปรที่ศึกษา .....	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	3
สมมุติฐานในการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
วัสดุเรซินคอมโพสิต .....	5
1. ส่วนประกอบของเรซินคอมโพสิต.....	5
2. การจำแนกเรซินคอมโพสิต.....	11
เสถียรภาพของสีของวัสดุเรซินคอมโพสิต .....	12



การวัดค่าสีของวัสดุ.....	14
การวัดความโปร่งแสงของวัสดุเรซินคอมโพสิต .....	17
การสีกรรหของวัสดุเรซินคอมโพสิต .....	19
การวัดค่าความหยาบผิวของวัสดุ.....	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	28
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง .....	28
ประชากร .....	28
การเลือกกลุ่มตัวอย่าง .....	28
การเตรียมขึ้นตัวอย่าง ขั้นตอนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล .....	29
เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์.....	29
การเตรียมขึ้นตัวอย่าง.....	30
ขั้นตอนการทดลอง.....	32
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	34
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	34
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย .....	35
ผลการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของเรซินคอมโพสิต .....	35
ผลการศึกษาด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics).....	35
ค่าความสว่าง (L*) ของเรซินคอมโพสิต .....	35
ค่าสีในทิศทางแดงเขียว (a*) ของเรซินคอมโพสิต .....	36
ค่าสีในทิศทางเหลืองน้ำเงิน (b*) ของเรซินคอมโพสิต.....	37
ค่าความต่างสี ( $\Delta E$ ) ของเรซินคอมโพสิต .....	38
ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลค่าความต่างสีด้วยสถิติความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ สามทาง (Three-way repeated ANOVA) .....	40

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยสถิติทดสอบบอนเฟอโรนี (Bonferroni test)	43
ผลการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความโปร่งแสงของเรซินคอมโพสิต	44
ผลการศึกษาดัวยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics)	44
ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลค่าดัชนีความโปร่งแสงด้วยสถิติความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสามทาง (Three-way repeated ANOVA)	47
ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าดัชนีความโปร่งแสงด้วยสถิติทดสอบบอนเฟอโรนี (Bonferroni test)	49
ผลการเปลี่ยนแปลงของค่าความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต	51
ผลการศึกษาดัวยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics)	51
ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยาบผิวดัวยสถิติความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสามทาง (Three-way repeated ANOVA)	53
ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยาบผิวดัวยสถิติทดสอบบอนเฟอโรนี (Bonferroni test)	55
ผลการตรวจลักษณะและรูปร่างของเรซินคอมโพสิตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope)	56
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	57
สรุปผลการวิจัย	57
อภิปรายผลการวิจัย	58
ข้อเสนอแนะ	62
บรรณานุกรม	63
ภาคผนวก	75
ประวัติผู้เขียน	89

## สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงรายละเอียดวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในงานวิจัย.....	29
ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความต่างสี $\Delta E^*$ ของเรซินคอมโพสิต หลังการแช่ในสารละลายเป็นเวลา 7 วัน.....	39
ตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความต่างสี $\Delta E^*$ ของเรซินคอมโพสิต หลังการแช่ในสารละลายเป็นเวลา 28 วัน.....	40
ตาราง 4 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความต่างสีด้วยสถิติความแปรปรวนแบบวัด ซ้ำสามทาง (Three-way repeated ANOVA).....	41
ตาราง 5 แสดงค่าดัชนีความโปร่งแสง (TP) ก่อนและหลังการแช่ในสารละลาย .....	46
ตาราง 6 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าดัชนีความโปร่งแสงด้วยสถิติความแปรปรวน แบบวัดซ้ำสามทาง (Three-way repeated ANOVA) .....	48
ตาราง 7 แสดงค่าความหยาบผิวก่อนและหลังการทดลอง.....	52
ตาราง 8 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยาบผิวด้วยสถิติความแปรปรวนแบบ วัดซ้ำสามทาง (Three-way repeated ANOVA) .....	54
ตาราง 9 แสดงผลการศึกษาดัวยสถิติเชิงพรรณนาของค่าความต่างสีของเรซินคอมโพสิตฟิลเท กแซด 350 เอ็กซ์ที ในตัวอย่างทั้ง 30 ชิ้น.....	76
ตาราง 10 แสดงผลการศึกษาดัวยสถิติเชิงพรรณนาของค่าความต่างสีของเรซินคอมโพสิตฟิลเท กซูพรีม โพลเอเบิล ในตัวอย่างทั้ง 30 ชิ้น.....	77
ตาราง 11 แสดงผลการศึกษาดัวยสถิติเชิงพรรณนาของค่าความต่างสีของเรซินคอมโพสิต ใน ตัวอย่างจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลทั้ง 30 ชิ้น .....	78
ตาราง 12 แสดงผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติทดสอบของชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) ของค่าความต่างสี เมื่อทำการทดลอง 7 และ 28 วัน.....	79

ตาราง 13 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าความต่างสี่ระหว่างกลุ่มวัสดุในช่วง 7 และ 28 วัน ด้วยสถิติทดสอบบอนเฟอโรนนี่ (Bonferroni test) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของเรซิน คอมโพสิต .....	80
ตาราง 14 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าความต่างสี่ระหว่างกลุ่มทดลองในช่วง 7 และ 28 วัน ด้วยสถิติทดสอบบอนเฟอโรนนี่ (Bonferroni test) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มชนิดของสารละลายและการแปรงฟัน .....	81
ตาราง 15 แสดงผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติทดสอบของชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) ของค่าดัชนีความโปร่งแสงเมื่อทำการทดลอง 7 และ 28 วัน .....	82
ตาราง 16 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างกลุ่มทดลองในช่วง 0, 7 และ 28 วัน ด้วยสถิติทดสอบบอนเฟอโรนนี่ (Bonferroni test) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของสารละลายและการแปรงฟัน .....	83
ตาราง 17 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างช่วงเวลาในแต่ละกลุ่มทดลอง จำแนกตามกลุ่มวัสดุ .....	84
ตาราง 18 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างกลุ่มวัสดุในช่วง 0, 7 และ 28 วัน จำแนกตามกลุ่มทดลอง .....	85
ตาราง 19 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าความหยาบผิวระหว่างกลุ่มทดลองในช่วง 0, 7 และ 28 วัน จำแนกตามกลุ่มวัสดุ .....	86
ตาราง 20 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าความหยาบผิวระหว่างช่วงเวลาในแต่ละกลุ่มทดลอง จำแนกตามกลุ่มวัสดุ .....	87
ตาราง 21 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าความหยาบผิวระหว่างกลุ่มวัสดุในช่วง 0, 7 และ 28 วัน จำแนกตามกลุ่มทดลอง .....	88

## สารบัญรูปภาพ

### หน้า

ภาพประกอบ 1 สูตรโครงสร้างบิสฟีนอลเอไดโกลซิไดลเมทาไครเลต (Bis-phenol A-diglycidyl-methacrylate ;Bis-GMA) .....	6
ภาพประกอบ 2 สูตรโครงสร้างยูรีเทนไดเมทาไครเลต (Urethane dimethacrylate ;UDMA) .....	6
ภาพประกอบ 3 สูตรโครงสร้างไตรเอทาลีนไดโกลคอลลไดเมทาไครเลต (Triethylene glycol dimethacrylate ;TEGDMA).....	7
ภาพประกอบ 4 สูตรโครงสร้างบิสฟีนอลเอโพลีเอทิลีนไดโกลคอลลไดเมทาไครเลต (Bisphenol A-polyethylene glycol diether-dimethacrylate ;Bis-EMA) .....	7
ภาพประกอบ 5 สูตรโครงสร้างบิสเอ็มอีพีพี (2,2-bis (4-methacryloxy ethoxy phenyl) propane ; Bis-MEPP).....	8
ภาพประกอบ 6 พันธะระหว่างวัสดุอุดแทรกและเรซินที่เชื่อมกันด้วยสารเชื่อมติดไซเลน .....	9
ภาพประกอบ 7 ระบบสีมันเซล .....	15
ภาพประกอบ 8 CIELAB 1976 .....	16
ภาพประกอบ 9 กลไกการสีหรือแบบขจัด.....	20
ภาพประกอบ 10 กลไกการสีหรือแบบติดกัน .....	21
ภาพประกอบ 11 กลไกการสีหรือแบบความล้า .....	22
ภาพประกอบ 12 กลไกการสีหรือแบบกัดกร่อน .....	22
ภาพประกอบ 13 ลักษณะของพื้นผิวขรุขระ (Surface roughness profile).....	25
ภาพประกอบ 14 แสดงเบ้าหล่อโลหะ ประกอบด้วย เบ้าหล่อรูปครึ่งวงกลมและตัวครอบ .....	30
ภาพประกอบ 15 แสดงขั้นตอนการนำวัสดุเรซินคอมโพสิตใส่ในเบ้าหล่อโลหะ .....	31
ภาพประกอบ 16 แสดงลักษณะการฉายแสงขึ้นตัวอย่าง .....	31
ภาพประกอบ 17 แสดงขึ้นตัวอย่างที่ได้หลังจากนำออกจากเบ้าหล่อ .....	31

ภาพประกอบ 18 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสว่างของเรซินคอมโพสิตตามชนิดของวัสดุและสารละลาย จำแนกตามระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ โดย \* หมายถึงค่าความสว่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ..... 36

ภาพประกอบ 19 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่า  $a^*$  ของเรซินคอมโพสิตตามชนิดของวัสดุและสารละลาย จำแนกตามระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ โดย \* หมายถึงค่าสีในทิศทางแดงเขียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ..... 37

ภาพประกอบ 20 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่า  $b^*$  ของเรซินคอมโพสิตตามชนิดของวัสดุและสารละลาย จำแนกตามระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ โดย \* หมายถึงค่าสีในทิศทางเหลืองน้ำเงินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ..... 38

ภาพประกอบ 21 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะของเรซินคอมโพสิตทั้ง 3 ชนิด หลังจากการแช่ในสารละลายและจำลองการแปรงฟัน (Z) ฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที (F) ฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล (G) จีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล (S) แช่น้ำลายเทียม (C) แช่ในกาแฟ (BC) แปรงฟัน + แช่ในกาแฟ ..... 56

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

วัสดุเรซินคอมโพสิตเริ่มพัฒนามาใช้ในทางทันตกรรมในปี 1963<sup>(1)</sup> และมีการพัฒนาต่อมาทั้งในด้านความแข็งแรงและความสวยงาม จนได้รับความนิยมใช้อย่างแพร่หลายทั้งในฟันหน้าและฟันหลัง เนื่องจากมีความสวยงามใกล้เคียงฟันธรรมชาติ ลดการกร่อนเนื้อฟันที่ดีเนื่องจากสามารถยึดกับโครงสร้างฟันได้ด้วยระบบสารยึดติด (Adhesive system)<sup>(2)</sup> เรซินคอมโพสิตจำแนกตามความหนืดได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ แพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต (Packable resin composite) และเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ (Flowable composite)<sup>(3)</sup>

เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ คือ เรซินคอมโพสิตที่ลดปริมาณของวัสดุอุดแทรกลงจากร้อยละ 50-70 เหลือร้อยละ 37-53 โดยปริมาตร ทำให้มีความหนืดที่น้อยลง และมีความสามารถในการไหลแผ่ที่สูง<sup>(2,4)</sup> ช่วยทำให้เกิดความแนบกับโพรงฟันเมื่อนำไปทำการบูรณะ<sup>(5)</sup> อย่างไรก็ตามเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้รุ่นแรกมีวัสดุอุดแทรกที่ต่ำ ทำให้มีสมบัติเชิงกลทั้งความแข็งแรงดัดขวางสองแกน (Biaxial flexure strength) ความต้านทานต่อการสึก (Wear resistance) ที่ต่ำ และมีการหดตัวที่สูง (Polymerization shrinkage) เมื่อเทียบกับแพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต<sup>(4,6,7)</sup> ปัจจุบันจึงมีการพัฒนารูปแบบเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ โดยเพิ่มปริมาณวัสดุอุดแทรกให้สูงขึ้น มีความแข็งแรงและสวยงามเพียงพอที่จะใช้ในการบูรณะฟันหน้าและฟันหลังได้<sup>(8)</sup> เรียกเรซินคอมโพสิตกลุ่มนี้ว่า เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอุดแทรกสูง (Highly filled flowable composite)<sup>(8)</sup> ยกตัวอย่างเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้รุ่นใหม่ที่มีชื่อว่า จีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล (G-aenial™ Universal Injectable) มีวัสดุอุดแทรกเป็นแก้วแบเรียมขนาด 150 นาโนเมตร ปริมาณร้อยละ 69 โดยมวล ซึ่งมีการนำวัสดุกลุ่มนี้ไปใช้ในการบูรณะในบริเวณฟันหน้าด้วยการฉีดเข้าไปในบ้ำซิลิโคน (Injection molding technique)<sup>(9)</sup>

ในการบูรณะฟันหน้าบริเวณที่เกี่ยวข้องกับความสวยงาม ปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพในการบูรณะคือสีของวัสดุบูรณะ โดยภายหลังจากบูรณะไปแล้วสีจากอาหารอาจทำให้สีของเรซินคอมโพสิตเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตเกิดได้ทั้งจากปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก ปัจจัยภายในเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของเรซินเมทริกซ์<sup>(10)</sup> ผิวสัมผัสระหว่างเรซินเมทริกซ์และวัสดุอุดแทรก<sup>(11)</sup> ชนิดและปริมาณของวัสดุอุดแทรก และการบ่มตัวของวัสดุที่ไม่สมบูรณ์<sup>(12)</sup> การมีระบบสารตั้งต้นการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสง (Photoinitiator system) สามารถส่งผลต่อความเสถียรของสีของเรซินคอมโพสิตได้<sup>(12)</sup> ในขณะที่ปัจจัยภายนอกอาจเป็นผล

มาจากบุหรี การมีสุขอนามัยช่องปากที่ไม่ดี และการดูดซับสีจากอาหารและเครื่องดื่ม<sup>(13)</sup> จากการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ศึกษาเสถียรภาพของสีในเรซินคอมโพสิตพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าสีอย่างมีนัยสำคัญหลังจากสัมผัสกับอาหารที่ติดสีเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์<sup>(14)</sup> และเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอุดแทรกสูงมีเสถียรภาพสีที่ดีกว่าแพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต<sup>(15)</sup>

นอกจากนี้ผลจากการแปร่งฟันก็มีผลต่อคุณภาพในการบูรณะด้วยเช่นกัน เนื่องจากทำให้ความหยابผิวของวัสดุเรซินคอมโพสิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ<sup>(16)</sup> ซึ่งความหยابผิวนี้ส่งผลต่อเสถียรภาพสีของเรซินคอมโพสิต<sup>(17)</sup> ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งที่จะศึกษาถึงเสถียรภาพสีของวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอุดแทรกสูงชนิดใหม่ จีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล หลังผ่านการจำลองการแปร่งฟัน

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของเครื่องดื่มต่างๆ ต่อเสถียรภาพสีและความหยابผิวของวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอุดแทรกสูง เปรียบเทียบกับแพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิตและเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ ภายใต้สภาวะการจำลองการแปร่งฟัน

### ความสำคัญของการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เมื่อทราบถึงเสถียรภาพสีและความหยابผิวของวัสดุเรซินคอมโพสิตที่เปลี่ยนแปลงไปหลังได้รับการจำลองการแปร่งฟันและสัมผัสกับกาแฟ จะสามารถนำไปเป็นข้อมูลในการวางแผนการรักษาและการเลือกใช้วัสดุ หรือการให้คำแนะนำผู้ป่วยในการตัดสินใจเลือกการรักษาสำหรับการบูรณะในบริเวณฟันหน้าที่ต้องการความสวยงาม

### ขอบเขตของการวิจัย

#### ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย

1. เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอุดแทรกสูง
2. เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้
3. แพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต



### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1. ขึ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูง ได้แก่ จีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล สี A2 (G-aenial™ Universal Injectable shade A2)
2. ขึ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ ได้แก่ ฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล สี A2 (Filtek™ Supreme Flowable shade A2)
3. ขึ้นตัวอย่างแพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต ได้แก่ ฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที สี A2E (Filtek™ Z350 XT shade A2E)

### ตัวแปรที่ศึกษา

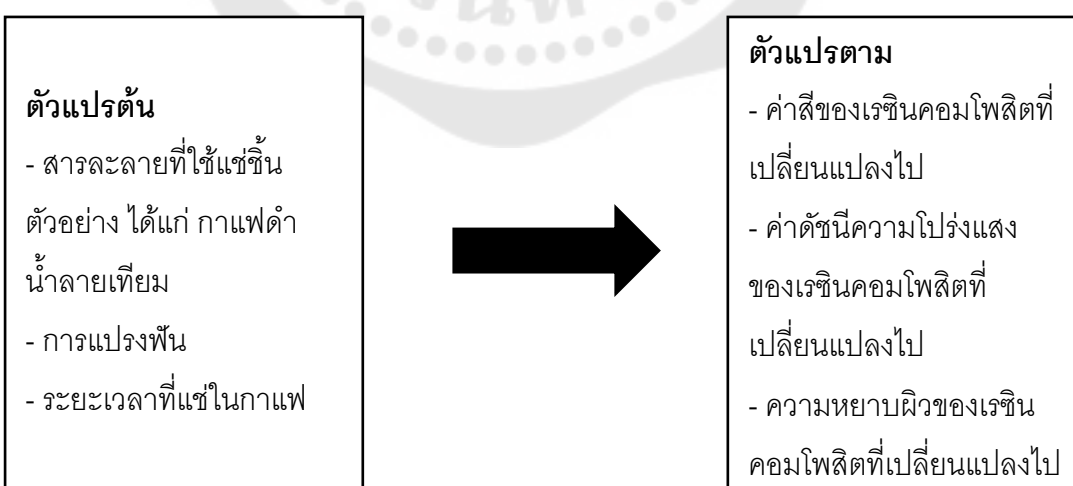
ตัวแปรอิสระ แบ่งเป็นดังนี้

1. สารละลายที่ใช้แช่ขึ้นตัวอย่าง
  - 1.1. กาแฟดำแบบกระป๋อง ยี่ห้อเนสกาแฟ (Nescafe Black Ice)
  - 1.2. น้ำลายเทียม
2. การจำลองการแปรงฟัน
3. ระยะเวลาที่แช่ในกาแฟ

ตัวแปรตาม ได้แก่

- ค่าสีของเรซินคอมโพสิตที่เปลี่ยนแปลงไป
- ความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตที่เปลี่ยนแปลงไป

### กรอบแนวคิดในการวิจัย



### สมมุติฐานในการวิจัย

เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแห้งได้แบบวัสดุอุดแทรกสูงมีค่าสี ค่าดัชนีความโปร่งแสง และความหยาบผิวที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างจากแพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิตและเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแห้งได้ หลังจากจำลองการแปร่งฟันและแซ่ในกาแฟ



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. วัสดุเรซินคอมโพสิต
2. เสถียรภาพของสีของวัสดุเรซินคอมโพสิต
3. การวัดค่าสีของวัสดุ
4. การวัดความโปร่งแสงและความทึบแสงของวัสดุ
5. การสึกหรอของวัสดุเรซินคอมโพสิต
6. การวัดค่าความหยาบผิวของวัสดุ

### วัสดุเรซินคอมโพสิต

#### 1. ส่วนประกอบของเรซินคอมโพสิต

เรซินคอมโพสิต ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก ได้แก่ เรซินเมทริกซ์ (Resin matrix) วัสดุอัดแทรก (Filler) สารเชื่อมติด (Silane coupling agent) และสารตั้งต้นการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสง (Photoinitiator) <sup>(18)</sup>

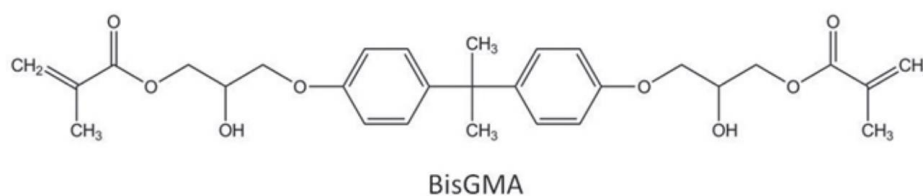
##### 1.1 เรซินเมทริกซ์ (Resin matrix)

ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบในเรซินคอมโพสิต ได้แก่ เรซินไดเมทาคริเลต <sup>(19)</sup> ซึ่งมีพันธะคู่ของอะตอมคาร์บอนอยู่ที่ปลายสายของมอนอเมอร์ทั้ง 2 ด้าน เมื่อกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ จะเกิดการแตกพันธะคู่สร้างพันธะใหม่เชื่อมกับโมเลกุลมอนอเมอร์ข้างเคียง และทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมพอลิเมอร์ (Crosslinker) ทำให้เกิดการสร้างพอลิเมอร์แบบโครงข่าย (Crosslinked polymer) มีความสำคัญในการทำให้เกิดความแข็งแรงกับสารยึดติด และเกิดสภาพพลาสติกของวัสดุ (Plasticity) <sup>(2)</sup>

ไดเมทาคริเลตมอนอเมอร์ที่นิยมใช้ในเรซินคอมโพสิตในปัจจุบัน ได้แก่ บิสฟีนอล เอไดโกลซิโดลเมทาคริเลต (Bis-phenol A-diglycidyl-methacrylate ;Bis-GMA) และยูรีเทนไดเมทาคริเลต (Urethane dimethacrylate ;UDMA) บิสจีเอ็มเอเป็นมอนอเมอร์ที่มีความขุ่นหนืดที่มาก <sup>(20)</sup> เมื่อเป็นส่วนประกอบในเรซินคอมโพสิตจึงต้องมีการเจือจางด้วยมอนอเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ได้แก่ ไตรเอทาลีนไดโกลซิโดลไดเมทาคริเลต (Triethylene glycol dimethacrylate ;TEGDMA) และบิสฟีนอลเอโพลีเอทิลีนไดโกลซิโดลไดเมทาคริเลต (Bisphenol A-polyethylene

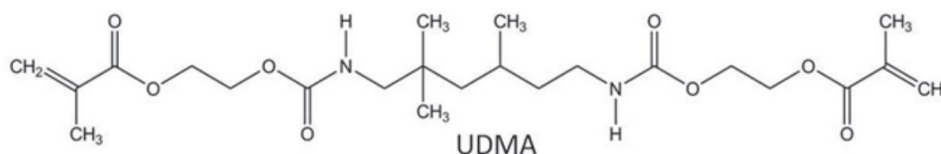
glycol diether dimethacrylate ;Bis-EMA) เพื่อให้เหมาะกับการนำไปใช้ในทางคลินิก <sup>(18)</sup> นอกจากนี้ยังมีมอนอเมอร์บิส-เอ็มอีพีพี (2,2-bis (4-methacryloxy ethoxy phenyl) propane ; Bis-MEPP) ที่มีการนำมาใช้ในเป็นส่วนประกอบในเรซินคอมโพสิตจีเนียลยูนิเวอร์แซลโพล <sup>(15)</sup>

ส่วนของเรซินเมทริกซ์ของเรซินคอมโพสิตจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล ประกอบด้วยบิส-อีเอ็มเอ บิสเมทาคริเลต ไดเมทาคริเลต และยูดีเอ็มเอ <sup>(21)</sup> ส่วนฟิลเทกแซต 350 เอ็กซ์ที ประกอบด้วย บิส-จีเอ็มเอ ยูดีเอ็มเอ บิส-อีเอ็มเอ และทีอีจีดีเอ็มเอ <sup>(22)</sup> และฟิลเทกซูพรีมโพล เอเบิลประกอบด้วย บิส-จีเอ็มเอ ทีอีจีดีเอ็มเอ และโพรคริเลตเรซิน



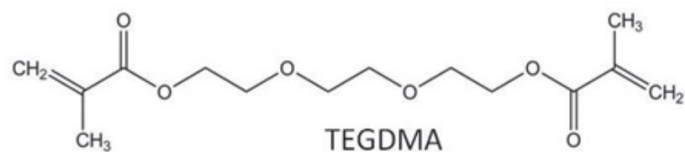
ภาพประกอบ 1 สูตรโครงสร้างบิสฟีนอลเอไดโกลไซด์อลเมทาคริเลต  
(Bis-phenol A-diglycidyl-methacrylate ;Bis-GMA)

ที่ ม ๑ : Gajewski VE, Pfeifer CS, Fróes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR. Monomers used in resin composites: Degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. Brazilian dental journal. 2012;23:508-14.



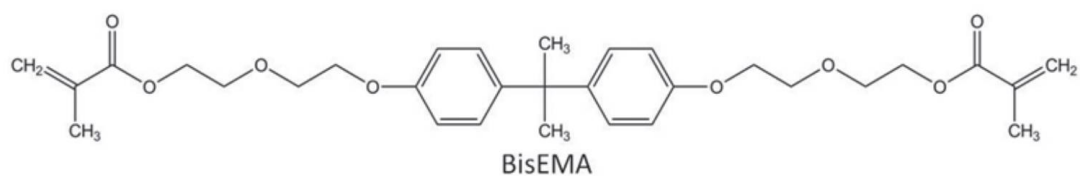
ภาพประกอบ 2 สูตรโครงสร้างยูรีเทนไดเมทาคริเลต (Urethane dimethacrylate ;UDMA)

ที่ ม ๑ : Gajewski VE, Pfeifer CS, Fróes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR. Monomers used in resin composites: Degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. Brazilian dental journal. 2012;23:508-14.



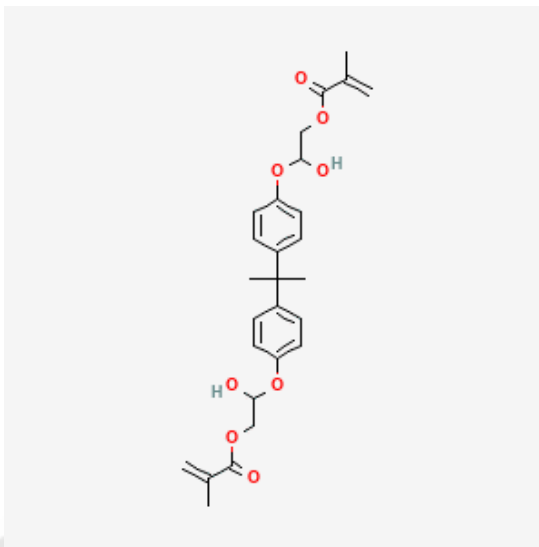
ภาพประกอบ 3 สูตรโครงสร้างไตรเอทิลีนไกลคอลไดเมทาครีเลท  
(Triethylene glycol dimethacrylate ;TEGDMA)

ที่ ม ๑ : Gajewski VE, Pfeifer CS, Fróes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR.  
Monomers used in resin composites: Degree of conversion, mechanical properties and  
water sorption/solubility. Brazilian dental journal. 2012;23:508-14.



ภาพประกอบ 4 สูตรโครงสร้างบิสฟีนอลเอโพลีเอทิลีนไกลคอลไดเมทาครีเลท  
(Bisphenol A-polyethylene glycol diether-dimethacrylate ;Bis-EMA)

ที่ ม ๑ : Gajewski VE, Pfeifer CS, Fróes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR.  
Monomers used in resin composites: Degree of conversion, mechanical properties and  
water sorption/solubility. Brazilian dental journal. 2012;23:508-14.



ภาพประกอบ 5 สูตรโครงสร้างบิสเอ็มอีพีพี

(2,2-bis (4-methacryloxy ethoxy phenyl) propane ; Bis-MEPP)

ที่มา: National center for biotechnology information (2021). Pubchem compound summary for cid 100990769. Retrieved october 16, 2021.

### 1.2 วัสดุอัดแทรก (Filler)

วัสดุอัดแทรกที่ถูกนำมาใช้ในเรซินคอมโพสิตมีหลายรูปแบบ เพื่อเสริมความแข็งแรงและลดการหดตัวในขั้นตอนการบ่มตัวและการขยายตัวจากความร้อน โดยทั่วไปวัสดุอัดแทรกจะมีปริมาณร้อยละ 30-70 โดยปริมาตร หรือร้อยละ 50-85 โดยมวล วัสดุอัดแทรกที่ถูกนำมาใช้ ได้แก่ ซิลิกา อลูมินา เซอร์โคเนีย คิวบิตซ์ แก้วบอโรซิลิเกต อลูมินัมซิลิเกต ลิเทียมอลูมินัมซิลิเกต อิทเทอร์เบียมฟลูออไรด์ แก้วแบเรียม สตรอนเธียม และซิงค์<sup>(18, 24)</sup> หน้าที่ของวัสดุอัดแทรกคือเพื่อเพิ่มความแข็งแรงกด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ความแข็งผิว และความต้านทานต่อการสึกให้แก่เรซินคอมโพสิต<sup>(2)</sup>

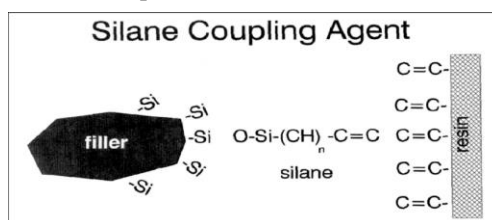
การมีปริมาณวัสดุอัดแทรกมากเป็นผลทำให้สมบัติเชิงกลของวัสดุดีขึ้น มีความแข็งแรงมากขึ้น มีความต้านทานต่อการสึกที่ดีขึ้น<sup>(25)</sup> หากมีรูปร่างของวัสดุอัดแทรกเป็นทรงกลมทำให้สามารถเพิ่มปริมาณของวัสดุอัดแทรกในเรซินเมทริกซ์ได้มากขึ้น ส่งผลให้ความแข็งแรงดัดขวางและความแข็งผิวที่มากขึ้นด้วย<sup>(26)</sup> ขนาดของวัสดุอัดแทรกที่มีขนาดเล็ก จะทำให้ขัดเรียบและเงาได้ดีขึ้น ขนาดของวัสดุอัดแทรกในเรซินคอมโพสิตในปัจจุบันมีขนาดเล็กถึงในระดับนาโนเมตร โดยมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 0.1-100 นาโนเมตร ร่วมกับการนำนาโนเทคโนโลยีมาช่วยในการจัดเรียง

ตัวของวัสดุอุดแทรก ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณของวัสดุอุดแทรกลงไปในเรซินเมทริกซ์ได้มากขึ้น ลดสัดส่วนของเรซินเมทริกซ์ลง<sup>(27)</sup> เกิดการหดตัวจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์น้อยลง มีความโปร่งแสงสูงขึ้น มีความสวยงามมากขึ้น และมีการใช้งานที่ง่ายขึ้น<sup>(28)</sup> ในทางกลับกัน การมีปริมาณวัสดุอุดแทรกมาก เท่ากับการมีสัดส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของวัสดุอุดแทรกมากขึ้น ทำให้มีแนวโน้มที่จะเกิดการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้นอาจทำให้เกิดการสลายด้วยน้ำที่บริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุอุดแทรกกับเรซินเมทริกซ์ได้<sup>(29, 30)</sup>

วัสดุอุดแทรกของจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล ได้แก่ ซิลิกา และแก้วแบเรียม ขนาด 150 นาโนเมตร ร้อยละ 69 โดยมวล จัดเป็นเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนไฮบริด ส่วนวัสดุอุดแทรกของฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที ได้แก่ ซิลิกาขนาด 20 นาโนเมตร เซอร์โคเนียขนาด 4-11 นาโนเมตร กลุ่มนาโนคลัสเตอร์ของเซอร์โคเนียและซิลิกา ปริมาณร้อยละ 78.5 โดยมวล (ร้อยละ 63.3 โดยปริมาตร) จัดเป็นเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์<sup>(22)</sup> และวัสดุอุดแทรกของเรซินคอมโพสิตฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล ได้แก่ ซิลิกาขนาด 75 นาโนเมตร เซอโคเนียขนาด 5-10 นาโนเมตร กลุ่มนาโนคลัสเตอร์ของเซอร์โคเนียและซิลิกา ปริมาณร้อยละ 65 โดยมวล (ร้อยละ 55 โดยปริมาตร) จัดเป็นเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์

### 1.3 สารเชื่อมติดไซเลน (Silane coupling agent)

สารเชื่อมติดไซเลนใช้เพื่อรวมส่วนวัสดุอุดแทรกและส่วนเรซินเมทริกซ์เข้าด้วยกัน ซึ่งมีความสำคัญมากเนื่องจากมีผลต่อสมบัติของเรซินคอมโพสิต สารเชื่อมติดที่นิยมใช้มากที่สุด ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ของซิลิกอนที่ชื่อว่า “ไตรเมทาคริลอกซีโพรพิลไตรเมทอกซีไซเลน” (3-methacryloxypropyltrimethoxysilane ;MPTS)<sup>(18, 24)</sup> โดยไซเลนจะไปสร้างพันธะระหว่างของวัสดุอุดแทรกกับเรซินเมทริกซ์โดยจับกับหมู่ซิลิกอน-ออกซิเจนของวัสดุอุดแทรกด้วยหมู่ไซลานอล และจับกับหมู่เมทาคริเลตของเรซินด้วยหมู่ไวนิลดังภาพประกอบที่ 6<sup>(18, 31)</sup>



ภาพประกอบ 6 พันธะระหว่างวัสดุอุดแทรกและเรซินที่เชื่อมกันด้วยสารเชื่อมติดไซเลน

ที่มา : Kournetas N. Impact of artificial ageing process on the wear resistance of dental materials. 2003

เรซินคอมโพสิตที่มีการเคลือบวัสดุอุดแทรกด้วยไซเลนจะมีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น ได้แก่ ความแข็งแรงกด ความแข็งแรงดัดขวาง ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ที่มากขึ้น รวมถึงมีร้อยละการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ที่มากขึ้น เมื่อเทียบกับเรซินคอมโพสิตที่ไม่ได้เคลือบวัสดุอุดแทรกด้วยไซเลน<sup>(32)</sup> ปริมาณของไซเลนมีผลมาจากรูปร่างและปริมาณของวัสดุอุดแทรก ปริมาณวัสดุอุดแทรกที่สูงร่วมกับขนาดของวัสดุอุดแทรกที่เล็ก ปริมาณของไซเลนที่เคลือบบนวัสดุอุดแทรกจะมากใกล้เคียงกับปริมาณของมอนอเมอร์ในเรซินคอมโพสิต<sup>(33, 34)</sup>

จีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล วัสดุอุดแทรกจะเชื่อมกับเรซินเมทริกซ์ด้วยไซเลนด้วยเทคโนโลยี Full-coverage silane coating (FSC) ซึ่งบริษัทผู้ผลิตอ้างว่าทำให้มีบริเวณที่วัสดุอุดแทรกไม่ถูกเคลือบด้วยไซเลนลดลงอย่างมาก และเป็นผลให้วัสดุอุดแทรกสามารถกระจายตัวอยู่ในเรซินได้อย่างหนาแน่นและเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้มีความแข็งแรง และมีความคงทน<sup>(21)</sup>

#### 1.4 สารตั้งต้นการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสง (Photoinitiator)

ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization) เริ่มต้นจากการกระตุ้นให้เกิดอนุมูลอิสระ (Free radicals) จากสารตั้งต้นการเกิดปฏิกิริยา ไปทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์เมทาคริเลต ซึ่งต้องการพลังงานจากภายนอกในรูปแบบของพลังงานความร้อน สารเคมี หรือพลังงานจากการแผ่รังสีมาช่วยกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา<sup>(35)</sup> ในปัจจุบันสารตั้งต้นการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสงที่นิยมใช้ในทางทันตกรรม ได้แก่ แคมฟอร์ควิโนน (Camphorquinone) คือสารแอลฟาไดคีโตนซึ่งมีสีเหลืองอ่อน ส่งผลต่อสีของเรซินคอมโพสิตได้ การดูดซับแสงของแคมฟอร์ควิโนนอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 425-495 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงแสงที่มองเห็นได้ แต่จะดูดซับแสงได้ดีที่สุด (Peak absorption wavelength) ที่แสงสีฟ้าความยาวคลื่น 468 นาโนเมตร<sup>(36)</sup> แต่เนื่องจากแคมฟอร์ควิโนนสามารถกระตุ้นปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ได้ในอัตราต่ำ จึงต้องมีการใช้สารเอมีนตติยภูมิ (Tertiary amine) เป็นสารเริ่มต้นปฏิกิริยาร่วม (Co-initiator) เพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้นผ่านการก่อดัวของอนุมูลอิสระอะมิโนอัลคิล<sup>(37)</sup> โดยสารเอมีนที่ใช้ เช่น N,N-dimethylaminoethylmethacrylate (DMAEMA) และ ethyl 4-(dimethylamino) benzoate (EDMAB) เป็นต้น<sup>(38)</sup>

ระบบแคมฟอร์ควิโนน/เอมีนมีข้อจำกัดคือเป็นสีเหลืองซึ่งมีผลต่อวัสดุบูรณะ มีความไม่ชอบน้ำ มีอัตราการถูกกระตุ้นช้า และเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อ จึงมีการนำระบบสารตั้งต้นการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสงอื่นๆ ที่มาใช้ในวัสดุทางทันตกรรม ได้แก่

- อะซิลฟอสฟีนออกไซด์ (Acrylphosphine oxides) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มอะซิลฟอสฟีนออกไซด์ (APO, Lucirin TPO) และกลุ่มบิสอะซิลฟอสฟีนออกไซด์



(bis(2,4,6-trimethylbenzoyl)phosphine oxide ;BAPO) สารในกลุ่มนี้สามารถกระตุ้นได้ด้วยแสงสีม่วงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 365-416 นาโนเมตร(39)

- ฟีนิลโพรเพนไดโอน (Phenyl-propanedione ;PPD) สามารถดูดซับแสงที่มีความยาวคลื่น 350-490 นาโนเมตร ดูดซับแสงได้ดีที่สุดที่ 398 นาโนเมตร (40)

มีการศึกษาสมบัติเชิงเคมีและเชิงกลของเรซินคอมโพสิตที่ใช้ระบบสารตั้งต้นการเกิดปฏิกิริยาดูดซับแสงเหล่านี้พบว่าสมบัติที่ดีเทียบเท่าหรือมากกว่าเรซินคอมโพสิตที่ใช้แคมฟอร์ควิโนน<sup>(37, 38, 41)</sup>

## 2. การจำแนกเรซินคอมโพสิต

เรซินคอมโพสิตจำแนกตามความหนืดได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่

### 2.1 แพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต (Packable resin composite)

แพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต เป็นเรซินคอมโพสิตที่มีปริมาณของวัสดุอัดแทรกร้อยละ 50-70 โดยปริมาตร หรือ ร้อยละ 50-85 โดยมวล<sup>(34)</sup> ส่วนของเรซินเมทริกซ์ประกอบด้วยเรซินไดเมทาคริเลต<sup>(42)</sup> มีลักษณะเป็นเพส (Paste) มีความหนืดที่สามารถปั้นตบแต่งได้ ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและความแข็งแรงดัดขวางสูงกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้<sup>(43)</sup>

### 2.2 เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ (Flowable composite)

เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ คือ เรซินคอมโพสิตที่ลดปริมาณของวัสดุอัดแทรกลงจากร้อยละ 50-70 เหลือร้อยละ 37-53 โดยปริมาตร หรือ ร้อยละ 56-70 โดยมวล ทำให้มีความหนืดที่น้อยลงและมีความสามารถในการไหลแผ่ที่สูง<sup>(2, 4)</sup> สามารถเข้าไปในรอยแตกขนาดเล็กหรือมุมของโพรงฟันได้ด้วยการฉีดจากหลอดบรรจุผ่านหัวฉีด (Syringe) ทำให้ใช้งานได้สะดวก และลดเวลาในการทำหัตถการลง อย่างไรก็ตามเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ มีวัสดุอัดแทรกที่ต่ำ และมีสัดส่วนของมอนอเมอร์ที่สูง ทำให้มีข้อเสียคือมีสมบัติเชิงกลที่ไม่ดี ทั้งความแข็งแรงดัดขวาง ความแข็งแรงกด ความแข็งแรงดึง และค่าความเหนียวของการแตกหักที่ต่ำ มีความต้านทานต่อการสีกรน้อย และมีการหดตัวที่สูง เมื่อเทียบกับแพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต<sup>(4, 6, 7)</sup>

เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้รุ่นแรกจะมีจึงจำกัดการใช้อยู่แค่สำหรับเป็นวัสดุรองฟัน (Cavity lining agent) และวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (Pit and fissure sealant)<sup>(4, 7, 44, 45)</sup> ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาในส่วนของเรซินเมทริกซ์และวัสดุอัดแทรก ทำให้เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้รุ่นใหม่ สามารถใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น เช่น ในการทำการบูรณะฟันด้วยเรซินเพื่อการป้องกัน (Preventive Resin Restoration)<sup>(46)</sup> และโพรงฟันคลาสไฟว์ (Class V cavity) ที่เป็นรอยลึกจากแรงเค้นบริเวณคอฟันมากกว่าปกติ (Abfraction) เป็นต้น<sup>(4, 6)</sup>

ปัจจุบันมีการพัฒนาารูปแบบเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ โดยเพิ่มปริมาณวัสดุอุดแทรกให้สูงขึ้น มีความแข็งแรงของวัสดุที่เพียงพอที่จะใช้ในการบูรณะฟันหลังได้<sup>(8)</sup> และปรับปรุงพื้นผิวของวัสดุอุดแทรกให้ยังสามารถไหลแผ่ไปแนบกับโพรงฟันได้ดี และมีการลดขนาดของวัสดุอุดแทรกให้เล็กลง ทำให้สามารถขัดได้เรียบเงา จึงสวยงามเพียงพอที่จะนำมาบูรณะในฟันหน้าได้ ทำให้เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้รุ่นใหม่ สามารถใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น เช่น ในการทำการบูรณะฟันด้วยเรซินเพื่อการป้องกัน (Preventive Resin Restoration) และโพรงฟันคลาสไฟว์ (Class V cavity) ที่เป็นรอยลึกจากแรงเค้นบริเวณคอฟันมากกว่าปกติ (Abrfraction) เป็นต้น<sup>(4, 6, 47, 48)</sup> เรียกเรซินคอมโพสิตกลุ่มนี้ว่า เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอุดแทรกสูง (Highly filled flowable composite)<sup>(8)</sup>

### เสถียรภาพของสีของวัสดุเรซินคอมโพสิต

ภายหลังจากบูรณะในช่องปาก วัสดุเรซินคอมโพสิตสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีได้ โดยเกิดได้ทั้งจากปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก

#### 1. ปัจจัยภายใน

ส่วนประกอบในเรซินคอมโพสิต ทั้งเรซินเมทริกซ์<sup>(10)</sup> ผิวสัมผัสระหว่างเรซินเมทริกซ์และวัสดุอุดแทรก<sup>(11)</sup> รวมถึงชนิดและปริมาณของวัสดุอุดแทรก ล้วนมีผลต่อเสถียรภาพสีของเรซินคอมโพสิต ความไวต่อการติดสีของเรซินคอมโพสิตเป็นผลมาจากระดับการดูดซับน้ำ (Degree of water sorption) และสมบัติความชอบน้ำ (Hydrophilicity) ของเรซินเมทริกซ์<sup>(49)</sup> เรซินคอมโพสิตที่ดูดซับน้ำได้จะสามารถดูดซึมของเหลวที่มีเม็ดสีอื่น ๆ ได้ ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนสีของวัสดุ จึงกล่าวได้ว่าน้ำเป็นตัวกลางในการนำสีจากภายนอกแทรกซึมเข้าไปในเรซินเมทริกซ์<sup>(50, 51)</sup> การดูดซับน้ำส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการดูดซึมโดยตรงภายในเมทริกซ์เรซิน ส่วนวัสดุอุดแทรกจะไม่ดูดซับน้ำเข้าไปภายใน แต่สามารถดูดซับน้ำบริเวณพื้นผิวได้ ดังนั้นปริมาณเรซินเมทริกซ์ที่สูง ส่งผลให้มีการดูดซับน้ำมากขึ้นและการยึดติดระหว่างเรซินเมทริกซ์และวัสดุอุดแทรกอ่อนแอลง<sup>(52)</sup> นอกจากนี้การดูดซับน้ำอาจลดความคงทน (Durability) ของเรซินคอมโพสิตโดยการไปทำให้เกิดการขยายตัวของเรซินเมทริกซ์และเกิดสลายไฮโดรไลติกด้วยน้ำ (Hydrolytic degradation) เกิดช่องว่างขึ้นระหว่างเรซินเมทริกซ์และวัสดุอุดแทรก ทำให้สีจากภายนอกสามารถแทรกซึมเข้าไปได้ เกิดการเปลี่ยนสีของวัสดุบูรณะ และเกิดการแตกตัวของโครงสร้างทางเคมีของเรซินคอมโพสิต<sup>(49)</sup> การดูดซับน้ำของเรซินคอมโพสิตขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเรซินเมทริกซ์ที่ใช้ มีรายงานว่าเรซินคอมโพสิตที่ใช้มอนอเมอร์บิส-จีเอ็มเอ็มมีการดูดซับน้ำของเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3 เป็นร้อยละ 6 เมื่อสัดส่วนของบิส-จีเอ็มเอ็มต่อที่จีดีเอ็มเอ เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 1%<sup>(53)</sup> เรซินคอมโพสิตที่มีมอนอเมอร์ยูดีเอ็มเอ็มมีความเสถียร

ของสีที่มากกว่าบิส-จีเอ็มเอ (54) เนื่องจากมีการดูดซึมน้ำที่ต่ำกว่า (55) และความเสถียรของสีที่สูงกว่า (54) กว่าเรซินคอมโพสิตที่ใช้ไดเมทาคริลेटอื่นๆ

ระบบสารตั้งต้นการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสง (Photoinitiator system) สามารถส่งผลต่อความเสถียรของสีของเรซินคอมโพสิตได้ (12) ปริมาณของเอมีนในระบบสารตั้งต้นที่มาก พบว่าทำให้เรซินคอมโพสิตมีสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้น ได้แก่ มีระดับการเกิดพอลิเมอร์และความแข็งผิว และการละลายน้ำที่ลดลง มีการศึกษาที่พบว่าเรซินคอมโพสิตที่มีลูซิรีน ทีพีโอเป็นสารตั้งต้นการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสง จะมีเสถียรภาพสีที่ดีกว่าเรซินคอมโพสิตที่มีแคมฟอร์ควิโนนเป็นสารตั้งต้นการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสง (56) เป็นที่ทราบกันว่าแคมฟอร์ควิโนน และลูซิรีน ทีพีโอมีระยะเวลาตั้งแต่ได้รับการกระตุ้นจนเกิดการเริ่มต้นปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (Onset) ที่แตกต่างกัน โดยพบว่าเรซินคอมโพสิตที่มีลูซิรีน ทีพีโอจะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่า (57) ความแตกต่างในจลนศาสตร์ของการเกิดพอลิเมอร์ในช่วงแรกนี้นำไปสู่ความแตกต่างของโครงสร้างของพอลิเมอร์สุดท้าย ซึ่งไปมีผลต่อเสถียรภาพสีของเรซินคอมโพสิต (57)

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสีของวัสดุยังมาจากประสิทธิภาพของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (58) ยิ่งมีอัตราการเกิดพอลิเมอร์น้อย ยิ่งมีมอนอเมอร์ที่หลงเหลือจากปฏิกิริยามาก จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของวัสดุมาก เนื่องจากมอนอเมอร์ที่หลงเหลือในสายพอลิเมอร์สามารถเกิดการสลายเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่มีสี ทำให้สารละลายจากช่องปากแทรกซึมเข้าไปในโครงข่ายพอลิเมอร์ได้ ส่งเสริมให้เกิดการสลายด้วยน้ำของสายพอลิเมอร์ (59, 60)

## 2. ปัจจัยภายนอก

การสูบบุหรี่ (61) และการดูดซึบสีจากอาหารและเครื่องดื่ม ได้แก่ กาแฟ ชา น้ำอัดลม (50, 61) รวมถึงน้ำยาบ้วนปากที่มีคลอโรเฮกซิดีน (62) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเรซินคอมโพสิต

เรซินคอมโพสิตที่แช่ในคลอโรเฮกซิดีนเปลี่ยนสีในลักษณะที่มีสีที่คล้ำลง และมีสีแดงมากขึ้น ส่วนประกอบในน้ำยาบ้วนปาก ได้แก่ แอลกอฮอล์ และกรดซิตริก ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของสีที่มากขึ้น และเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์มีเสถียรภาพของสีที่ดีกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครไฮบริด (62)

Nair และคณะ ได้ทำการศึกษาถึงเสถียรภาพของสีของเรซินคอมโพสิต พบว่าในเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแม์ได้แบบวัสดุอุดแทรกสูงมีเสถียรภาพของสีและความแข็งผิวที่ดีกว่าแพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต (15) ซึ่งสัมพันธ์กับความแตกต่างในโครงสร้างของเรซินเมทริกซ์ ลักษณะของวัสดุอุดแทรก และปฏิกิริยาระหว่างเรซินและวัสดุอุดแทรก ในฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที มีวัสดุอุดแทรกเป็นเซอร์โคเนียและซิลิกา ซึ่งเมื่ออยู่ร่วมกันทำให้วัสดุอุดแทรกยึดกับเรซินเมทริกซ์ได้ดี ทำให้

สมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้น ส่วนวัสดุอัดแทรกของเตตริก เอ็น ซีแรม เป็นแก้วแบบเรียม ในจีเนียลยูนิเวอร์แซลโพลเป็นแก้วสตรอนเรียม ทำให้มีสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความแข็งแรง การละลายน้ำที่ต่ำกว่า เนื่องจากการยึดติดกับเรซินเมทริกซ์ได้ยากกว่าเมื่อเทียบกับเซอริโคเนีย<sup>(63, 64)</sup> นอกจากนี้ฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที่ยังมีวัสดุอัดแทรกที่สูงกว่าที่ร้อยละ 78.5 โดยมวล ทำให้ได้พื้นผิวที่ทนต่อการสึกมากกว่าเมื่อเทียบกับเตตริก เอ็น ซีแรม และจีเนียลยูนิเวอร์แซลโพลซึ่งมีปริมาณวัสดุอัดแทรกร้อยละ 63 และ 69 โดยมวล ตามลำดับ<sup>(26, 65, 66)</sup>

จากการศึกษาก่อนหน้าของ Poggio และคณะ ได้ทำการศึกษาเสถียรภาพของสีในเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิลล์ไมโครไฮบริด และนาโนฟิลล์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าสีอย่างมีนัยสำคัญหลังจากสัมผัสกับเครื่องดื่มที่มีสีเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยเครื่องดื่มที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมากที่สุด คือ ไวน์แดง และตามมาด้วยกาแฟ<sup>(14)</sup>

หลายการศึกษาเลือกใช้กาแฟในการทดสอบเสถียรภาพสีของเรซินคอมโพสิต เนื่องจากมีความสามารถในการย้อมสีเรซินคอมโพสิตและฟันธรรมชาติสูง โดยมีการสำรวจที่พบว่ากาแฟ 1 แก้ว ใช้เวลาเฉลี่ย 15 นาที และในหมูนั้กดื่มกาแฟเฉลี่ยดื่มกาแฟวันละ 3.2 แก้ว<sup>(67)</sup> Awliya และคณะได้ทำการศึกษาถึงผลของการใช้กาแฟชนิดต่าง ๆ ในการทดสอบเสถียรภาพสีและความแข็งแรงของเรซินคอมโพสิต ได้แก่ กาแฟอเมริกาโน่ กาแฟอาราบิก้า กาแฟตุรกี กาแฟเอสเปรสโซ่ พบว่าไม่มีความแตกต่างของความแข็งแรงระหว่างกาแฟต่างชนิด แต่มีความเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครไฮบริดมีความเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์ ซึ่งกาแฟเอสเปรสโซ่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมากที่สุด ตามมาด้วยกาแฟตุรกี กาแฟอเมริกาโน่ และกาแฟอาราบิก้า<sup>(68)</sup> ซึ่งการศึกษาก่อนหน้าพบว่ากาแฟมีสารสีเหลืองที่มีขั้วต่ำ จะถูกชะล้างออกได้ในภายหลัง แต่ซ้ำกว่าสารสีที่มีขั้วสูงที่มีความชอบน้ำ ยกตัวอย่างเช่น ชา<sup>(69, 70)</sup> ดังนั้นการเปลี่ยนสีจากกาแฟเกิดจากการดูดซับที่พื้นผิว (Adsorption) และการดูดซึมสารสีจากกาแฟเข้าไปในพื้นผิว (Subsurface absorption) สีที่เข้มและความเข้มข้นของกาแฟมีผลต่อการเปลี่ยนสีของวัสดุ กาแฟที่มีส่วนประกอบของน้ำมากกว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยกว่า<sup>(68)</sup>

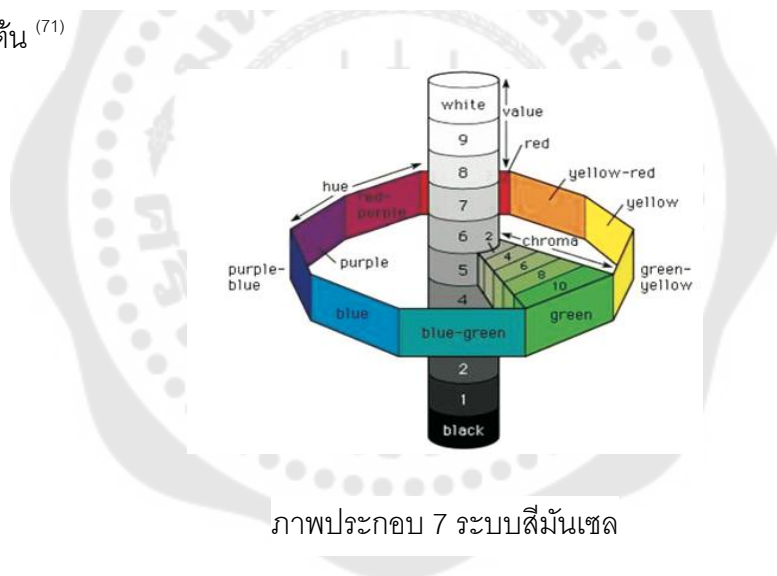
### การวัดค่าสีของวัสดุ

การวัดค่าสีในทางทันตกรรมแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ แบบใช้สายตา (Visual) และแบบใช้เครื่องมือ (Instrumental)<sup>(71)</sup>

#### 1. การวัดค่าสีแบบใช้สายตา (Visual technique)

ระบบที่นิยมใช้ในการวัดค่าสีแบบใช้สายตา คือ ระบบสีมันเชล (Munsell color system) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้บ่งบอกค่าสีมี 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ เฉดสี (Hue) ความอิ่มตัว (Chroma) และความสว่าง (Value) เริ่มแรกจะวัดค่าความสว่างก่อนซึ่งแสดงถึงค่าความสว่างของสีจากดำไปขาว โดยมีสเกลจาก 0 ถึง 10<sup>(72, 73)</sup> ต่อมาจะวัดค่าความอิ่มตัวมีลักษณะใกล้เคียงกับการวัดค่าความสว่าง แต่เป็นลักษณะการเพิ่มความอิ่มตัวของสี เริ่มจากไม่มีสีหรือสีเทาไปยังสีที่มีความอิ่มตัวของสีสูง ค่าเฉดสีจะถูกวัดเป็นค่าสุดท้าย โดยจับคู่กับแถบสีที่วัดค่าความสว่าง และความอิ่มตัวไว้แล้ว โดยมีสเกลจาก 2.5 ถึง 10<sup>(71)</sup>

การวัดค่าสีแบบใช้สายตานิยมประยุกต์ใช้ในทางทันตกรรมในการประเมินสีฟันของผู้ป่วย อย่างไรก็ตามการวัดค่าสีแบบใช้สายตาพบว่าไม่น่าเชื่อถือและไม่สอดคล้องกัน การประเมินสีขึ้นอยู่กับสรีรวิทยาและจิตวิทยาของผู้ประเมิน ความไม่สอดคล้องกันอาจเป็นผลมาจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ เช่น ความเหนื่อยล้า อายุ อารมณ์ สภาวะของแสง ตำแหน่งของวัตถุและแหล่งกำเนิดแสง เป็นต้น<sup>(71)</sup>

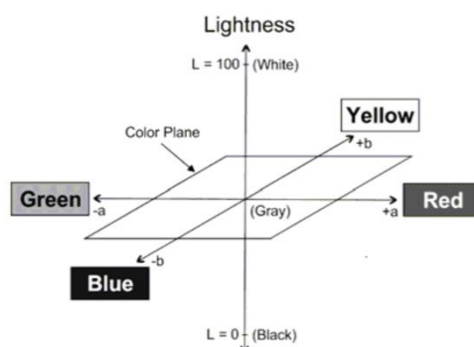


ที่มา: Agrawal V, Kapoor S. Color and shade management in esthetic dentistry. Universal Research Journal of Dentistry. 2013;3(3):120-7.

## 2. การวัดค่าสีแบบใช้เครื่องมือ

การวัดค่าสีแบบใช้เครื่องมือ ได้แก่ ระบบสี CIE L\*a\*b\* (CIELAB) โดยพัฒนามาจากระบบ CIE Tristimulus Value (x, y และ z) และ CIE Chromaticity Coordinates (x, y และ Y) โดยพัฒนาจนสามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอและใกล้เคียงกับความแตกต่างของสีที่ตามองเห็น ปัจจุบันสมการที่ใช้ในการระบุสีเป็นที่ยอมรับคือ CIELAB 1976 และเป็นที่

ยอมรับในการนำมาใช้ในทางทันตกรรมตามมาตรฐาน ISO/TR 28642:2016 ซึ่ง CIELAB 1976 มีลักษณะของปริภูมิสี (Color space) ดังภาพประกอบ <sup>(74)</sup>



ภาพประกอบ 8 CIELAB 1976

ที่มา: Todorović A, Todorović A, Špadijer-Gostović A, Lazić V, Miličić B, Đuričić S. Reliability of conventional shade guides in teeth color determination. *Vojnosanitetski preglod*. 2013;70(10):929-34.

$L^*$  บ่งบอกถึงค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าจาก 0 คือสีดำสมบูรณ์ ไปยัง 100 คือสีขาวสมบูรณ์  $a^*$  บ่งบอกค่าสีในทิศทางแดงเขียว หากค่าเป็นบวกจะแสดงถึงสีของวัตถุเป็นสีแดง ในขณะที่ถ้าค่าเป็นลบจะแสดงถึงวัตถุที่มีสีเขียว  $b^*$  บ่งบอกค่าสีในทิศทางเหลืองน้ำเงิน ค่าเป็นบวกแสดงถึงวัตถุมีสีเหลือง และค่าลบแสดงถึงวัตถุสีน้ำเงิน เมื่อคำนวณออกมาจะได้ค่า  $\Delta E$  คือค่าผลรวมความต่างของสี ดังสมการ <sup>(55, 56)</sup>

$$\Delta E^*_{ab} = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

หากค่า  $\Delta E$  น้อยกว่า 1 สายตาของมนุษย์จะไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีได้ หากค่า  $\Delta E$  อยู่ระหว่าง 1 ถึง 3.3 จะสามารถรับรู้ถึงความแตกต่างของสีได้ด้วยเพียงสายตาของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ในทางคลินิก ส่วนค่า  $\Delta E$  ที่มากกว่า 3.3 หมายถึงสายตาของบุคคลทั่วไปสามารถรับรู้ถึงความแตกต่างของสีได้ จึงเป็นค่าที่ไม่ยอมรับในทางคลินิก <sup>(75)</sup>

การวิเคราะห์สีโดยการใช้เครื่องมือมีข้อได้เปรียบมากกว่าการวัดสีด้วยสายตา เนื่องจากการวัดค่าสีด้วยเครื่องมือเป็นลักษณะการวัดแบบปรนัย (Objective) สามารถวัดปริมาณ

ได้และรวดเร็วกว่าการวัดสีด้วยสายตา เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และคัลลอร์มิเตอร์ถูกนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับการเทียบสีด้วยสายตาในทางทันตกรรม คัลลอร์มิเตอร์มีศักยภาพในการลบข้อบกพร่องบางประการของการวัดค่าสีด้วยสายตา สามารถวัดได้แม่นยำและทำซ้ำได้ อย่างไรก็ตามก็ยังสามารถเกิดข้อผิดพลาดได้ เนื่องจากอาศัยการทำงานของซิลิกินโฟโตไดโอดร่วมกับตัวกรองแสง หากตัวกรองแสงมีความเสื่อมจะทำให้ประสิทธิภาพของคัลลอร์มิเตอร์ด้อยกว่าสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ในทางทันตกรรมผลลัพธ์ที่วัดได้จากคัลลอร์มิเตอร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากแสงส่องสว่างมาตรฐานที่ปล่อยออกมาจากอุปกรณ์อาจเกิดการกระเจิง ดูดซึม ส่งผ่านสะท้อน และแม้กระทั่งเคลื่อนไปในทิศทางด้านข้างอันเป็นผลมาจากคุณสมบัติทางแสงที่โปร่งแสงของฟันและเซรามิกทางทันตกรรม<sup>(71)</sup>

เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่มีความถูกต้องแม่นยำ ประกอบด้วยตัวกำเนิดแสง ตัวกลางการกระจายแสง และตัวรับและแปลงพลังงานรังสีที่สะท้อนกลับจากวัตถุวิเคราะห์ผลด้วยชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ และมักแปลผลออกมาตามฐานข้อมูลของชุดเทียบสีฟัน เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์สเปคโตรเชด ไมโครทู (SpectroShade Micro II) เป็นเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ประเมินผลโดยใช้ภาพถ่าย (Imaging spectrophotometer)<sup>(76)</sup> อาศัยการทำงานร่วมกันของกล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัลและแอลอีดี มีระบบคอมพิวเตอร์ภายในที่มีซอฟต์แวร์ช่วยในการวิเคราะห์ผล และแสดงผลเป็นข้อมูลภาพและสเปคตรัมผ่านจอแอลอีดี<sup>(77)</sup> สามารถวัดซ้ำได้ (High intra-device repeatability)<sup>(78)</sup> มีค่าความเที่ยง (reliability) ร้อยละ 96.9 และค่าความแม่นยำ (Accuracy) ร้อยละ 80.2<sup>(79)</sup>

### การวัดความโปร่งแสงของวัสดุเรซินคอมโพสิต

ความโปร่งแสง (Translucency) ของวัสดุเรซินคอมโพสิตเป็นลักษณะที่มีความสำคัญต่อความสวยงามและความสามารถในการลอกเลียนลักษณะของฟันให้เหมือนโครงสร้างฟันตามธรรมชาติ<sup>(80)</sup> โดยเคลือบฟันจะมีค่าความโปร่งแสงที่มากกว่าส่วนเนื้อฟัน<sup>(81)</sup> การวัดความโปร่งแสงและความทึบแสงของวัสดุสามารถวัดได้ 2 วิธี ดังนี้

#### 1. ค่าความเปรียบต่าง (Contrast ratio, CR)

ค่าความเปรียบต่างเป็นการวัดความโปร่งแสงของวัสดุในเชิงปริมาณโดยการเปรียบเทียบการสะท้อนของแสง คำนวณได้จากระบบ CIE xyY ทั้งนี้ค่า Y หมายถึงความสว่าง (Lightness) และ xy เป็นค่าที่แสดงปริภูมิสีในระบบนี้ ซึ่งจากปริภูมิสีดังกล่าว บริเวณที่เข้า

ใกล้จุดกึ่งกลางจะไม่มีสีและสีจะสดเมื่อเข้าใกล้ขอบมากขึ้น สามารถคำนวณค่า CR ได้จากสมการดังนี้

$$CR = \frac{Y_b}{Y_w}$$

โดย  $Y_b$  คือค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) ของวัสดุเหนือฉากสีดำ และ  $Y_w$  คือค่าการสะท้อนแสงของวัสดุเหนือฉากสีขาว หากค่า CR เข้าใกล้ 0.0 แปลว่าวัสดุมีความโปร่งแสง (Transparent) และหากค่า CR เข้าใกล้ 1.0 แปลว่าวัสดุมีความทึบแสง (Opaque)

## 2. ค่าดัชนีความโปร่งแสง (Translucency parameter, TP)

ค่าดัชนีความโปร่งแสงเป็นอีกค่าหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินคุณสมบัติของเรซินคอมโพสิตในด้านความสวยงาม สามารถคำนวณค่าดัชนีความโปร่งแสงได้จากสมการของระบบ CIE  $L^*a^*b^*$

$$TP_{ab} = [(L_b - L_w)^2 + (a_b - a_w)^2 + (b_b - b_w)^2]^{1/2}$$

โดย  $L_b^*$  หมายถึง ค่า  $L^*$  เมื่อวัดบนฉากหลังสีดำ  
 $L_w^*$  หมายถึง ค่า  $L^*$  เมื่อวัดบนฉากหลังสีขาว  
 $a_b^*$  หมายถึง ค่า  $a^*$  เมื่อวัดบนฉากหลังสีดำ  
 $a_w^*$  หมายถึง ค่า  $a^*$  เมื่อวัดบนฉากหลังสีขาว  
 $b_b^*$  หมายถึง ค่า  $b^*$  เมื่อวัดบนฉากหลังสีดำ  
 $b_w^*$  หมายถึง ค่า  $b^*$  เมื่อวัดบนฉากหลังสีขาว

หากค่าดัชนีความโปร่งแสงเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัสดุมีความทึบ ในขณะที่หากค่าดัชนีความโปร่งแสงยิ่งมีค่ามาก หมายถึงวัสดุยิ่งมีความใสมาก เกณฑ์การประเมินความต่างของค่าดัชนีความโปร่งแสง ได้แก่ ระดับที่ยอมรับได้โดยประสาทสัมผัส (Perceptibility threshold) และระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก (Acceptability threshold) มีค่าเท่ากับ 1.33 และ 4.43 ตามลำดับ<sup>(82)</sup>

เนื่องจากค่าดัชนีความโปร่งแสงอ้างอิงจากระบบ CIE  $L^*a^*b^*$  จึงสามารถวัดและคำนวณได้จากเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์สเปคโตรเจด

การศึกษาของ Sulaiman และคณะในปี 2020 ทำการศึกษาเสถียรภาพของสีและความโปร่งแสงในวัสดุที่มีส่วนประกอบเป็นเรซินเบส ได้แก่ Filtek Universal, Spectra ST, Gradia Direct X, Estilite Quick, Harmonize, ACTIVA Bioactive-Restorative โดยนำชิ้นตัวอย่างแช่ในสารละลาย 4 ชนิด ได้แก่ กาแฟอุณหภูมิต่ำ 55 องศาเซลเซียส น้ำอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส น้ำ



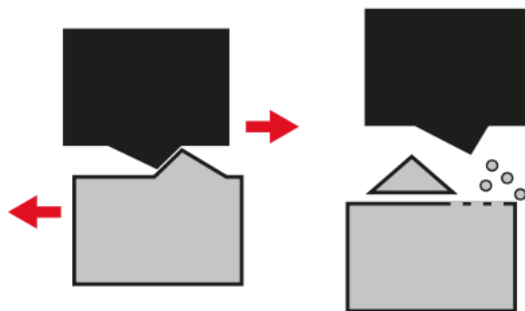
ปราศจากไอออนอนุมูล 25 องศาเซลเซียส และ Thermocycling 20,000 รอบ วัดค่าสีและค่าดัชนีความโปร่งแสงที่เปลี่ยนแปลงไป ผลการศึกษาพบว่า มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีและความโปร่งแสงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อผ่านไป 14 วันในวัสดุทุกชนิด และเมื่อแช่ในกาแฟร้อนมีการติดสีที่มากที่สุด ซึ่งเมื่อแช่ขึ้นตัวอย่างในกาแฟร้อนทำให้ค่าดัชนีความโปร่งแสงลดลงเกินระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก ซึ่งค่าสีและค่าความโปร่งแสงที่เปลี่ยนแปลงไปมีความสัมพันธ์กันคือหลังจากการแช่ในสารละลายค่าสีมีลักษณะไปในแนวโน้มที่มีลดลงเป็นผลให้ปริมาณของแสงที่ส่องผ่านวัสดุน้อยลง ทำให้ความโปร่งแสงที่วัดได้ลดลง<sup>(80)</sup>

### การสึกหรอของวัสดุเรซินคอมโพสิต

การสึกหรอ (Wear) หมายถึง การสูญเสียหรือการเสีรูปร่างของพื้นผิวที่เป็นของแข็ง เป็นผลมาจากทั้งปฏิกิริยาเชิงกลและเคมีที่เกิดระหว่าง 2 พื้นผิวที่เกิดการสัมผัสหรือเคลื่อนที่สัมผัสกัน เกิดการเสื่อมสภาพของพื้นผิว และส่งผลต่อการทำงานของวัสดุ<sup>(83)</sup> การสึกหรอของพื้นผิวขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ โครงสร้างของวัสดุ สภาพที่วัสดุเกิดการสัมผัสกับสารขัดถู (Abrasive agents) และสถานะแวดล้อมของวัสดุที่สัมพันธ์กับธรรมชาติของพื้นผิว<sup>(84)</sup> เมื่อแบ่งตามกลไกการสึก สามารถแบ่งการสึกหรอออกได้เป็น 4 ชนิด<sup>(85)</sup> ได้แก่

#### 1. การสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive wear)

การสึกหรอแบบขัดถู หมายถึง การสูญเสียวัสดุอันเนื่องมาจากผิวสัมผัสที่แข็งและขรุขระ หรืออนุภาคที่มีความแข็งเคลื่อนผ่านไปบนผิวของวัสดุอีกชั้นซึ่งมีความแข็งน้อยกว่า เกิดการขูดผิวและเกิดความเสียหายของวัสดุ การสึกหรอแบบขัดถูสามารถแบ่งตามประเภทของการสัมผัสออกเป็น 2 แบบ แบบที่ 1 คือ การสึกหรอแบบสององค์ประกอบ (Two-body wear) เกิดขึ้นระหว่างวัสดุ 2 ชั้น เมื่อมีอนุภาคจากวัสดุชั้นหนึ่งไปทำให้เกิดการขูดขีดผิววัสดุอีกชั้น และแบบที่ 2 คือ การสึกหรอแบบสามองค์ประกอบ (Three-body wear) เป็นการสึกหรอโดยมีตัวกลางระหว่างผิวสัมผัส เรียกว่าตัวกลางนี้ว่า สารขัดถู (Abrasive agents) การสึกหรอแบบสององค์ประกอบอาจทำให้เกิดสารขัดถูหลุดจากผิววัสดุจนกลายเป็นการสึกหรอแบบสามองค์ประกอบได้<sup>(86)</sup>



ภาพประกอบ 9 กลไกการสึกหรอแบบขั้ดถู

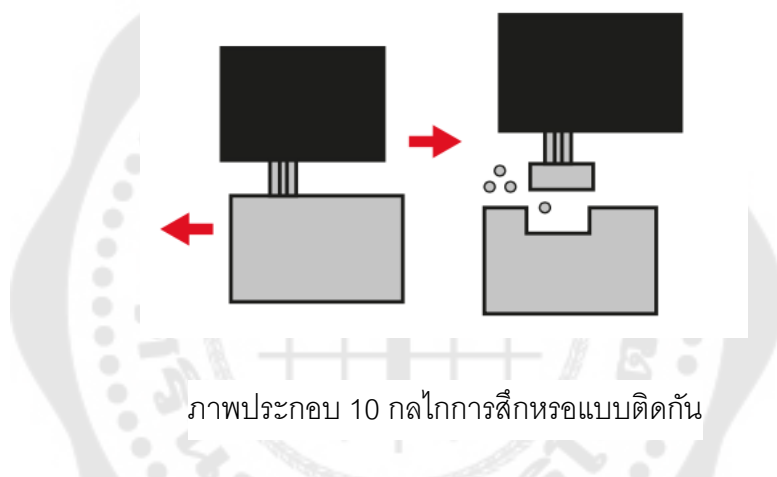
ที่มา: Dionysopoulos D, Gerasimidou O. Wear of contemporary dental composite resin restorations: A literature review. Restor Dent Endod. 2021;46(2):e18-e. eng.

ในทางคลินิก การสึกหรอแบบขั้ดถูเกิดจากการแปรงฟัน มีผลต่อพื้นผิวของเรซินคอมโพสิต ในขณะที่การสึกหรอที่เกิดจากแรงบดเคี้ยวถูกจำกัดด้วยพื้นผิวของฟันที่สัมผัสกัน ในระหว่างที่มีการบดเคี้ยวจะเกิดการสึกหรอแบบขั้ดถูขึ้นทั้ง 2 แบบ บางบริเวณของด้านบดเคี้ยวที่ฟันสบกันเกิดการขูดขีดกัน เป็นลักษณะการสึกหรอแบบสององค์ประกอบ ในขณะที่อาหารเป็นตัวกลางที่แทรกอยู่ระหว่างฟันคู่สบ เกิดเป็นลักษณะของการสึกหรอแบบสามองค์ประกอบ<sup>(87)</sup>

การสึกหรอแบบขั้ดถูที่เกิดในเรซินคอมโพสิตมีผลมาจากหลายปัจจัย เช่น ขนาดรูปร่าง ส่วนประกอบ แนวการเรียงตัว และการกระจายตัวของวัสดุอุดแทรก ประเภทของมอนอเมอร์ ซึ่งมีผลต่อระดับการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ และส่งผลต่อความแข็งผิวของวัสดุ รวมถึงพันธะระหว่างสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้ ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีผลกระทบจากแรงบดเคี้ยวที่มากกระทำต่อเรซินคอมโพสิต เกิดเป็นระบบที่มีความซับซ้อน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการสึกหรอแบบขั้ดถูของเรซินคอมโพสิตลดลง เมื่อขนาดและระยะห่างระหว่างวัสดุอุดแทรกลดลง เมื่อวัสดุมีระดับการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์มากขึ้น และเมื่อความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างวัสดุอุดแทรกและเรซินเมทริกซ์มากขึ้น<sup>(84, 88)</sup> เพราะปัจจัยที่กล่าวมาล้วนมีผลต่อสมบัติของพื้นผิวของวัสดุ เมื่อเรซินคอมโพสิตมีความแข็งที่มากกว่าพื้นผิวตรงข้าม การสึกหรอก็จะน้อย หากลักษณะของพื้นผิวมีส่วนยื่นที่มีลักษณะเป็นมุมจะทำให้เกิดการสึกหรอแบบขั้ดถูที่มากกว่าพื้นผิวที่มีลักษณะมน ถึงแม้ว่าจะมีความแข็งที่น้อยกว่า<sup>(89)</sup>

## 2. การสึกหรอแบบติดกัน (Adhesive wear)

การสึกหรอแบบติดกันเกิดระหว่าง 2 พื้นผิวเมื่อมีการเสียดสี มีการหลุดจากพื้นผิวหนึ่งไปติดอยู่กับอีกพื้นผิวหนึ่ง การสึกหรอแบบติดกันอาจทำให้ความหยาบผิวของวัสดุหยาบขึ้นได้ เมื่อด้านบดเคี้ยวของฟันคู่สบมาสัมผัสกันในระหว่างการบดเคี้ยว อาจเกิดการเชื่อมติดตรงจุดสบฟัน เมื่อพยายามที่จะแยก 2 พื้นผิวออกจากกันด้วยแรงเฉือน สามารถทำให้เกิดการหลุดออกของส่วนประกอบของเรซินคอมโพสิต และทำให้เกิดรอยแตกขนาดเล็ก อนุภาคขนาดเล็กที่หลุดออกมา มักจะรวมตัวเป็นกระจุกขนาดใหญ่ ซึ่งอาจมีความทำให้เกิดการสึกหรอแบบขัดถูได้ อย่างไรก็ตาม การสึกหรอแบบติดกันไม่ได้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการสึกของเรซินความโพสิต เนื่องจากมีน้ำลายที่เป็นสารหล่อลื่นและลดการเสียดสีที่เกิดขึ้นได้อย่างมาก <sup>(86)</sup>

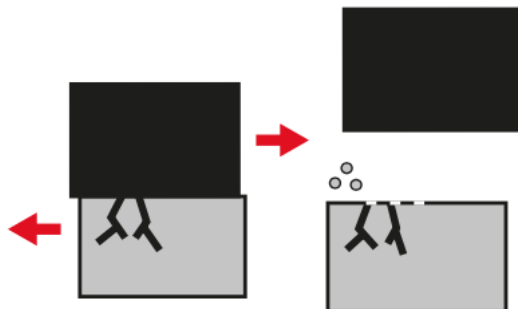


ภาพประกอบ 10 กลไกการสึกหรอแบบติดกัน

ที่มา: Dionysopoulos D, Gerasimidou O. Wear of contemporary dental composite resin restorations: A literature review. Restor Dent Endod. 2021;46(2):e18-e. eng.

## 3. การสึกหรอแบบความล้า (Fatigue wear)

การสึกหรอแบบความล้าเกิดขึ้นเมื่อวัสดุเกิดความอ่อนล้าจากแรงที่มากระทำกลับไปกลับมา และมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของแรง (Cyclic loading) เมื่อมีอนุภาคเกิดการแยกตัวออกจากกัน จะนำไปสู่การเกิดรอยร้าวขนาดเล็ก (Microcracks) บริเวณผิวหน้าหรือลงไปเนื้อวัสดุ หากรอยร้าวเกิดการลุกลามต่อจนไปบรรจบกัน เกิดการหลุดออกของวัสดุจะนำไปสู่การเกิดการสึกหรอแบบขัดถูแบบสามองค์ประกอบได้ ในทางคลินิก การสึกหรอเกิดขึ้นในระหว่างการบดเคี้ยว เมื่อฟันมีการสัมผัสกันซ้ำ ๆ มีการอภิปรายว่าเมื่อพื้นผิวถูกถูกับอีกพื้นผิวหนึ่ง เกิดบริเวณที่มีการบีบอัด (Compressive zone) และบริเวณที่มีความตึง (Tension zone) ความเค้นซ้ำ ๆ ที่เกิดบนวัสดุอาจทำให้เกิดการสึกหรอแบบความล้าได้ <sup>(86)</sup>

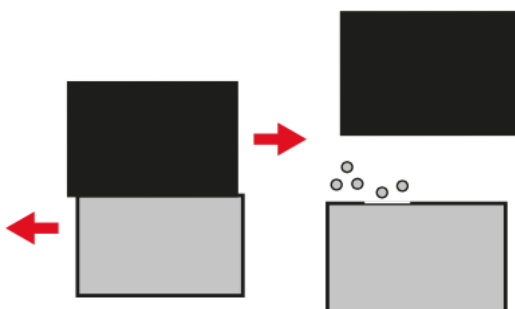


ภาพประกอบ 11 กลไกการสึกหรอแบบความล้า

ที่มา: Dionysopoulos D, Gerasimidou O. Wear of contemporary dental composite resin restorations: A literature review. Restor Dent Endod. 2021;46(2):e18-e. eng.

#### 4. การสึกหรอแบบกัดกร่อน (Corrosive wear)

การสึกหรอแบบกัดกร่อนเกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างพื้นผิวที่เกิดการสึกกับสารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อน เกิดขึ้นได้ทั้งในสถานะที่มีสารหล่อลื่นและสถานะที่แห้ง วัสดุบูรณะเมื่ออยู่ภายในช่องปากมีการสัมผัสกับสารกัดกร่อนจากอาหาร เครื่องดื่ม เชื้อจุลินทรีย์ และน้ำลาย ซึ่งสามารถทำให้ความแข็งผิวของวัสดุลดลงและความหยาบผิวของวัสดุที่มากขึ้น เป็นผลให้มีความไวต่อการเกิดการสึกหรอแบบขัดถูได้มากขึ้น ในสภาวะดังกล่าว น้ำลายมีสมบัติในการบัฟเฟอร์ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยป้องกันการสึกโดยการลดความเป็นกรดที่เกิดจากอาหารและเชื้อจุลินทรีย์



ภาพประกอบ 12 กลไกการสึกหรอแบบกัดกร่อน

ที่มา: Dionysopoulos D, Gerasimidou O. Wear of contemporary dental composite resin restorations: A literature review. Restor Dent Endod. 2021;46(2):e18-e. eng.

วัสดุบุผนังทางทันตกรรมในอุดมคติควรมีสมบัติในการต้านทานต่อการสึกที่เหมือนกับโครงสร้างฟัน<sup>(86, 90)</sup> ภายใต้สภาวะปกติทางสรีรวิทยา เคลือบฟันมีการสึกในแนวตั้งประมาณ 0.02-0.04 มิลลิเมตรต่อปี<sup>(91)</sup> ถ้ามีปริมาณหรืออัตราการสึกที่มากขึ้น เรียกว่าเกิดการสึกแบบมีพยาธิสภาพ<sup>(86)</sup> การสึกของเรซินคอมโพสิตขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ลักษณะของฟันประเภทของวัสดุ ขนาดของโพรงฟัน การบดเคี้ยว และลักษณะของฟันคู่สบ เป็นต้น

การเติมวัสดุอุดแทรกลงในเรซินคอมโพสิตมีบทบาทสำคัญในสมบัติการต้านทานต่อการสึก ทั้งขนาด ปริมาณ และการกระจายตัว<sup>(86)</sup> ปริมาณอุดแทรกสูง ทำให้มีความต้านทานต่อการสึกสูง นอกจากวัสดุอุดแทรกแล้ว ส่วนประกอบของเรซินมอนอเมอร์ก็ส่งผลต่อการสึกด้วย<sup>(92)</sup> กล่าวคือ เมื่อมีแรงบดเคี้ยวมากจะทำต่อวัสดุ วัสดุอุดแทรกที่มีความแข็งจะส่งต่อแรงบดเคี้ยวไปยังเรซินเมทริกซ์ซึ่งมีความยืดหยุ่นที่มากกว่า ทำให้เกิดความเครียดที่รอยต่อระหว่างวัสดุอุดแทรกและเรซินเมทริกซ์ ซึ่งเป็นผลให้เกิดการหลุดของวัสดุอุดแทรก และเกิดการเปิดเผยส่วนของเรซินเมทริกซ์ ส่งผลให้เกิดการสึกของเรซินคอมโพสิต<sup>(16)</sup>

จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการที่ทดสอบโดยการจำลองการแปรงฟันพบว่าเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์มีความต้านทานต่อการสึกจากการแปรงฟันที่มากกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครไฮบริด<sup>(16)</sup> อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ทดสอบความต้านทานต่อการสึกโดยจำลองการบดเคี้ยว พบว่าไม่มีความแตกต่างของอัตราการสึกระหว่างเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์และเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครไฮบริด<sup>(93)</sup>

ส่วนเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์ได้ที่มีปริมาณวัสดุอุดแทรก 45-65% พบว่าในทางคลินิก เมื่อใช้บุผนังในโพรงฟันบนด้านขนาดเคี้ยวขนาดเล็ก พบว่าไม่แตกต่างจากแฟ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์<sup>(94)</sup> นอกจากนี้การศึกษาในห้องปฏิบัติการที่เปรียบเทียบความต้านทานต่อการสึกระหว่างเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์ได้และแฟ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์พบว่าวัสดุทั้ง 2 ชนิดมีความต้านทานต่อการสึกที่เหมือนกัน<sup>(95)</sup> ในการศึกษาของ Shinkai และคณะ กล่าวว่าความต้านทานต่อการสึกของเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุอุดแทรก เรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์ได้ที่มีวัสดุอุดแทรกที่มีขนาดเล็กระดับนาโนเมตรรวมตัวกันอย่างหนาแน่นจะมีความต้านทานต่อการสึกสูง ในขณะที่เรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแอนด์ได้ที่มีขนาดของวัสดุอุดแทรกที่ใหญ่กว่า และมีช่องว่างระหว่างวัสดุอุดแทรกที่มากกว่า จะมีการสึกของเรซินเมทริกซ์ และเกิดการหลุดของวัสดุอุดแทรกที่ยื่นออกจากแรงเฉือนที่มากกระทำ ทำให้มีความต้านทานต่อการสึกต่ำ<sup>(96)</sup>

การแปร่งฟันเป็นหนึ่งในสิ่งที่จะทำให้เกิดการสึกของวัสดุ และมีผลต่อความหยาบผิวของวัสดุบูรณะเมื่อผ่านการใช้งานภายในช่องปาก ความหยาบผิวเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่มีผลต่อความต้านทานต่อการสึก ซึ่งความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตเป็นผลมาจากปฏิกิริยาจากปัจจัยภายในและภายนอก ปัจจัยภายในสัมพันธ์กับชนิดของเรซินเมทริกซ์ ชนิด ขนาด และการกระจายตัวของวัสดุอัดแทรก รวมถึงประสิทธิภาพในการยึดระหว่างวัสดุอัดแทรกและเรซิน<sup>(97, 98)</sup> ปัจจัยภายนอกสัมพันธ์กับชนิดของระบบหัวขัดที่ใช้ วิธีการที่ใช้ในการฉายแสง<sup>(99)</sup> Alali และคณะศึกษาความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตภายในห้องปฏิบัติการ เปรียบเทียบระหว่างเรซินคอมโพสิตที่มีส่วนประกอบของไดเมทราคิริเลต และระหว่างเรซินคอมโพสิตที่มีเรซินเมทริกซ์ไม่ใช่ไดเมทราคิริเลต เมื่อจำลองการแปร่งฟัน 20,000 รอบพบว่ามีความหยาบผิวของวัสดุมากขึ้น โดยเรซินคอมโพสิตที่มีส่วนประกอบของไดเมทราคิริเลตมีความหยาบผิวที่น้อยกว่า<sup>(99)</sup> และจำนวนรอบในการแปร่งและชนิดของแปรงสีฟันที่ใช้มีผลต่อความหยาบผิวของวัสดุ<sup>(99)</sup> แปรงสีฟันชนิดการเคลื่อนที่แบบสั่นและหมุน (Rotary/oscillatory toothbrush) ทำให้เกิดการสึกของผิวฟันมากกว่า แปรงสีฟันชนิดโซนิค (Sonic toothbrush) แปรงสีฟันชนิดการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น (Linear motion toothbrush) และแปรงสีฟันชนิดอัลตราโซนิค (Ultrasonic toothbrush)<sup>(100)</sup> ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาถึงความแตกต่างของแปรงสีฟันไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ต่อความสึกวัสดุเรซินความโพสิต

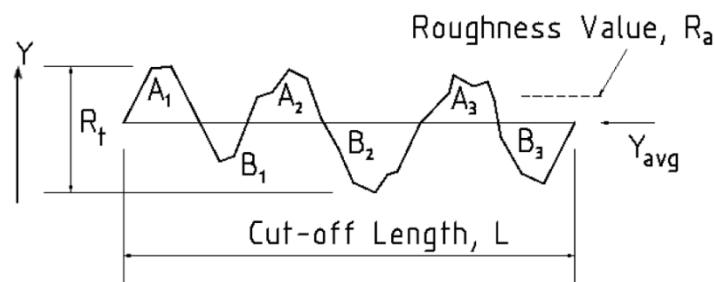
### การวัดค่าความหยาบผิวของวัสดุ

ความหยาบผิวของวัสดุโดยทั่วไปบ่งบอกถึงความผันแปรของความสูงของพื้นผิวที่สัมพันธ์กับระนาบอ้างอิง โดยมักนิยมใช้ค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Roughness Average :  $R_a$ ) หรือความหยาบผิวเฉลี่ยกำลังสอง (Roughness root mean Square :  $R_q$ ) ในการแสดงลักษณะความสูงดังกล่าว นอกจากนี้ยังมี ความหยาบผิวเฉลี่ยปริมาตร (Roughness Skewness :  $R_{sk}$ ) ความหยาบผิวเฉลี่ยรูปร่าง (Roughness Kurtosis :  $R_{ku}$ ) ความหยาบผิวโดยรวม (Roughness Total height :  $R_t$ ,  $R_v$ ) ความหยาบผิวขนาดหลุมลึกสุด (Roughness Valley :  $R_v$ ) ความหยาบผิวขนาดยอดสูงสุด (Roughness Peak :  $R_p$ ) และความหยาบผิวขนาดโดยเฉลี่ย (Roughness Ten-Point mean :  $R_z$ ) ถูกนำมาใช้เป็นพารามิเตอร์บ่งบอกถึงความหยาบผิว แต่อย่างไรก็ตามเป็นที่นิยมนำมาใช้บ่อย<sup>(101)</sup>

การวัดค่าความหยาบผิวของวัสดุ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

## 1. การวัดค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (Average parameter)

1.1 ความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Roughness Average :  $R_a$ ) เป็นการแสดงความหยาบด้วยค่าเฉลี่ยของพื้นที่ผิวที่วัด ซึ่งเป็นค่าที่นิยมใช้ และได้รับการยอมรับมากที่สุด



ภาพประกอบ 13 ลักษณะของพื้นผิวขรุขระ (Surface roughness profile)

ที่มา: Bhushan B. Surface roughness analysis and measurement techniques. Modern tribology handbook, two volume set. CRC press; 2000. 79-150.

การหาความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิตได้จากการรวมพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นเหนือเส้นกึ่งกลางกับพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นใต้เส้นกึ่งกลางหารด้วยความยาวเฉลี่ย (L) ดังสมการ โดยค่าของ  $R_a$  มีหน่วยวัดเป็นไมโครเมตร ( $\mu\text{m}$ )

$$R_a = \frac{(A_1 + A_2 + A_3 + \dots) + (B_1 + B_2 + B_3 + \dots)}{L}$$

1.2 ความหยาบผิวเฉลี่ยกำลังสอง (Roughness root mean Square :  $R_q$ ) เป็นการนำหลักการทางสถิติมาใช้ในการวัดความหยาบผิว โดยใช้ค่ากำลังสองของค่าความสูงของคลื่น เพื่อให้ค่าที่เป็นลบได้เป็นค่าบวก แล้วจึงถอดกรณฑ์ สามารถคำนวณได้จากสูตรดังสมการ

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2}$$

1.3 ความหยาบผิวเฉลี่ยปริมาณ (Roughness Skewness :  $R_{sk}$ ) เป็นค่าความหยาบผิวที่ได้จากการวัดปริมาณของยอดคลื่นและหลุมคลื่น โดยยอดคลื่นให้ค่าเป็นบวกและหลุมคลื่นให้ค่าเป็นลบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะความสมมาตรของการกระจายของคลื่นบนพื้นผิวของวัสดุ

1.4 ความหยาบผิวเฉลี่ยรูปร่าง (Roughness Kurtosis :  $R_{ku}$ ) เป็นการแสดงความหยาบผิวที่ทำให้เห็นถึงลักษณะความคมชัดของยอดแหลมและการกระจายของคลื่น

## 2. การวัดค่าความหยาบผิวโดยขนาด (Amplitude parameter)

2.1 ความหยาบผิวโดยรวม (Roughness Total height :  $R_t, R_y$ ) เป็นค่าความหยาบผิวที่ได้จากการคำนวณค่าความสูงของคลื่นทั้งหมด ซึ่งบ่งบอกในเชิงปฏิบัติว่าในการขัดผิวชิ้นตัวอย่างจะต้องขัดผิวออกไม่น้อยกว่าค่าความหยาบผิวโดยรวมนี้ โดยคำนวณจากจุดสูงสุดของคลื่นไปยังจุดต่ำสุดของคลื่นดังสมการ

$$R_y = R_p + R_v$$

2.2 ความหยาบผิวขนาดหลุมลึกสุด (Roughness Valley :  $R_v$ ) เป็นการแสดงความหยาบผิวโดยการวัดขนาดความลึกของหลุมคลื่นที่ลึกที่สุด

2.3 ความหยาบผิวขนาดยอดสูงสุด (Roughness Peak :  $R_p$ ) เป็นการแสดงความหยาบผิวโดยการวัดขนาดความสูงของยอดคลื่นที่สูงที่สุด

2.4 ความหยาบผิวขนาดโดยเฉลี่ย (Roughness Ten-Point mean :  $R_z$ ) เป็นค่าความหยาบผิวเฉลี่ยของพื้นที่ผิวที่วัดได้ โดยคำนวณจากค่าที่จุดสูงสุดและค่าที่จุดต่ำสุดของกราฟอย่างละ 5 จุด โดยค่าของ  $R_z$  มีหน่วยวัดเป็นไมโครเมตร ( $\mu\text{m}$ ) มีสูตรคำนวณดังสมการ

$$R_z = \frac{|Yp_1 + Yp_2 + Yp_3 + Yp_4 + Yp_5| + |Yv_1 + Yv_2 + Yv_3 + Yv_4 + Yv_5|}{5}$$

เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวัดความหยาบผิวของวัสดุ คือ เครื่องวัดความหยาบพื้นผิวโปรไฟล์โลมิเตอร์ (Profilometer) ที่สามารถสร้างภาพพื้นผิวของวัสดุโดยใช้หัวเข็ม (Probe) ลากผ่านไปตามพื้นผิวของวัสดุ<sup>(102)</sup> บันทึกผลแต่ละจุดออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ และสร้างแผนภาพ 1 มิติหรือ 2 มิติ โดยสามารถกำหนดขนาดของพื้นที่ที่ทำการวัด ขนาดของหัวเข็มได้ ลักษณะของหัวเข็มและแรงจากหัวเข็มที่กระทำต่อพื้นผิวได้ มี 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องวัดความหยาบพื้นผิวแบบสัมผัส (Contact profilometer) และเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวแบบไม่สัมผัส (Non-contact profilometer)<sup>(103)</sup>

เครื่องวัดความหยาบพื้นผิวแบบสัมผัส จะมีหัวเข็ม (Stylus tip) เคลื่อนที่ไปตามพื้นผิวของวัสดุด้วยความเร็วและความดันคงที่ เหมาะสำหรับวัดพื้นที่ผิวขนาดใหญ่ที่มีความลาด



เอียงอย่างมากภายในโครงสร้างพื้นผิว<sup>(104)</sup> สามารถวัดขนาดของพื้นผิวได้ถึง 100 มิลลิเมตร ได้ ความละเอียดของภาพในแนวแกน x-y เท่ากับ 5 ไมครอน และในแนวแกน z เท่ากับ 0.01 ไมครอน เครื่องวัดความหยาบพื้นผิวแบบสัมผัสมีข้อดีคือเป็นการวัดโดยตรง ราคาไม่แพง และสามารถทำซ้ำได้<sup>(105)</sup> ส่วนเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวแบบไม่สัมผัส เหมาะสำหรับวัสดุที่มีค่อนข้างนิ่ม โดยใช้หลักการของกล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอลชนิดที่อาศัยแสงเลเซอร์ (Laser confocal scanning microscope) ส่งผ่านไปยังชั้นวัสดุ ชั้นวัสดุจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปแบบของการเรืองแสง แล้วสะท้อนกลับไปทีจุดรับภาพ และประเมินผลสร้างเป็นภาพในคอมพิวเตอร์ พื้นผิวขนาด 2 มิลลิเมตร ได้ความละเอียดของภาพในแนวแกน x-y เท่ากับ 5 ไมครอน และในแนวแกน z เท่ากับ 0.01 ไมครอน<sup>(103)</sup>

นอกจากข้อมูลในเชิงปริมาณจากโปรไฟล์ไมเตอร์แล้ว ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope: SEM) สามารถทำให้เห็นลักษณะพื้นผิวที่ความละเอียดระดับนาโนเมตรของชิ้นวัสดุได้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยายมากกว่ากล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงถึงสองเท่า และมักนิยมใช้มากกว่าเนื่องจากสามารถเห็นความลึกได้มากกว่าที่ความละเอียดต่ำ<sup>(103)</sup>

หลักการการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจะอาศัยลำแสงของอิเล็กตรอนปฐมภูมิส่งไปยังชิ้นตัวอย่างในสภาวะที่เป็นสุญญากาศ เกิดได้ใน 2 ลักษณะ ได้แก่

1. การกระเจิงแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic scattering) มีลักษณะคือเกิดการส่งผ่านของอิเล็กตรอนปฐมภูมิ (Transmission of the primary electrons) ไปยังชิ้นวัสดุ เกิดการถ่ายเทพลังงาน และเกิดการปลดปล่อยของอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary electron emission) จากพื้นผิวของวัสดุไปยังจุดรับภาพของกล้อง แล้วจึงแสดงผลออกมาเป็นภาพ

2. การกระเจิงแบบยืดหยุ่น (Elastic scattering) แตกต่างจากการกระเจิงแบบไม่ยืดหยุ่นคือเมื่อเกิดการส่งผ่านของอิเล็กตรอนปฐมภูมิแล้ว ไม่เกิดการถ่ายเทพลังงาน แต่เกิดการสะท้อน (Back scattering) ของอิเล็กตรอนปฐมภูมิจากพื้นผิวของวัสดุไปยังจุดรับภาพของกล้อง แล้วจึงแสดงผลออกมาเป็นภาพ

การกระเจิงแบบไม่ยืดหยุ่นใช้สำหรับดูลักษณะของพื้นผิว ส่วนการกระเจิงแบบยืดหยุ่น ใช้สำหรับดูองค์ประกอบของวัสดุ ภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจะได้เป็นภาพ 3 มิติ ความมืด-สว่างของภาพเกิดขึ้นจากการดูดกลืนอิเล็กตรอนและการปล่อยอิเล็กตรอน<sup>(103)</sup>

### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การเตรียมชิ้นตัวอย่าง ขั้นตอนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การวิเคราะห์ข้อมูล

#### การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

##### ประชากร

เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูง (Highly filled flowable composite) เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ (Flowable composite) และแพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต (Packable resin composite)

##### การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 ชิ้น แบ่งเป็น 3 กลุ่มหลัก กลุ่มละ 30 ชิ้น ดังนี้

1. ชิ้นตัวอย่างแพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต (Packable resin composite) ได้แก่ ฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที สี A2E (Filtek™ Z350XT shade A2E)
2. ชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ (Flowable composite) ได้แก่ ฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล สี A2 (Filtek™ Supreme Flowable shade A2)
3. ชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูง ได้แก่ จีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล สี A2 (G-aenial™ Universal Injectable shade A2)

หลังจากนั้นแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มย่อย กลุ่มละ 10 ชิ้น ดังนี้

1. กลุ่มควบคุม คือ ชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิตที่แช่ในน้ำลายเทียม
2. กลุ่มทดลองกลุ่มที่ 1 คือ ชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิตที่แช่ในกาแฟ
3. กลุ่มทดลองกลุ่มที่ 2 คือ ชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิตที่จำลองการแปรงฟันก่อนแช่

ในกาแฟ

ตาราง 1 แสดงรายละเอียดวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในงานวิจัย

ผลิตภัณฑ์	บริษัท	ชนิด	ส่วนประกอบ			สี	Lot No.
Filtek™ Z350XT	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	นาโน ฟิลล์	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, TEGDMA	Silica 20 nm, Zirconia 4-11 nm, Zirconia/silica nanocluster 0.6-10 $\mu\text{m}$ (comprised of 20 nm silica and 4 to 11 nm zirconia particles)	78.5%wt 63.3%vol	A2E	NE0293 5
Filtek™ Supreme Flowable	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	นาโน ฟิลล์	Bis-GMA, TEGDMA, Procrylate resins	Ytterbium trifluoride 0.1–5.0 $\mu\text{m}$ , Silica 20,75 nm, Zirconia 5-10 nm, Zirconia/silica nanocluster 0.6-10 $\mu\text{m}$ (comprised of 20 nm silica and 4 to 11 nm zirconia particles)	65%wt 46%vol	A2	NE8349 5
G-ænial™ Universal Injectable	GC Corp., Tokyo, Japan	นาโน- ไฮบริด	Bis-EMA, UDMA, Bismethacrylate, Dimethacrylate	Silica, Ultra-fine barium particles 150 nm	69%wt	A2	2112061

### การเตรียมชิ้นตัวอย่าง ขั้นตอนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

1. ฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที สี A2E (Filtek™ Z350XT shade A2E)
2. ฟิลเทกซูพรีม โฟลเอบิล สี A2 (Filtek™ Supreme Flowable shade A2)
3. จีเอนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล สี A2 (G-ænial™ Universal Injectable shade A2)
4. กาแฟดำแบบกระป๋อง ยี่ห้อเนสกาแฟ (Nescafe Black Ice, Nestle, Thailand)
5. แผ่นแก้ว แผ่นแก้วสไลด์ และโพลีสเตอริสไตรป
6. เป้าหล่อโลหะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ลึก 2 มิลลิเมตร
7. เครื่องฉายแสงชนิดไลท์คิวมิตติงไดโอด (Bluephase N, Ivoclar vivadent, Liechtenstein)

8. เวอร์เนียคาลิปเปอร์ชนิดดิจิทัล (AOS Absolute Digimatic Vernier caliper, Mitutoyo, Japan)

9. แปรงสีฟันไฟฟ้า (Oral-B Vitality, Braun, Shanghai, China)

10. หัวแปรงสีฟันไฟฟ้า ลักษณะขนนุ่ม หน้าตัดตรง ลักษณะการเคลื่อนที่ของแปรง เป็นแบบ Oscillating-rotating movement ความถี่ 7600 รอบต่อนาที (Oral-B Sensitive Gum Care, Braun)

11. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Thermo Forma, Series II Water Jacketed CO<sub>2</sub> Incubator, Thermo Fisher Scientific LTD.)

12. เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (SpectroShade Micro II, MHT Optic Research, Niederhasli, Switzerland)

13. เครื่องวัดความหยาบผิวโปรไฟล์มิเตอร์ (Profilometer, Talysurf series 2, Taylor-Hobson Ltd., Leicester, England)

14. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JSM-6610LV, JEOL Ltd., Tokyo, Japan)

#### การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

การเตรียมชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิตให้เป็นชิ้นตัวอย่างวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ลึก 2 มิลลิเมตร ชนิดละ 30 ชิ้น รวมทั้งหมด 90 ชิ้น มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เตรียมชิ้นตัวอย่างบนแผ่นแก้ว นำวัสดุมาใส่ลงในเบ้าหล่อโลหะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ลึก 2 มิลลิเมตร



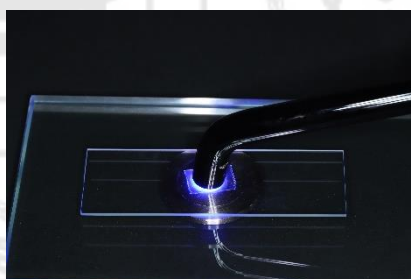
ภาพประกอบ 14 แสดงเบ้าหล่อโลหะ ประกอบด้วย เบ้าหล่อรูปครึ่งวงกลมและตัวครอบ



ภาพประกอบ 15 แสดงขั้นตอนการนำวัสดุเรซินคอมโพสิตใส่ในเบ้าหล่อโลหะ

2. ปิดเบ้าหล่อด้วยโพลีเอสเตอร์สไตริปและแผ่นแก้วสไลด์ กดด้วยน้ำหนัก 2 กิโลกรัม เป็นเวลา 3 นาที

3. ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงชนิดไลท์อีมีตติงไดโอด (Bluephase N, Ivoclar vivadent, Liechtenstein) ที่มีความเข้มแสงมากกว่า 1,000 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง เป็นเวลา 20 วินาที ในแต่ละด้าน โดยใช้แผ่นโพลีเอสเตอร์สไตริปและแผ่นแก้วสไลด์ในตัวกำหนดระยะห่างของการฉายแสง



ภาพประกอบ 16 แสดงลักษณะการฉายแสงขึ้นตัวอย่าง

4. นำชิ้นตัวอย่างออกจากเบ้าหล่อโลหะ



ภาพประกอบ 17 แสดงชิ้นตัวอย่างที่ได้หลังจากนำออกจากเบ้าหล่อ

5. เก็บชิ้นตัวอย่างในน้ำกลั่นในภาชนะที่แสงเข้าไม่ถึง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง

6. ชัดขึ้นตัวอย่างทั้งสองด้านด้วยเครื่องขัดผิวกระดาษทรายเบอร์ 1,200, 1,500 2,000 3,000 5,000 และ 7,000 เป็นเวลาเบอร์ละ 10 วินาที โดยมีน้ำไหลผ่านตลอดเวลา แล้ววัดความหนาของชิ้นตัวอย่างซ้ำอีกครั้งด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์แบบดิจิตอล (AOS Absolute Digimatic Vernier caliper, Mitutoyo, Japan) ให้ได้ความหนาเท่ากับ  $2 \pm 0.01$  มิลลิเมตร

7. สุ่มเลือกด้านบนที่จะวางสัมผัสกาแฟและใช้ในการแปรงฟัน ทำสัญลักษณ์ระบุที่ชิ้นตัวอย่างโดยการบากเป็นร่องขนาดเล็กที่ด้านข้างของชิ้นตัวอย่าง

8. ทำความสะอาดชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 10 นาที

### ขั้นตอนการทดลอง

1. นำชิ้นตัวอย่างที่ได้แบ่งออกเป็น 9 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ดังนี้



2. นำชิ้นตัวอย่างที่ได้มาวัดค่าสีและค่าดัชนีความโปร่งแสงเริ่มต้นด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectroshade Microll, MHT Optic Research, Niederhasli, Switzerland)

โดยใช้ฉากหลังสีขาว ( $L^* = 91.3$ ,  $a^* = -0.2$ ,  $b^* = -3.4$ ) และสีดำ ( $L^* = 4.1$ ,  $a^* = 0.8$ ,  $b^* = -0.6$ ) ได้ออกมาเป็นค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$

3. คำนวณค่าความต่างสีและค่าดัชนีความโปร่งแสงจากสมการ แล้วบันทึกผล

4. วัดค่าความหยาบผิวเริ่มต้นด้วยเครื่องวัดความหยาบผิวโปรไฟล์โลมิเตอร์ (Profilometer, Talysurf series 2, Taylor-Hobson Ltd., Leicester, England) ค่าความยาวในการกรองค่าความถี่ (Cut-off length) เท่ากับ 0.25 มิลลิเมตร ความยาวขึ้นตัวอย่างที่วัด (Evaluating length) เท่ากับ 1.25 มิลลิเมตร และความเร็วในการวัดเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที

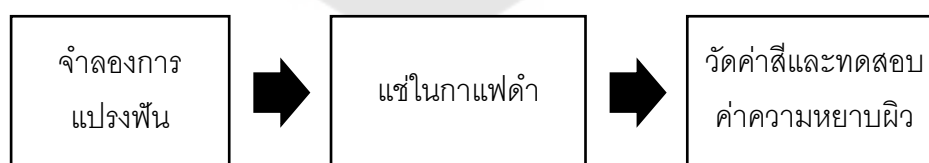
5. ทำการทดสอบ 2 วิธี ดังนี้

#### วิธีที่ 1 สำหรับกลุ่ม ZC, FC และ GC



นำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบเสถียรภาพสีตาม ISO7491:2000 โดยแช่ในกาแฟดำ 5 มิลลิตรในภาชนะปิดให้อยู่เหนือชิ้นตัวอย่าง  $10 \pm 5$  มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 และ 4 สัปดาห์ โดยวางชิ้นตัวอย่างให้ด้านบนที่สัมผัสกาแฟเป็นด้านเดิมเสมอ เปลี่ยนกาแฟดำเป็นกระป๋องใหม่และทำการวัดค่า pH ทุกวัน เมื่อครบ 1 และ 4 สัปดาห์ นำชิ้นตัวอย่างที่ได้มาวัดค่าสีและทดสอบค่าความหยาบผิวอีกครั้ง ล้างด้วยน้ำกลั่นโดยใช้เครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาทีซับและปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนการวัดค่าทุกครั้ง

#### วิธีที่ 2 สำหรับกลุ่ม ZBC, FBC และ GBC



นำชิ้นตัวอย่างไปจำลองการแปรงฟันในเครื่องจำลองการแปรงฟันที่สร้างขึ้น โดยใช้แปรงสีฟันไฟฟ้า (Oral-B Vitality, Braun, Shanghai, China) ยึดกับฐานตั้งเหล็ก ชิ้นตัวอย่างอยู่ในควบคุมระยะห่างระหว่างแปรงสีฟันและชิ้นตัวอย่างให้เท่ากันในทุกชิ้นตัวอย่าง แปรงชิ้นตัวอย่างที่ด้านบนของชิ้นตัวอย่าง เป็นเวลารวม 168 นาที และเปลี่ยนหัวแปรงสีฟันใหม่ในทุก 5 ชิ้นตัวอย่าง จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบเสถียรภาพสี โดยแช่ในกาแฟดำ 5 มิลลิตรในภาชนะปิดให้อยู่เหนือชิ้นตัวอย่าง  $10 \pm 5$  มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 และ 4

สัปดาห์ โดยวางขึ้นตัวอย่างให้ด้านที่สัมผัสกาแฟเป็นด้านเดิมเสมอ เปลี่ยนกาแฟดำเป็นกระป๋องใหม่และทำการวัดค่า pH ทุกวัน เมื่อครบ 28 วัน นำขึ้นตัวอย่างที่ได้มาวัดค่าสีและทดสอบค่าความหยาบผิวอีกครั้ง ล้างด้วยน้ำกลั่นโดยใช้เครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาที ชั้บและปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนการวัดค่าทุกครั้ง

6. เตรียมขึ้นตัวอย่างสำหรับส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ทำการสุ่มขึ้นตัวอย่างในแต่ละกลุ่มมาอย่างละ 2 ชิ้น เตรียมขึ้นตัวอย่างโดยการนำไปเคลือบด้วยทอง จากนั้นนำมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 5,000 เท่า

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ค่า  $L^*$   $a^*$   $b^*$  และค่าความต่างสีเฉลี่ยเก็บข้อมูลด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)
2. ค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต ( $R_a$ ) ของเรซินคอมโพสิตเก็บข้อมูลด้วยเครื่องวัดความหยาบผิวโปรไฟล์มิเตอร์ (Profilometer)
3. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำค่าที่วัดได้มาตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติด้วย Shapiro-Wilk test
2. หากข้อมูลมีการกระจายตัวปกติ ค่าความต่างสีเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยดัชนีความโปร่งแสง และความหยาบผิว จะถูกวิเคราะห์ด้วย Three-way ANOVA ตามด้วย Multiple comparison test (Bonferroni test) ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ .05



## บทที่ 4

### ผลการดำเนินการวิจัย

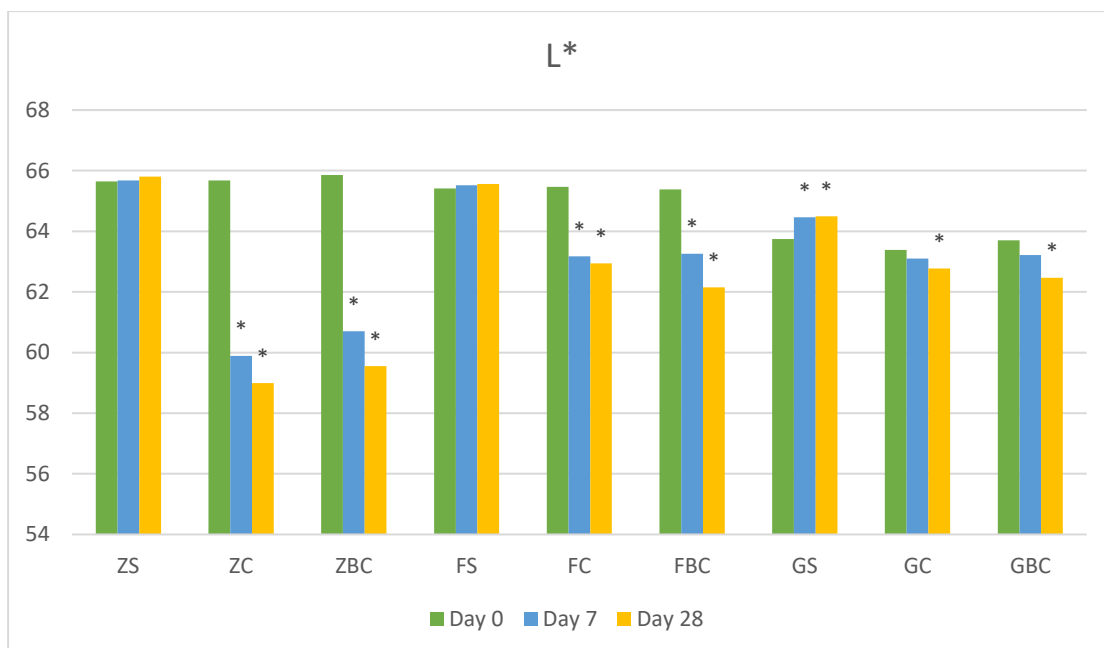
ผลการเปลี่ยนแปลงของค่าสี ค่าดัชนีความโปร่งแสงและความหยابผิวของเรซินคอมโพสิต หลังจากแช่สารละลายกาแฟที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน โดยมีกลุ่มตัวอย่างเรซินคอมโพสิต ได้แก่ ฟิลเทกแซต 350 เอ็กซ์ที (Filtek™ Z350XT) ฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล (Filtek™ Supreme Flowable) และจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล (G-aenial™ Universal Injectable) กลุ่มละ 10 ซีน โดยมีกลุ่มควบคุมคือกลุ่มที่แช่ในน้ำลายเทียม ทำการวัดค่าสี ค่าดัชนีความโปร่งแสง และความหยابผิวก่อนและหลังการทดลอง มีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

#### ผลการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของเรซินคอมโพสิต

##### ผลการศึกษาดัวยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics)

##### ค่าความสว่าง (L\*) ของเรซินคอมโพสิต

ผลการทดสอบค่าความสว่างของเรซินคอมโพสิต หลังจากผ่านการแช่ในสารละลาย พบว่ากลุ่มเรซินคอมโพสิตที่มีค่าความสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่วันที่ 7 ได้แก่ เรซินคอมโพสิตกลุ่มฟิลเทกแซต 350 เอ็กซ์ที กลุ่ม ZC และ ZBC เรซินคอมโพสิตกลุ่มฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล กลุ่ม FC และ FBC ในขณะที่กลุ่มเรซินคอมโพสิตที่มีค่าความสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อระยะเวลาผ่านไป 28 วัน ได้แก่ กลุ่มเรซินคอมโพสิตจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล GC และ GBC ส่วนเรซินคอมโพสิตที่แช่ในน้ำลายเทียมทุกกลุ่ม (ZS,FS,GS) ไม่มีการลดลงของค่าความสว่าง



ภาพประกอบ 18 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสว่างของเรซินคอมโพสิตตามชนิดของวัสดุและสารละลาย จำแนกตามระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ โดย \* หมายถึงค่าความสว่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

#### ค่าสีในทิศทางแดงเขียว ( $a^*$ ) ของเรซินคอมโพสิต

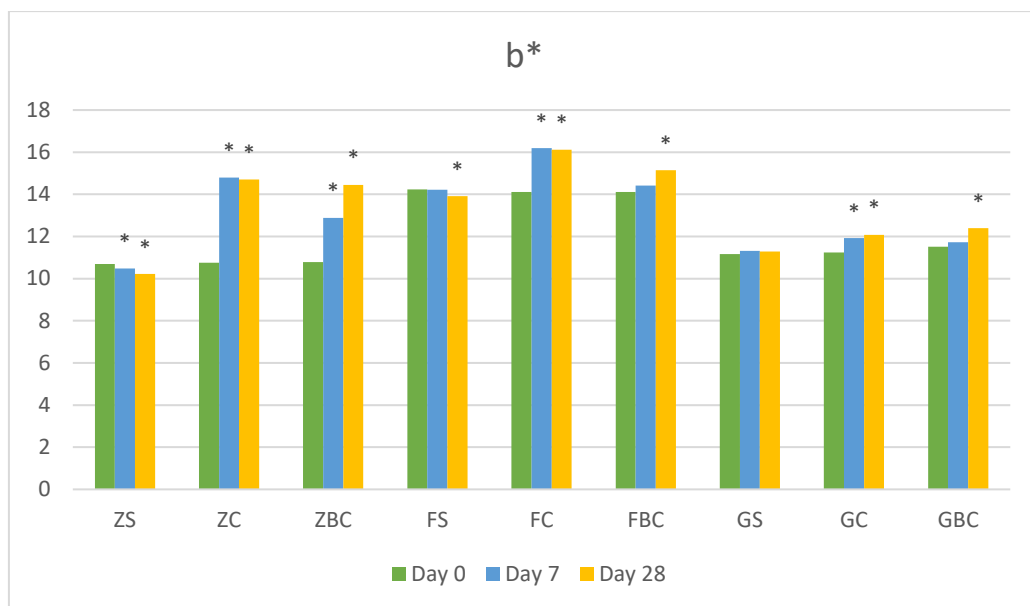
ผลการเปลี่ยนแปลงของค่า  $a^*$  ของวัสดุเรซินคอมโพสิต พบว่าวัสดุเรซินคอมโพสิตทุกกลุ่มมีค่า  $a^*$  เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่วันที่ 7 ยกเว้นกลุ่มเรซินคอมโพสิตกลุ่ม FBC ที่ค่า  $a^*$  เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อแช่ในสารละลายเป็นเวลา 28 วัน ลักษณะการเปลี่ยนสีของทุกกลุ่มที่แช่ในกาแฟมีแนวโน้มที่เปลี่ยนไปเป็นสีแดง (ภาพประกอบ 19)



ภาพประกอบ 19 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่า  $a^*$  ของเรซินคอมโพสิตตามชนิดของวัสดุและสารละลาย จำแนกตามระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ โดย \* หมายถึงค่าสีในทิศทางแดงเขียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

#### ค่าสีในทิศทางเหลืองน้ำเงิน ( $b^*$ ) ของเรซินคอมโพสิต

ผลการเปลี่ยนแปลงของค่า  $b^*$  ของวัสดุเรซินคอมโพสิต พบว่าวัสดุเรซินคอมโพสิตที่มีค่า  $b^*$  เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่วันที่ 7 ได้แก่ กลุ่ม ZC ZBC FC และ GC ส่วนวัสดุเรซินคอมโพสิตที่มีค่า  $b^*$  เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อแช่ในสารละลายเป็นเวลา 28 วัน ได้แก่ กลุ่ม FBC และ GBC ลักษณะการเปลี่ยนสีของทุกกลุ่มที่แช่ในกาแฟมีแนวโน้มที่เปลี่ยนไปเป็นสีเหลือง (ภาพประกอบ 20)



ภาพประกอบ 20 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่า  $b^*$  ของเรซินคอมโพสิตตามชนิดของวัสดุและสารละลาย จำแนกตามระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ โดย \* หมายถึงค่าสีในทิศทางเหลืองน้ำเงินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

### ค่าความต่างสี ( $\Delta E$ ) ของเรซินคอมโพสิต

ผลการทดสอบค่าความต่างสีของเรซินคอมโพสิตหลังจากแช่ในน้ำลายเทียมและกาแฟ เป็นเวลา 7 วัน มีดังนี้ กลุ่มเรซินคอมโพสิตฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที กลุ่ม ZC มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ  $7.21 \pm 0.90$  กลุ่ม ZBC มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยเท่ากับ  $5.83 \pm 0.91$  และกลุ่ม ZS มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ  $0.52 \pm 0.11$  สำหรับกลุ่มเรซินคอมโพสิตฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล กลุ่ม FC มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ  $3.23 \pm 0.86$  และกลุ่ม FBC มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยเท่ากับ  $2.18 \pm 0.80$  กลุ่ม FS มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ  $0.33 \pm 0.18$  สำหรับกลุ่ม GC มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ  $0.99 \pm 0.29$  และกลุ่ม GBC มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยเท่ากับ  $0.89 \pm 0.50$  กลุ่ม GS มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ  $0.78 \pm 0.26$  (ตาราง 2)

ผลการทดสอบค่าความต่างสีของเรซินคอมโพสิตหลังจากแช่ในน้ำลายเทียมและกาแฟ เป็นเวลา 28 วัน มีดังนี้ กลุ่มเรซินคอมโพสิตฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที กลุ่ม ZC มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ  $8.14 \pm 0.93$  กลุ่ม ZBC มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยเท่ากับ  $7.56 \pm 0.86$  และกลุ่ม ZS มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ  $0.74 \pm 0.12$  สำหรับกลุ่มเรซินคอมโพสิตฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล

กลุ่ม FC มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ  $3.42 \pm 0.84$  และกลุ่ม FBC มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยเท่ากับ  $3.47 \pm 0.65$  กลุ่ม FS มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ  $0.48 \pm 0.20$  สำหรับกลุ่มเรซินคอมโพสิตจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล กลุ่ม GBC มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ  $1.84 \pm 0.71$  และกลุ่ม GC มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยเท่ากับ  $1.24 \pm 0.44$  กลุ่ม GS มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ  $0.84 \pm 0.29$  (ตาราง 3) โดยกลุ่ม ZC, ZBC, FC และ FBC มีค่า  $\Delta E$  เฉลี่ยมากกว่า 3.3 ซึ่งเป็นค่าความต่างสีที่สายตาของบุคคลทั่วไปสามารถรับรู้ถึงความแตกต่างของสีได้ จึงเป็นค่าที่ไม่ยอมรับในทางคลินิก<sup>(75)</sup>

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความต่างสี  $\Delta E^*$  ของเรซินคอมโพสิต หลังการแช่ในสารละลายเป็นเวลา 7 วัน

ชนิดของสารละลาย และการจำลองการแปรงฟัน	ชนิดของเรซินคอมโพสิต		
	Filtek™ Z350XT	Filtek™ Supreme Flowable	G-aenial™ Universal Injectable
น้ำลายเทียม	$0.52 \pm 0.11^{Bb}$	$0.33 \pm 0.18^{Bc}$	$0.78 \pm 0.26^{Aa}$
กาแฟ	$7.21 \pm 0.90^{Aa}$	$3.23 \pm 0.86^{Ba}$	$0.99 \pm 0.29^{Ca}$
แปรงฟัน + กาแฟ	$5.83 \pm 0.91^{Aa}$	$2.18 \pm 0.80^{Bb}$	$0.86 \pm 0.50^{Ca}$

A,B,C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างชนิดของเรซินคอมโพสิต

a,b,c ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างชนิดของสารละลาย และการจำลองการแปรงฟัน

ตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความต่างสี  $\Delta E^*$  ของเรซินคอมโพสิต หลังการแช่ในสารละลายเป็นเวลา 28 วัน

ชนิดของสารละลาย และการจำลองการแปรงฟัน	ชนิดของเรซินคอมโพสิต		
	Mean $\Delta E \pm SD$		
	Filtek™ Z350XT	Filtek™ Supreme Flowable	G-ænial™ Universal Injectable
น้ำลายเทียม	0.74 ± 0.12 <sup>Ab</sup>	0.48 ± 0.20 <sup>Bb</sup>	0.84 ± 0.29 <sup>Ab</sup>
กาแฟ	8.14 ± 0.93 <sup>Aa</sup>	3.42 ± 0.84 <sup>Ba</sup>	1.24 ± 0.44 <sup>Cab</sup>
แปรงฟัน + กาแฟ	7.56 ± 0.86 <sup>Aa</sup>	3.47 ± 0.65 <sup>Ba</sup>	1.84 ± 0.71 <sup>Ca</sup>

A,B,C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างชนิดของเรซินคอมโพสิต

a,b,c ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างชนิดของสารละลาย และการจำลองการแปรงฟัน

#### ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลค่าความต่างสีด้วยสถิติความแปรปรวนแบบ วัดซ้ำสามทาง (Three-way repeated ANOVA)

การวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยสถิติความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสามทางของค่าความต่างสี ข้อมูลจะต้องมีการแจกแจงเป็นปกติ ซึ่งตรวจสอบได้ด้วยสถิติทดสอบของชาปีโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) (ตาราง 12) เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มย่อยมีน้อยกว่า 50 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความต่างสีด้วยสถิติความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสามทาง (ตาราง 4) พบว่า อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดของวัสดุ x ชนิดของสารละลายและการแปรงฟัน x เวลา ไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P = 0.281$ , Partial  $\eta^2 = 0.131$ ) หรือกล่าวได้ว่าค่าความต่างสีของกลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่มในช่วง 7 และ 28 วัน ของกลุ่มวัสดุทั้งสามกลุ่มมีความแตกต่างที่เท่ากัน (ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดของวัสดุ ชนิดของสารละลายและการแปรงฟัน และเวลาที่ส่งผลต่อค่าความต่างสี) จึงทำการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมสองทางในขั้นตอนต่อไปซึ่งผลการศึกษาพบว่า อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดของวัสดุ x ชนิดของสารละลายและการแปรงฟันถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P < 0.001$ , Partial  $\eta^2 = 0.934$ ), อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดของวัสดุ x เวลาถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

0.05 ( $P=0.007$ , Partial  $\eta^2 = 0.508$ ), และอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดของสารละลาย และการแปรงฟัน x เวลาถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P<0.001$ , Partial  $\eta^2 = 0.808$ )

ตาราง 4 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความต่างสีด้วยสถิติความแปรปรวนแบบ วัตุซ้ำสามทาง (Three-way repeated ANOVA)

	น้ำลายเทียม	กาแฟ	แปรงฟัน+ กาแฟ	P-value <sup>(a)</sup>
<b>Filtek™ Z350XT</b>				
หลังแช่สารละลาย 7 วัน	0.52±0.11	7.21±0.90	5.83±0.91	<0.001*
หลังแช่สารละลาย 28 วัน	0.74±0.12	8.14±0.93	7.56±0.86	<0.001*
Mean difference <sup>(7 - 28 days)</sup>	0.21	0.93	1.74	
P-value <sup>(b)</sup>	<0.001*	0.018	<0.001*	
<b>Filtek™ Supreme Flowable</b>				
หลังแช่สารละลาย 7 วัน	0.33±0.18	3.23±0.86	2.18±0.80	<0.001*
หลังแช่สารละลาย 28 วัน	0.48±0.20	3.42±0.84	3.47±0.65	<0.001*
Mean difference <sup>(7 - 28 days)</sup>	0.15	0.19	1.29	
P-value <sup>(b)</sup>	0.044	0.337	<0.001*	
<b>G-ænial™ Universal Injectable</b>				
หลังแช่สารละลาย 7 วัน	0.78±0.26	0.99±0.29	0.86±0.50	0.405
หลังแช่สารละลาย 28 วัน	0.84±0.29	1.24±0.44	1.84±0.71	0.016*
Mean difference <sup>(7 - 28 days)</sup>	0.06	0.24	0.98	
P-value <sup>(b)</sup>	0.241	0.079	<0.001*	
P-value <sup>(c)</sup> [7 days]	0.001*	<0.001*	<0.001*	
P-value <sup>(c)</sup> [28 days]	0.007*	<0.001*	<0.001*	

Interaction effect between resin x intervention x time P-value = 0.281, Partial  $\eta^2 = 0.131$

Interaction effect between resin x intervention P-value <0.001<sup>#</sup>, Partial  $\eta^2 = 0.934$

Interaction effect between resin x time P-value = 0.007<sup>#</sup>, Partial  $\eta^2 = 0.508$

Interaction effect between intervention x time P-value <0.001<sup>#</sup>, Partial  $\eta^2 = 0.808$

ค่า P-value จากผลการวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มทดลอง(a), ระหว่างเวลา(b), ระหว่างกลุ่มวัสดุ(c) โดยใช้สถิติ Three-way repeated ANOVA

#มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\alpha=0.05$ )

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\alpha=0.05/3$ )

การวิเคราะห์หิอทธิพลร่วมแยกย่อยซึ่งผลการศึกษาพบว่าค่าความต่างสีระหว่างชนิดของวัสดุ (ZS,FS,GS) ในช่วง 7 และ 28 วัน ของกลุ่มแช่ในน้ำลายเทียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $P=0.001$  และช่วง 28 วัน  $P=0.007$ ), ค่าความต่างสีระหว่างชนิดของวัสดุ (ZC,FC,GC) ในช่วง 7 และ 28 วัน ของกลุ่มแช่ในกาแฟมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $P<0.001$  และช่วง 28 วัน  $P<0.001$ ) และค่าความต่างสีระหว่างชนิดของวัสดุ (ZBC,FBC,GBC) ในช่วง 7 และ 28 วัน ของกลุ่มจำลองการแปรงฟันก่อนนำไปแช่ในกาแฟมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $P<0.001$  และช่วง 28 วัน  $P<0.001$ ) ด้วยเหตุนี้จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ (ตาราง 13)

ค่าความต่างสีเทียบระหว่างชนิดของสารละลายและการแปรงฟัน สำหรับกลุ่มฟิลเทกเซต 350 เอ็กซ์ทีเทียบระหว่างกลุ่ม ZS, ZC และ ZBC ในช่วง 7 และ 28 วัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $P<0.001$  และช่วง 28 วัน  $P<0.001$ ), ค่าความต่างสีของกลุ่มฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิลเทียบระหว่างกลุ่ม FS, FC และ FBC ในช่วง 7 และ 28 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $P<0.001$  และช่วง 28 วัน  $P<0.001$ ) และค่าความต่างสีของกลุ่มจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลเทียบระหว่างกลุ่ม GS, GC และ GBC ในช่วง 28 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P=0.016$ ) ด้วยเหตุนี้จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ (ตาราง 14)

ค่าความต่างสีเทียบระหว่างช่วงเวลา 7 และ 28 วัน ในกลุ่มฟิลเทกเซต 350 เอ็กซ์ที ZS, ZC และ ZBC มีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (กลุ่ม ZS  $P<0.001$ , กลุ่ม ZC  $P=0.018$  และกลุ่ม ZBC  $P<0.001$ ), ค่าความต่างสีระหว่างช่วง 7 และ 28 วัน ในวัสดุฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิลกลุ่ม FBC มีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P<0.001$ ) และค่าความต่างสีระหว่างช่วง 7 และ 28 วัน ในวัสดุจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลกลุ่ม GBC มีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P<0.001$ )



### ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยสถิติทดสอบบอนเฟอโรนี (Bonferroni test)

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าความต่างสีระหว่างชนิดของวัสดุ 3 ชนิด ในช่วง 7 และ 28 วัน จำแนกตามชนิดของสารละลายและการแปรสภาพพบว่า ค่าความต่างสีของกลุ่มที่แช่ในน้ำลายเทียมในช่วง 28 วัน กลุ่ม ZS สูงกว่ากลุ่ม FS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\Delta=0.26$   $P=0.005$ ), ค่าความต่างสีในช่วง 7 วัน กลุ่ม ZS ต่ำกว่ากลุ่ม GS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\Delta=-0.26$   $P=0.004$ ) และค่าความต่างสีช่วง 7 และ 28 วัน กลุ่ม FS ต่ำกว่ากลุ่ม GS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=-0.45$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=-0.36$   $P=0.002$ ) (ตาราง 13)

ค่าความต่างสีของกลุ่มที่แช่ในกาแฟ ในช่วง 7 และ 28 วัน กลุ่ม ZC สูงกว่ากลุ่ม FC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=3.97$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=4.72$   $P<0.001$ ), ค่าความต่างสี ในช่วง 7 และ 28 วัน กลุ่ม ZC สูงกว่ากลุ่ม GC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=6.21$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=6.90$   $P<0.001$ ) และค่าความต่างสี ในช่วง 7 และ 28 วัน กลุ่ม FC สูงกว่ากลุ่ม GC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=2.23$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=2.18$   $P<0.001$ ) (ตาราง 13)

ค่าความต่างสีของกลุ่มที่จำลองการแปรสภาพก่อนนำไปแช่ในกาแฟ ช่วง 7 และ 28 วัน กลุ่ม ZBC สูงกว่ากลุ่ม FBC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=3.64$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=4.09$   $P<0.001$ ), ค่าความต่างสี ในช่วง 7 และ 28 วัน กลุ่ม ZBC สูงกว่ากลุ่ม GBC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=4.96$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=5.73$   $P<0.001$ ) และค่าความต่างสี ช่วง 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม FBC สูงกว่ากลุ่ม GBC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=1.32$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=1.64$   $P<0.001$ ) (ตาราง 13)

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ค่าความต่างสีจำแนกตามกลุ่มวัสดุ สำหรับวัสดุฟิลเทกแซต 350 เอ็กซ์ทีระหว่างกลุ่ม ZS, ZC และ ZBC ในช่วง 7 และ 28 วัน พบว่า ค่าความต่างสีช่วง 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม ZC สูงกว่ากลุ่ม ZS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=6.68$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=7.40$   $P<0.001$ ) และค่าความต่างสีช่วง 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม ZBC สูงกว่ากลุ่ม ZS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=5.30$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=6.83$   $P<0.001$ ) (ตาราง 14)

สำหรับค่าความต่างสีช่วง 7 และ 28 วันของกลุ่มฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล ในกลุ่ม FC สูงกว่ากลุ่ม FS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=2.90$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=2.94$   $P<0.001$ ), ค่าความต่างสีช่วง 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม FBC สูงกว่ากลุ่ม FS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=1.85$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=2.99$   $P<0.001$ ) และค่าความต่างสีช่วง 7 วัน ในกลุ่ม FC สูงกว่ากลุ่ม FBC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\Delta=1.05$   $P=0.004$ ) (ตาราง 14)

ค่าความต่างสีช่วง 28 วันของกลุ่มวัสดุจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลในกลุ่ม GBC สูงกว่ากลุ่ม GS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\Delta=1.00$   $P=0.003$ ) (ตาราง 14)

## ผลการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความโปร่งแสงของเรซินคอมโพสิต

### ผลการศึกษาด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics)

ค่าดัชนีความโปร่งแสง (TP) ของวัสดุต่างๆก่อนการทดลอง มีดังนี้ สำหรับกลุ่ม ZS มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $4.25 \pm 0.31$  กลุ่ม ZC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $4.66 \pm 0.67$  และกลุ่ม ZBC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $4.11 \pm 0.25$  ในขณะที่ค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความโปร่งแสงสำหรับเรซินคอมโพสิตฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล สำหรับกลุ่ม FS มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $4.40 \pm 0.52$  กลุ่ม FC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $4.37 \pm 0.66$  และกลุ่ม FBC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $4.73 \pm 0.30$  ส่วนกลุ่มเรซินคอมโพสิตจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล สำหรับกลุ่ม GS มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $5.03 \pm 0.41$  กลุ่ม GC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $4.66 \pm 0.43$  และกลุ่ม GBC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $5.22 \pm 0.67$

หลังจากทำการทดลองโดยแช่ในกาแฟเป็นเวลา 7 วัน ทำการวัดค่าดัชนีความโปร่งแสง (TP) ของวัสดุต่างๆ มีค่าเฉลี่ยดังนี้ สำหรับกลุ่ม ZS มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงมากที่สุดเท่ากับ  $4.37 \pm 0.55$  ในขณะที่กลุ่ม ZBC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $3.29 \pm 0.46$  และกลุ่ม ZC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงน้อยที่สุดเท่ากับ  $3.28 \pm 0.61$  ในขณะที่ค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความโปร่งแสงสำหรับเรซินคอมโพสิตฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล กลุ่ม FS มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงมากที่สุดเท่ากับ  $3.89 \pm 0.41$  ในขณะที่กลุ่ม FC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $3.38 \pm 0.32$  และกลุ่ม FBC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงน้อยที่สุดเท่ากับ  $3.33 \pm 0.43$  ส่วนกลุ่มเรซินคอมโพสิตจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลที่กลุ่ม GBC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงมากที่สุดเท่ากับ  $5.09 \pm 0.31$  และกลุ่ม GBC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนี

ความโปร่งแสงเท่ากับ  $4.51 \pm 0.34$  กลุ่ม GC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงน้อยที่สุด เท่ากับ  $4.48 \pm 0.52$

หลังจากทำการทดลองโดยแช่ในกาแฟเป็นเวลา 28 วัน ทำการวัดค่าดัชนีความโปร่งแสง (TP) ของวัสดุต่างๆ มีค่าเฉลี่ยดังนี้ สำหรับกลุ่ม ZS มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงมากที่สุด เท่ากับ  $4.21 \pm 0.31$  ในขณะที่กลุ่ม ZC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $3.18 \pm 0.47$  และกลุ่ม ZBC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงน้อยที่สุดเท่ากับ  $3.06 \pm 0.37$  ในขณะที่ค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความโปร่งแสงสำหรับเรซินคอมโพสิตฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล กลุ่ม FS มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงมากที่สุดเท่ากับ  $3.97 \pm 0.27$  ในขณะที่กลุ่ม FC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $3.33 \pm 0.41$  และกลุ่ม FBC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงน้อยที่สุดเท่ากับ  $3.29 \pm 0.36$  ส่วนกลุ่มเรซินคอมโพสิตจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลที่กลุ่ม GBC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงมากที่สุดเท่ากับ  $4.85 \pm 0.32$  และกลุ่ม GBC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงเท่ากับ  $4.44 \pm 0.37$  กลุ่ม GC มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสงน้อยที่สุด เท่ากับ  $4.30 \pm 0.38$

การเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความโปร่งแสงของวัสดุเรซินคอมโพสิต กลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อแช่ในสารละลายเป็นเวลา 7 วัน ได้แก่ กลุ่ม ZC, ZBC, FC และ FBC ส่วนกลุ่มที่เหลือพบว่าค่าดัชนีความโปร่งแสงไม่แตกต่างจากก่อนการแช่ในสารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 5)

ตาราง 5 แสดงค่าดัชนีความโปร่งแสง (TP) ก่อนและหลังการแช่ในสารละลาย

ชนิดของ เรซินคอมโพสิต	ชนิดของสารละลายและการจัดการแปร่งฟัน								
	น้ำลายเทียม			กาแฟ			แปร่งฟัน + กาแฟ		
	0 วัน	7 วัน	28 วัน	0 วัน	7 วัน	28 วัน	0 วัน	7 วัน	28 วัน
Filtek™ Z350XT	4.25 ± 0.31 <sup>Ba</sup>	4.37 ± 0.55 <sup>Ba</sup>	4.21 ± 0.31 <sup>Ba</sup>	4.66 ± 0.67 <sup>Aa</sup>	3.28 ± 0.61 <sup>Bb*</sup>	3.18 ± 0.47 <sup>Bb*</sup>	4.11 ± 0.25 <sup>Ba</sup>	3.29 ± 0.46 <sup>Bb*</sup>	3.06 ± 0.37 <sup>Bb*</sup>
Filtek™ Supreme	4.40 ± 0.52 <sup>ABa</sup>	3.89 ± 0.41 <sup>Ba</sup>	3.97 ± 0.27 <sup>Ba</sup>	4.37 ± 0.66 <sup>Aa</sup>	3.38 ± 0.32 <sup>Bb*</sup>	3.33 ± 0.41 <sup>Bb*</sup>	4.73 ± 0.30 <sup>Aa</sup>	3.33 ± 0.43 <sup>Bb*</sup>	3.29 ± 0.36 <sup>Bb*</sup>
Flowable									
G-aenial™	5.03 ± 0.41 <sup>Aa</sup>	5.09 ± 0.31 <sup>Aa</sup>	4.85 ± 0.32 <sup>Aa</sup>	4.66 ± 0.43 <sup>Aa</sup>	4.48 ± 0.52 <sup>Aa</sup>	4.30 ± 0.38 <sup>Aa</sup>	5.22 ± 0.67 <sup>Aa</sup>	4.51 ± 0.34 <sup>Aa</sup>	4.44 ± 0.37 <sup>Aa</sup>
Universal									

A, B, C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างชนิดของเรซินคอมโพสิต

a, b, c ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแถวเดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างชนิดของสารละลายและการจัดการแปร่งฟัน

\* หมายถึงค่าความหยาบผิวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

### ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลค่าดัชนีความโปร่งแสงด้วยสถิติความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสามทาง (Three-way repeated ANOVA)

การวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยสถิติความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสามทาง ข้อมูลจะต้องมีการแจกแจงเป็นปกติ ซึ่งตรวจสอบได้ด้วยสถิติทดสอบของชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) (ตาราง 15) การทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสามทางของค่าดัชนีความโปร่งแสง (ตาราง 6) พบว่า อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดของวัสดุ x ชนิดของสารละลายและการแปรงพื้น x เวลา ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P = 0.021$ , Partial  $\eta^2 = 0.275$ ) หรือกล่าวได้ว่าค่าดัชนีความโปร่งแสงของกลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่มในช่วง 0, 7 และ 28 วัน ของกลุ่มวัสดุทั้งสามกลุ่มมีความแตกต่างที่ไม่เท่ากัน (มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดของสารละลายและการแปรงพื้น, เวลา, ชนิดของวัสดุ ที่ส่งผลต่อค่าดัชนีความโปร่งแสง) ซึ่งผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมสองทางพบว่า อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดของวัสดุ x ชนิดของสารละลายและการแปรงพื้นไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P = 0.171$ , Partial  $\eta^2 = 0.179$ ), อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดของวัสดุ x เวลาถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P = 0.002$ , Partial  $\eta^2 = 0.455$ ), และอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดของสารละลายและการแปรงพื้น x เวลาถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P < 0.001$ , Partial  $\eta^2 = 0.601$ )



ตาราง 6 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าดัชนีความโปร่งแสงด้วยสถิติความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสามทาง (Three-way repeated ANOVA)

	น้ำลายเทียม	กาแฟ	แปรงฟัน+ กาแฟ	P-value <sup>(a)</sup>
<b>Filtek™ Z350XT</b>				
ก่อนการทดลอง	4.25±0.31	4.66±0.67	4.11±0.25	0.190
หลังแช่สารละลาย 7 วัน	4.37±0.55	3.28±0.61	3.29±0.46	0.001*
หลังแช่สารละลาย 28 วัน	4.21±0.31	3.18±0.47	3.06±0.37	<0.001*
P-value <sup>(b)</sup>	0.636	<0.001*	<0.001*	
<b>Filtek™ Supreme Flowable</b>				
ก่อนการทดลอง	4.40±0.52	4.37±0.66	4.73±0.30	0.180
หลังแช่สารละลาย 7 วัน	3.89±0.41	3.38±0.32	3.33±0.43	0.006*
หลังแช่สารละลาย 28 วัน	3.97±0.27	3.33±0.41	3.29±0.36	0.001*
P-value <sup>(b)</sup>	0.053	0.015*	<0.001*	
<b>G-aenial™ Universal Injectable</b>				
ก่อนการทดลอง	5.03±0.41	4.66±0.43	5.22±0.67	0.339
หลังแช่สารละลาย 7 วัน	5.09±0.31	4.48±0.52	4.51±0.34	0.642
หลังแช่สารละลาย 28 วัน	4.85±0.32	4.30±0.38	4.44±0.37	0.522
P-value <sup>(b)</sup>	0.050	0.136	0.086	
P-value <sup>(c)</sup> [0 day]	0.006*	0.592	0.004*	
P-value <sup>(c)</sup> [7 days]	<0.001*	0.002*	<0.001*	
P-value <sup>(c)</sup> [28 days]	0.001*	<0.001*	<0.001*	
<i>Interaction effect between resin x intervention x time P-value = 0.021<sup>#</sup>, Partial <math>\eta^2 = 0.275</math></i>				
<i>Interaction effect between resin x intervention P-value = 0.171, Partial <math>\eta^2 = 0.179</math></i>				
<i>Interaction effect between resin x time P-value = 0.002<sup>#</sup>, Partial <math>\eta^2 = 0.455</math></i>				
<i>Interaction effect between intervention x time P-value &lt;0.001<sup>#</sup>, Partial <math>\eta^2 = 0.601</math></i>				

ค่า P-value จากผลการวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มทดลอง(a), ระหว่างเวลา(b), ระหว่างกลุ่มวัสดุ(c) โดยใช้สถิติ Three-way repeated ANOVA

#มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\alpha=0.05$ )

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\alpha=0.05/3$ )

การวิเคราะห์หิทธิพลร่วมแยกย่อยซึ่งผลการศึกษาพบว่า ค่าดัชนีความโปร่งแสงเทียบระหว่างชนิดของสารละลายและการแปรงพื้น ในกลุ่ม ZS, ZC และ ZBC ช่วง 7 และ 28 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $P=0.001$  และช่วง 28 วัน  $P<0.001$ ), ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างกลุ่ม FS, FC และ FBC ในช่วง 7 และ 28 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $P=0.006$  และช่วง 28 วัน  $P=0.001$ ) ด้วยเหตุนี้จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ดังแสดงในตาราง 16 ขณะที่ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างกลุ่ม GS, GC และ GBC ในช่วง 0, 7 และ 28 วัน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P>0.05/3$ )

ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างช่วง 0, 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม ZC และ ZBC มีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (กลุ่ม ZC  $P<0.001$  และกลุ่ม ZBC  $P<0.001$ ), ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างช่วง 0, 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม FC และ FBC มีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (กลุ่ม FC  $P=0.015$  และกลุ่ม FBC  $P<0.001$ ) ด้วยเหตุนี้จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ดังแสดงในตาราง 17 ขณะที่ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างช่วง 0, 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม GS GC และ GBC มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ( $P>0.05/3$ )

ค่าดัชนีความโปร่งแสงเทียบระหว่างชนิดของวัสดุ กลุ่ม ZS, FS และ GS ในช่วง 0, 7 และ 28 วัน ของกลุ่มแช่น้ำลายเทียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 0 วัน  $P=0.006$ , ช่วง 7 วัน  $P<0.001$  และช่วง 28 วัน  $P=0.001$ ), ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างกลุ่ม ZC, FC และ GC ในช่วง 7 และ 28 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $P=0.002$  และช่วง 28 วัน  $P<0.001$ ) และค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างกลุ่ม ZBC, FBC และ GBC ในช่วง 0, 7 และ 28 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 0 วัน  $P=0.004$ , ช่วง 7 วัน  $P<0.001$  และช่วง 28 วัน  $P<0.001$ ) ด้วยเหตุนี้จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ดังแสดงในตาราง 18

#### ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าดัชนีความโปร่งแสงด้วยสถิติทดสอบบอนเฟอโรนนี่ (Bonferroni test)

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างกลุ่มทดลอง (S,C,BC) ในช่วง 0, 7 และ 28 วัน จำแนกตามกลุ่มวัสดุ พบว่า ค่าดัชนีความโปร่งแสงช่วง 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม ZC ต่ำกว่ากลุ่ม ZS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=-1.09$   $P=0.002$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=-1.04$   $P=0.001$ ), ค่าดัชนีความโปร่งแสงช่วง 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม ZBC

ต่ำกว่ากลุ่ม ZS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=-1.08$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=-1.15$   $P<0.001$ ) (ตาราง 16)

ค่าดัชนีความโปร่งแสงช่วง 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม FC ต่ำกว่ากลุ่ม FS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=-0.51$   $P=0.005$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=-0.64$   $P=0.004$ ), ค่าดัชนีความโปร่งแสงช่วง 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม FBC ต่ำกว่ากลุ่ม FS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=-0.56$   $P=0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=-0.69$   $P<0.001$ ) (ตาราง 16)

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างช่วงเวลาในแต่ละกลุ่มทดลองจำแนกตามกลุ่มวัสดุพบว่า ค่าดัชนีความโปร่งแสงในกลุ่ม ZC และกลุ่ม ZBC ในช่วง 7 วัน ต่ำกว่า 0 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ของกลุ่มวัสดุ FILTEK™ Z350XT (กลุ่ม ZC  $\Delta=-1.38$   $P<0.001$  และกลุ่ม ZBC  $\Delta=-0.82$   $P<0.001$ ), ค่าดัชนีความโปร่งแสงในกลุ่ม ZC และกลุ่ม ZBC ในช่วง 28 วัน ต่ำกว่า 0 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กลุ่ม ZC  $\Delta=-1.48$   $P<0.001$  และกลุ่ม ZBC  $\Delta=-1.05$   $P<0.001$ ) (ตาราง 17)

ค่าดัชนีความโปร่งแสงในกลุ่ม FC และกลุ่ม FBC 7 วัน ต่ำกว่า 0 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (กลุ่ม FC  $\Delta=-0.99$   $P=0.005$  และกลุ่ม FBC  $\Delta=-1.40$   $P<0.001$ ), ค่าดัชนีความโปร่งแสงในกลุ่ม FC และกลุ่ม FBC ในช่วง 28 วัน ต่ำกว่า 0 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (กลุ่ม FC  $\Delta=-1.05$   $P=0.003$  และกลุ่ม FBC  $\Delta=-1.44$   $P<0.001$ ) (ตาราง 17)

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างชนิดของวัสดุ ในช่วง 0, 7 และ 28 วัน จำแนกตามกลุ่มทดลอง พบว่า ค่าดัชนีความโปร่งแสงช่วง 0, 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม ZS ต่ำกว่ากลุ่ม GS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 0 วัน  $\Delta=-0.78$   $P=0.001$ , ช่วง 7 วัน  $\Delta=-0.73$   $P=0.003$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=-0.64$   $P=0.001$ ) และค่าดัชนีความโปร่งแสงช่วง 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม FS ต่ำกว่ากลุ่ม GS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=-1.21$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=-0.88$   $P<0.001$ ) (ตาราง 18)

ค่าดัชนีความโปร่งแสงช่วง 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม ZC ต่ำกว่ากลุ่ม GC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=-1.21$   $P=0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=-1.12$   $P<0.001$ ) และค่าดัชนีความโปร่งแสงช่วง 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม FC ต่ำกว่ากลุ่ม GC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=-1.10$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=-0.97$   $P<0.001$ ) (ตาราง 18)

ค่าดัชนีความโปร่งแสงช่วง 0 วัน ในกลุ่ม ZBC ต่ำกว่ากลุ่ม FBC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 0 วัน  $\Delta=-0.62$   $P=0.001$ ), ค่าดัชนีความโปร่งแสงช่วง 0, 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม ZBC ต่ำกว่ากลุ่ม GBC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 0 วัน  $\Delta=-1.11$



$P=0.001$ , ช่วง 7 วัน  $\Delta=-1.22$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=-1.39$   $P<0.001$ ) และค่าดัชนีความโปร่งแสงช่วง 7 และ 28 วัน ในกลุ่ม FBC ต่ำกว่ากลุ่ม GBC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $\Delta=-1.18$   $P<0.001$ , ช่วง 28 วัน  $\Delta=-1.16$   $P<0.001$ ) (ตาราง 18)

## ผลการเปลี่ยนแปลงของค่าความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต

### ผลการศึกษาด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics)

ค่าความหยาบผิว ( $R_a$ ) ของวัสดุต่างๆก่อนการทดลอง มีดังนี้ สำหรับวัสดุกลุ่มฟิลเทกแซต 350 เอ็กซ์ที กลุ่ม ZS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0300 \pm 0.0038$  ไมโครเมตร กลุ่ม ZC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0304 \pm 0.0058$  ไมโครเมตร และกลุ่ม ZBC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0313 \pm 0.0034$  ไมโครเมตร สำหรับวัสดุกลุ่มฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิลมีดังนี้ กลุ่ม FS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0294 \pm 0.0037$  ไมโครเมตร กลุ่ม FC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0282 \pm 0.0060$  ไมโครเมตร และกลุ่ม FBC  $0.0285 \pm 0.0045$  ไมโครเมตร ส่วนวัสดุจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล มีดังนี้ กลุ่ม GS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0256 \pm 0.0058$  ไมโครเมตร กลุ่ม GC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0230 \pm 0.0042$  ไมโครเมตร และกลุ่ม GBC  $0.0256 \pm 0.0050$  ไมโครเมตร (ตาราง 7)

หลังจากทำการทดลองโดยแช่ในกาแฟเป็นเวลา 7 วัน ทำการวัดค่าความหยาบผิว ( $R_a$ ) ของวัสดุต่างๆ มีค่าเฉลี่ยดังนี้ สำหรับวัสดุกลุ่มฟิลเทกแซต 350 เอ็กซ์ที กลุ่ม ZS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0304 \pm 0.0046$  ไมโครเมตร กลุ่ม ZC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0327 \pm 0.0091$  ไมโครเมตร และกลุ่ม ZBC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0405 \pm 0.0077$  ไมโครเมตร สำหรับวัสดุกลุ่มฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิลมีดังนี้ กลุ่ม FS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0290 \pm 0.0056$  ไมโครเมตร กลุ่ม FC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0291 \pm 0.0065$  ไมโครเมตร และกลุ่ม FBC  $0.0366 \pm 0.0106$  ไมโครเมตร ส่วนวัสดุจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล มีดังนี้ กลุ่ม GS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0230 \pm 0.0047$  ไมโครเมตร กลุ่ม GC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0210 \pm 0.0045$  ไมโครเมตร และกลุ่ม GBC  $0.0281 \pm 0.0083$  ไมโครเมตร (ตาราง 7)

หลังจากทำการทดลองโดยแช่ในกาแฟเป็นเวลา 28 วัน ทำการวัดค่าความหยาบผิว ( $R_a$ ) ของวัสดุต่างๆ มีค่าเฉลี่ยดังนี้ สำหรับวัสดุกลุ่มฟิลเทกแซต 350 เอ็กซ์ที กลุ่ม ZS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0360 \pm 0.0088$  ไมโครเมตร กลุ่ม ZC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0341 \pm 0.0093$  ไมโครเมตร และกลุ่ม ZBC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0407 \pm 0.0093$  ไมโครเมตร สำหรับวัสดุกลุ่มฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิลมีดังนี้ กลุ่ม FS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0317 \pm 0.0079$  ไมโครเมตร กลุ่ม FC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0369 \pm 0.0090$  ไมโครเมตร และกลุ่ม FBC  $0.0355 \pm 0.0108$  ไมโครเมตร ส่วนวัสดุจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล มีดังนี้ กลุ่ม GS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0264 \pm 0.0054$  ไมโครเมตร กลุ่ม GC

มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.0231 \pm 0.0041$  ไมโครเมตร และกลุ่ม GBC  $0.0272 \pm 0.0074$  ไมโครเมตร (ตาราง 7)

ตาราง 7 แสดงค่าความหยาบผิวก่อนและหลังการทดลอง

ชนิดของเรซินคอมโพสิต / ชนิดของสารละลาย และการจำลองการแปรงฟัน	ระยะเวลาที่แช่ในสารละลาย		
	Mean $R_a \pm SD$ ( $\mu\text{m}$ )		
	ก่อนการทดลอง	หลังแช่สารละลาย 7 วัน	หลังแช่สารละลาย 28 วัน
<b>Filtek™ Z350XT</b>			
น้ำลายเทียม	$0.0300 \pm 0.0038^{Aa}$	$0.0304 \pm 0.0046^{Ba}$	$0.0341 \pm 0.0088^{Aa}$
กาแฟ	$0.0304 \pm 0.0058^{Aa}$	$0.0327 \pm 0.0091^{ABa}$	$0.0360 \pm 0.0093^{Aa}$
จำลองการแปรงฟันก่อนแช่ในกาแฟ	$0.0313 \pm 0.0034^{Aa}$	$0.0405 \pm 0.0077^{Aa}$	$0.0407 \pm 0.0093^{Aa}$
<b>Filtek™ Supreme Flowable</b>			
น้ำลายเทียม	$0.0294 \pm 0.0054^{Aa}$	$0.0290 \pm 0.0060^{Ab}$	$0.0317 \pm 0.0093^{Aa}$
กาแฟ	$0.0282 \pm 0.0063^{Ab}$	$0.0291 \pm 0.0068^{Aa}$	$0.0355 \pm 0.0111^{Aa}$
จำลองการแปรงฟันก่อนแช่ในกาแฟ	$0.0285 \pm 0.0053^{Aa}$	$0.0366 \pm 0.0109^{Ab}$	$0.0370 \pm 0.0120^{Aa}$
<b>G-aenial™ Universal Injectable</b>			
น้ำลายเทียม	$0.0256 \pm 0.0060^{Aa}$	$0.0230 \pm 0.0051^{Ab}$	$0.0265 \pm 0.0070^{Aa}$
กาแฟ	$0.0231 \pm 0.0061^{Ab}$	$0.0210 \pm 0.0045^{Aa}$	$0.0231 \pm 0.0050^{Aa}$
จำลองการแปรงฟันก่อนแช่ในกาแฟ	$0.0256 \pm 0.0057^{Aa}$	$0.0281 \pm 0.0106^{Ab}$	$0.0272 \pm 0.0088^{Aa}$

A,B,C ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ภายในวัสดุชนิดเดียวกัน

a,b,c ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างชนิดของวัสดุ

\* หมายถึงค่าความหยาบผิวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

### ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยาบผิวด้วยสถิติความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสามทาง (Three-way repeated ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสามทาง (Three-way repeated ANOVA) ของค่าความหยาบผิวพบว่า อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างกลุ่มวัสดุ x กลุ่มทดลอง x เวลา ไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P = 0.650$ , Partial  $\eta^2 = 0.064$ ) หรือกล่าวได้ว่าค่าความหยาบผิวของกลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่มในช่วง 0, 7 และ 28 วัน ของกลุ่มวัสดุทั้งสามกลุ่มมีความแตกต่างที่ไม่เท่ากัน (ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มทดลอง, เวลา, กลุ่มวัสดุ ที่ส่งผลต่อค่าความหยาบผิว) จึงทำการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมสองทางในขั้นตอนต่อไปซึ่งผลการศึกษพบว่า อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างทางกลุ่มวัสดุ x กลุ่มทดลองไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P = 0.646$ , Partial  $\eta^2 = 0.065$ ), อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างทางกลุ่มวัสดุ x เวลาถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P = 0.042$ , Partial  $\eta^2 = 0.271$ ), และอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างทางกลุ่มทดลอง x เวลาไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P = 0.059$ , Partial  $\eta^2 = 0.245$ ) (ตาราง 8)



ตาราง 8 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยابผิวด้วยสถิติความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสามทาง (Three-way repeated ANOVA)

	น้ำลายเทียม	กาแฟ	แปรงฟัน+ กาแฟ	P-value <sup>(a)</sup>
<b>Filtek™ Z350XT</b>				
ก่อนการทดลอง	0.0300±0.0038	0.0304±0.0058	0.0313±0.0034	0.485
หลังแปรงสารละลาย 7 วัน	0.0304±0.0046	0.0327±0.0091	0.0405±0.0077	0.016*
หลังแปรงสารละลาย 28 วัน	0.0360±0.0088	0.0341±0.0093	0.0407±0.0093	0.246
P-value <sup>(b)</sup>	0.081	0.543	0.022	
<b>Filtek™ Supreme Flowable</b>				
ก่อนการทดลอง	0.0294±0.0037	0.0282±0.0060	0.0285±0.0045	0.664
หลังแปรงสารละลาย 7 วัน	0.0290±0.0056	0.0291±0.0065	0.0366±0.0106	0.152
หลังแปรงสารละลาย 28 วัน	0.0317±0.0079	0.0369±0.0090	0.0355±0.0108	0.268
P-value <sup>(b)</sup>	0.457	0.109	0.023	
<b>G-aenial™ Universal Injectable</b>				
ก่อนการทดลอง	0.0256±0.0058	0.0230±0.0042	0.0256±0.0050	0.423
หลังแปรงสารละลาย 7 วัน	0.0230±0.0047	0.0210±0.0045	0.0281±0.0083	0.196
หลังแปรงสารละลาย 28 วัน	0.0264±0.0054	0.0231±0.0041	0.0272±0.0074	0.276
P-value <sup>(b)</sup>	0.210	0.323	0.558	
P-value <sup>(c)</sup> [0 day]	0.189	0.011*	0.031	
P-value <sup>(c)</sup> [7 days]	0.023	0.030	0.001*	
P-value <sup>(c)</sup> [28 days]	0.070	0.028	0.074	
<i>Interaction effect between resin x intervention x time P-value = 0.650, Partial <math>\eta^2 = 0.064</math></i>				
<i>Interaction effect between resin x intervention P-value = 0.646, Partial <math>\eta^2 = 0.065</math></i>				
<i>Interaction effect between resin x time P-value = 0.042<sup>#</sup>, Partial <math>\eta^2 = 0.271</math></i>				
<i>Interaction effect between intervention x time P-value = 0.059, Partial <math>\eta^2 = 0.245</math></i>				

ค่า P-value จากผลการวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มทดลอง(a), ระหว่างเวลา(b), ระหว่างกลุ่มวัสดุ(c) โดยใช้สถิติ Three-way repeated ANOVA

#มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\alpha=0.05$ )

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\alpha=0.05/3$ )

การวิเคราะห์หือทธิพลร่วมแยกย่อยซึ่งผลการศึกษาพบว่า ค่าความหยابผิวระหว่างกลุ่ม ZS,ZC และ ZBC ในช่วง 7 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ช่วง 7 วัน  $P=0.016$ ) ด้วยเหตุนี้จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ (Post-hoc test) ดังแสดงในตาราง 19 ขณะที่ค่าความหยابผิวระหว่างกลุ่ม (S, C และ BC) ในช่วง 0, 7 และ 28 วัน ของกลุ่มวัสดุฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที และจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P>0.05/3$ )

ค่าความหยابผิวเปรียบเทียบระหว่างช่วง 0, 7 และ 28 วัน ในกลุ่มที่แช่ในน้ำลายเทียม กลุ่มที่แช่ในกาแฟและกลุ่มที่จำลองการแปรงฟันก่อนนำไปแช่ในกาแฟของวัสดุทั้ง 3 ชนิดมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ( $P>0.05/3$ ) ด้วยเหตุนี้จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ดังแสดงในตาราง 20 ทุกรายคู่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P>0.05/3$ )

ค่าความหยابผิวเปรียบเทียบระหว่างชนิดของวัสดุ ZC, FC และ GC ในช่วง 0 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P=0.011$ ) และค่าความหยابผิวระหว่างกลุ่ม ZBC, FBC และ GBC ในช่วง 7 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $P=0.001$ ) ด้วยเหตุนี้จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ดังแสดงในตาราง 21 ขณะที่ค่าความหยابผิวระหว่างกลุ่ม ZS, FS และ GS ในช่วง 0, 7 และ 28 วัน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P>0.05/3$ )

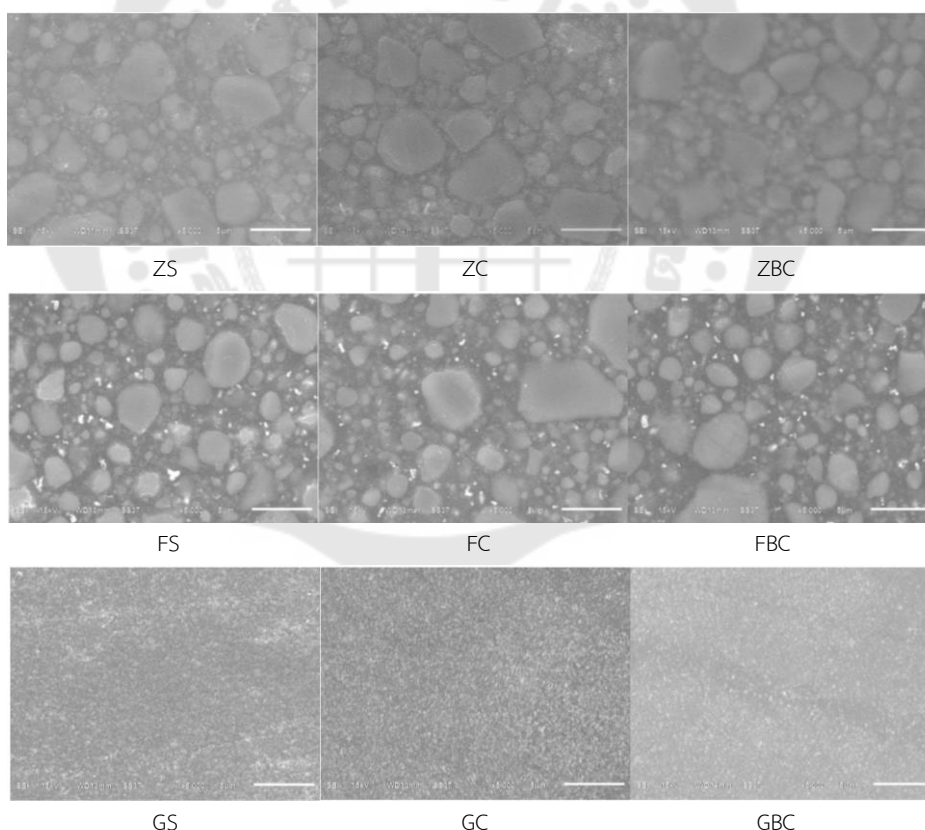
#### ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความหยابผิวด้วยสถิติทดสอบบอนเฟอโรนี (Bonferroni test)

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าความหยابผิวระหว่างชนิดของสารละลายและการแปรงฟัน (S,C,BC) ในช่วง 0, 7 และ 28 วัน จำแนกตามกลุ่มวัสดุ พบว่า ค่าความหยابผิวช่วง 7 วัน ในกลุ่ม ZBC สูงกว่ากลุ่ม ZS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\Delta=0.010$   $P=0.003$ ) (ตาราง 19)

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าความหยابผิวระหว่างกลุ่มวัสดุในช่วง 0, 7 และ 28 วัน จำแนกตามกลุ่มทดลอง พบว่า ค่าความหยابผิวช่วง 7 วัน ในกลุ่ม ZS สูงกว่ากลุ่ม GS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\Delta=0.007$   $P=0.005$ ) ค่าความหยابผิวช่วง 0 วัน ในกลุ่ม ZC สูงกว่ากลุ่ม GC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\Delta=0.007$   $P=0.002$ ) และค่าความหยابผิวช่วง 7 วัน ในกลุ่ม ZBC สูงกว่ากลุ่ม GBC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $\Delta=0.012$   $P<0.001$ ) (ตาราง 21)

### ผลการตรวจลักษณะและรูปร่างของเรซินคอมโพสิตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope)

เมื่อตรวจสอบลักษณะและรูปร่างของเรซินคอมโพสิตภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 5000 เท่าพบว่าวัสดุเรซินคอมโพสิตกลุ่มฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที่มีลักษณะของวัสดุอัดแทรกเป็นนาโนคลัสเตอร์มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ปะปนกัน เรซินคอมโพสิตฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิลมีลักษณะของวัสดุอัดแทรกเป็นนาโนคลัสเตอร์ใกล้เคียงกับฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที่ แต่จะมีส่วนของวัสดุอัดแทรกที่หลวมกว่าและมีส่วนของเรซินเมทริกซ์ที่เห็นได้ชัดเจนกว่า ในขณะที่วัสดุอัดแทรกของจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลมีลักษณะเป็นทรงกลม ขนาดใกล้เคียงกัน และกระจายตัวอยู่ในเรซินเมทริกซ์ในลักษณะที่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยวัสดุแต่ละกลุ่มที่แช่ในสารละลายที่แตกต่างกัน พบว่ามีลักษณะของวัสดุอัดแทรกไม่แตกต่างกัน (ภาพประกอบ 21)



ภาพประกอบ 21 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะของเรซินคอมโพสิตทั้ง 3 ชนิด หลังจากการแช่ในสารละลายและจำลองการแปรงฟัน (Z) ฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที่ (F) ฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล (G) จีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล (S) แช่ในน้ำลายเทียม (C) แช่ในกาแฟ (BC) แปรงฟัน + แช่ในกาแฟ

## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาถึงเสถียรภาพสี ค่าดัชนีความโปร่งแสง และความหยาบผิวของวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูง โดยการแช่ในสารละลายกาแฟที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน รวมถึงมีการทดลองภายใต้สภาวะการจำลองการแปรงฟัน ผลการทดลองพบว่าเรซินคอมโพสิตฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ทีกลุ่มที่มีการแช่ในกาแฟ และกลุ่มที่แปรงฟัน+แช่ในกาแฟมีค่าความต่างสีเท่ากับ 8.14 และ 7.56 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีมากกว่ากลุ่มฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ทีกลุ่มที่มีการแช่ในน้ำลายเทียมที่มีค่าเท่ากับ 0.74 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเรซินคอมโพสิตฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิลมีค่าความต่างสีกลุ่มที่มีการแช่ในกาแฟ และกลุ่มที่แปรงฟัน+แช่ในกาแฟมีค่าความต่างสีเท่ากับ 3.56 และ 3.48 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีมากกว่ากลุ่มฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิลกลุ่มที่มีการแช่ในน้ำลายเทียมที่มีค่าเท่ากับ 0.48 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งค่า  $\Delta E$  ที่มีค่ามากกว่า 3.3 เป็นค่าที่มนุษย์สามารถรับรู้ถึงความแตกต่างของสีในทางคลินิกได้อย่างชัดเจน<sup>(75)</sup> ในขณะที่กลุ่มเรซินคอมโพสิตจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลที่แช่ในกาแฟ และกลุ่มที่แปรงฟัน+แช่ในกาแฟมีค่า  $\Delta E$  เท่ากับ 1.24 และ 1.84 ตามลำดับ ซึ่งค่า  $\Delta E$  อยู่ในช่วง 1 ถึง 3.3 ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ในทางคลินิก<sup>(75)</sup> ส่วนกลุ่มจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลที่แช่ในน้ำลายเทียมมีค่า  $\Delta E$  เท่ากับ 0.84 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว กลุ่มเรซินคอมโพสิตจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลที่แช่ในกาแฟมีค่าความต่างสีไม่แตกต่างจากกลุ่มจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลที่แช่ในน้ำลายเทียม และกลุ่มเรซินคอมโพสิตจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลที่แช่ในกาแฟมีค่าความต่างสีไม่แตกต่างจากกลุ่มจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลที่แปรงฟัน+แช่ในกาแฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานงานวิจัยที่ว่าเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูงมีค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างจากแพ็คแคเบิลเรซินคอมโพสิตหลังจากจำลองการแปรงฟันและแช่ในกาแฟ

ผลการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีความโปร่งแสงพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 28 วัน ค่าดัชนีความโปร่งแสงของจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ทีและฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิลมีเพียงกลุ่มที่แช่ในน้ำลายเทียมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานงานวิจัยที่ว่าเรซินคอม

โพลีตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูงมีค่าดัชนีความโปร่งแสงที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างจากแพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต หลังจากจำลองการแปร่งฟันและแช่ในกาแฟ

ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความหยาบผิวพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 28 วัน ฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที ฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล และจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานงานวิจัยที่ว่าเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูงมีค่าดัชนีความโปร่งแสงที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างจากแพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต หลังจากจำลองการแปร่งฟันและแช่ในกาแฟ

### อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงเสถียรภาพสี ค่าดัชนีโปร่งแสง และความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูง ได้แก่ จีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิล เปรียบเทียบกับแพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิต และเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ ได้แก่ ฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที และฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล ตามลำดับ หลังการแช่ในกาแฟ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน ภายใต้สภาวะการจำลองการแปร่งฟัน พบว่า แพ็กแคเบิลเรซินคอมโพสิตและเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ของเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้แบบวัสดุอัดแทรกสูงไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เสถียรภาพสีของเรซินคอมโพสิตมีศึกษาในห้องปฏิบัติการในหลายการศึกษา การเปลี่ยนแปลงสีของวัสดุทันตกรรมสามารถวัด 2 วิธี ได้แก่ แบบใช้สายตาและแบบใช้เครื่องมือ<sup>(71)</sup> การวัดค่าสีโดยใช้เครื่องมือช่วยหลีกเลี่ยงอคติจากการวัดด้วยสายตามนุษย์ และสามารถทำซ้ำได้ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดสี ได้แก่ การวัดด้วยคัลลอริมิเตอร์ การวัดด้วยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และการวิเคราะห์ด้วยภาพดิจิทัล เครื่องสเปคโตรเจตเป็นเครื่องสเปคโตรมิเตอร์ที่วิเคราะห์สีจากภาพดิจิทัลร่วมกับสเปคโตรโฟโตมิเตอร์แอลอีดีซึ่งเชื่อถือได้ในการใช้วัดวัสดุทางทันตกรรม<sup>(79)</sup> ระบบสี CIEL\*a\*b\* เป็นระบบสีที่ใช้ในงานวิจัยนี้เนื่องจากเป็นระบบสีที่สร้างจากพื้นฐานสีที่สายตามนุษย์มองเห็น<sup>(106, 107)</sup> ค่าที่วัดได้จะออกมาเป็นค่า L\* a\* และ b\* คำนวณออกมาเป็นค่า  $\Delta E$  หากค่า  $\Delta E$  น้อยกว่า 1 สายตาของมนุษย์จะไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีได้ หากค่า  $\Delta E$  อยู่ระหว่าง 1 ถึง 3.3 จะสามารถรับรู้ถึงความแตกต่างของสีได้ด้วยเพียงสายตาของทันตแพทย์ ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ในทางคลินิก ส่วนค่า  $\Delta E$  ที่มากกว่า 3.3 หมายถึงสายตาของบุคคลทั่วไปสามารถรับรู้ถึงความแตกต่างของสีได้ จึงเป็นค่าที่ไม่ยอมรับในทางคลินิก<sup>(75)</sup> ในการศึกษาในกลุ่มเรซินคอมโพสิตฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ทีกลุ่มที่มีการแช่ในกาแฟ และกลุ่มที่แปร่งฟัน+แช่ในกาแฟมี



ค่า  $\Delta E$  เกิน 3.3 สอดคล้องกับการศึกษาของรัตนโกคา และคณะที่เรซินคอมโพสิตฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที่มีค่าความต่างสีที่เกิน 3.3<sup>(108)</sup> ในขณะที่จีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลทุกกลุ่มมีค่าความต่างสีที่ยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ในทางคลินิก

เสถียรภาพสีของเรซินคอมโพสิตขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ยกตัวอย่างเช่น ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุ ความลึกของวัสดุที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ขั้นตอนการขัดเรียบและขัดเงา และสารติดสี (Coloring agent)<sup>(109)</sup> วัสดุอัดแทรกส่งผลโดยตรงต่อความไวในการติดสีจากสารสีจากภายนอก<sup>(17, 106)</sup> ปฏิกิริยาไฮเลนไนเซชันของวัสดุอัดแทรกที่ทำเพื่อรวมส่วนวัสดุอัดแทรกและส่วนเรซินเมทริกซ์เข้าด้วยกันมีความสำคัญอย่างมาก<sup>(32)</sup> โดยไฮเลนจะไปสร้างพันธะเคมีระหว่างของวัสดุอัดแทรกกับเรซินเมทริกซ์โดยจับกับหมู่ซิลิกอน-ออกซิเจนของวัสดุอัดแทรกด้วยหมู่ไฮลาบอล และจับกับหมู่เมทาคริเลตของเรซินด้วยหมู่ไวนิล เรซินคอมโพสิตที่มีการเคลือบวัสดุอัดแทรกด้วยไฮเลนจะมีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น ได้แก่ ความแข็งแรงกด ความแข็งแรงดัดขวาง ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ที่มากขึ้น รวมถึงมีร้อยละการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ที่มากขึ้น เมื่อเทียบกับเรซินคอมโพสิตที่ไม่ได้เคลือบวัสดุอัดแทรกด้วยไฮเลน<sup>(32)</sup> ปริมาณของไฮเลนมีผลมาจากรูปร่างและปริมาณของวัสดุอัดแทรก ปริมาณวัสดุอัดแทรกที่สูงร่วมกับขนาดของวัสดุอัดแทรกที่เล็ก ปริมาณของไฮเลนที่เคลือบบนวัสดุอัดแทรกจะมาก ใกล้เคียงกับปริมาณของมอนอเมอร์ในเรซินคอมโพสิต<sup>(33, 34)</sup> วัสดุอัดแทรกของจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลประกอบด้วยซิลิกา และแก้วแบเรียมขนาด 150 นาโนเมตร ปริมาณร้อยละ 69 โดยมวล เชื่อมกับเรซินเมทริกซ์ด้วยไฮเลนด้วยเทคโนโลยี Full-coverage silane coating ซึ่งทำให้มีบริเวณที่วัสดุอัดแทรกไม่ถูกเคลือบด้วยไฮเลนลดลงอย่างมาก และเป็นผลให้มีการดูดซึมน้ำเข้าไปยังบริเวณพื้นผิวระหว่างเรซินเมทริกซ์และวัสดุอัดแทรกลดลง<sup>(110)</sup> ในขณะที่ฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ทีและฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล ประกอบด้วยวัสดุอัดแทรก ซิลิกา และเซอร์โคเนียขนาด ระดับนาโนเมตร รวมอยู่กับนาโนคลัสเตอร์ของเซอร์โคเนียและซิลิกา ที่มีขนาดหลากหลาย การเตรียมวัสดุอัดแทรกของเรซินคอมโพสิตทั้งสองชนิดเป็นการเตรียมวัสดุอัดแทรกแบบแอกโกลเมอเรตเตด (Agglomerated filler) คิดเป็นร้อยละ 90 ของวัสดุอัดแทรกทั้งหมด ซึ่งทนต่อการติดสีน้อยกว่าแบบเซอร์โคเนีย-ซิลิกา<sup>(69)</sup>

การศึกษาก่อนหน้าในการทดสอบเสถียรภาพสีของวัสดุหลายการศึกษาที่พบว่า กาแฟทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของเรซินคอมโพสิตมากที่สุด<sup>(111, 112)</sup> โดยกาแฟมีส่วนประกอบของสารสี (Chromogens) เป็นสารสีเหลืองที่มีขั้วต่ำ และมีความสามารถในการจับกับพอลิเมอร์ ทำให้เกิดการดูดซับ (Adsorption) บริเวณพื้นผิว และดูดซึม (Absorption) สีไปยังเรซินเมทริกซ์ภายในของวัสดุได้<sup>(14, 111)</sup> ส่วนของเรซินเมทริกซ์ของเรซินคอมโพสิตจึงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อเสถียรภาพสี

ของวัสดุเรซินคอมโพสิต จีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลมีส่วนประกอบของบิส-อีเอ็มเอซึ่งเป็นมอนอเมอร์ที่มีการดูดซึ่มและการละลายน้ำน้อยกว่ามอนอเมอร์บิส-จีเอ็มเอเนื่องจากไม่มีหมู่ไฮดรอกซิล ไม่ชอบน้ำ ดูดซึ่มน้ำน้อย<sup>(19, 113)</sup> ในขณะที่ฟิลเทกแซด 350 เอ็กซีทีและฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิลมีส่วนประกอบบิส-จีเอ็มเอ บิส-อีเอ็มเอ และทีอีจีดีเอ็มเอ ซึ่งบิส-จีเอ็มเอเป็นมอนอเมอร์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่ มีความหนืดสูง ยิ่งไปกว่านั้นยังมีการเติมทีอีจีดีเอ็มเอซึ่งชอบน้ำลงในเรซินคอมโพสิตทั้ง 2 ชนิด เพื่อลดความหนืดของวัสดุ<sup>(107, 114)</sup> มีการศึกษาที่พบว่า การเติมทีอีจีดีเอ็มเอลงในเรซินคอมโพสิตที่มีมอนอเมอร์หลักเป็นบิสจีเอ็มเอจากสัดส่วนบิสจีเอ็มเอต่อทีอีจีดีเอ็มเอเท่ากับ 0 เป็น 1 ทำให้เรซินคอมโพสิตมีการดูดซึ่มน้ำเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3 เป็นร้อยละ 6<sup>(53, 111)</sup> ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้จีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีที่น้อยกว่าฟิลเทกแซด 350 เอ็กซีทีและฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล

จากการศึกษาก่อนหน้า การแช่ชิ้นตัวอย่างในกาแฟเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเทียบเท่ากับการจำลองการดื่มกาแฟเป็นเวลา 1 เดือน<sup>(69)</sup> เนื่องจากมีการสำรวจที่พบว่าการดื่มกาแฟ 1 แก้ว ใช้เวลาเฉลี่ย 15 นาที และในหมูนึกดื่มกาแฟเฉลี่ยดื่มกาแฟวันละ 3.2 แก้ว<sup>(67)</sup> เท่ากับว่ามีการสัมผัสของกาแฟและช่องปากเป็นเวลา 48 นาทีใน 1 วัน ดังนั้นการแช่ชิ้นตัวอย่างในกาแฟ 1 วัน เท่ากับการรับประทานกาแฟ 30 วัน ดังนั้นในการศึกษานี้การแช่ชิ้นตัวอย่างในกาแฟเป็นเวลา 7 และ 28 วัน จึงสอดคล้องกับการจำลองระยะเวลาในช่องปากเป็นเวลา 7 และ 28 เดือนตามลำดับ Awliya และคณะได้ทำการศึกษาถึงผลของการใช้กาแฟชนิดต่าง ๆ ในการทดสอบเสถียรภาพสีของเรซินคอมโพสิต ได้แก่ กาแฟอเมริกาโน่ กาแฟอาราบิก้า กาแฟตุรกี กาแฟเอสเปรสโซ่ พบว่ากาแฟเอสเปรสโซ่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมากที่สุด ตามมาด้วยกาแฟตุรกี กาแฟอเมริกาโน่ และกาแฟอาราบิก้า สีที่เข้มและความเข้มขึ้นของกาแฟมีผลต่อการเปลี่ยนสีของวัสดุ กาแฟที่มีส่วนประกอบของน้ำมากกว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีวัสดุน้อยกว่า<sup>(68)</sup>

นอกจากนี้ผลจากการแปรงฟันก็มีผลต่อคุณภาพในการบูรณะด้วยเช่นกัน เนื่องจากทำให้ความหยาบผิวของวัสดุเรซินคอมโพสิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ<sup>(16)</sup> ซึ่งส่งผลต่อเสถียรภาพสีของเรซินคอมโพสิต<sup>(17)</sup> การแปรงฟันทำให้เกิดการสึกของวัสดุเรซินคอมโพสิตที่เรียกว่าการสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive wear)<sup>(90)</sup> โดยเกิดในลักษณะที่มีการสีของส่วนเรซินเมทริกซ์อย่างซ้ำๆ และเหลือส่วนของวัสดุอัดแทรกไว้โดยไม่มีเรซินเมทริกซ์ล้อมรอบ เป็นผลให้มีโอกาสที่จะเกิดการหลุดของวัสดุอัดแทรกได้<sup>(115)</sup> หากเรซินคอมโพสิตมีวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่ เมื่อเกิดการหลุดออก จะทำให้ผิววัสดุเกิดความขรุขระ ในขณะที่หากเรซินคอมโพสิตมีวัสดุอัดแทรกขนาดเล็ก วัสดุจะมีความทนทานต่อการสีที่มากกว่า ซึ่งอาจจะสัมพันธ์กับช่องว่างระหว่างวัสดุอัดแทรกที่จะแปรผันตามกับ

ขนาดของวัสดุอุดแทรก<sup>(116)</sup> ทั้งนี้สมบัติการต้านทานต่อความสึกของเรซินคอมโพสิตยังเป็นที่ถกเถียงกัน การศึกษาของ Cha และคณะพบว่าอัตราการสึกกับขนาดของวัสดุอุดแทรกมีความสัมพันธ์ระหว่างกันน้อย และคาดว่าเรซินเมทริกซ์ และสารเชื่อมติดมีผลต่อการสึกของวัสดุ<sup>(117)</sup> สอดคล้องกับการศึกษาของ Lazaridou และคณะพบว่าปริมาณกับขนาดของวัสดุอุดแทรกและความต้านทานต่อการสึกไม่มีความสัมพันธ์กัน<sup>(118)</sup> ซึ่งอาจมาจากปริมาณของวัสดุอุดแทรกโดยมวลของเรซินคอมโพสิตมีการประเมินปริมาณที่สูงเกินจริง ดังนั้นความต้านทานต่อการสึกของเรซินคอมโพสิต ไม่เพียงมีผลมาจากขนาดและปริมาณของวัสดุอุดแทรกเพียงอย่างเดียว แต่มีผลมาจากส่วนประกอบของเรซินเมทริกซ์และสารเชื่อมติดไซเลน ซึ่งช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่างวัสดุอุดแทรกและเรซินเมทริกซ์ด้วย ในการศึกษาี้หลังจากการจำลองการแปร่งฟันขึ้นตัวอย่างก่อนการแช่ในกาแฟเป็นเวลา 28 วัน พบว่าความหยาบผิวของฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที และฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิล และจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลไม่พบการเปลี่ยนแปลงค่าความหยาบผิวอย่างมีนัยสำคัญในทุกกลุ่ม อย่างไรก็ตามค่าความหยาบผิวของจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลที่แปร่งฟันก่อนแช่ในกาแฟ 7 วัน มีค่าน้อยกว่าฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่จีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลมีปริมาตรของวัสดุอุดแทรกที่มากขึ้นร่วมกับขนาดของวัสดุอุดแทรกที่เล็ก ทำให้มีช่องว่างระหว่างวัสดุอุดแทรกน้อย เกิดเป็นลักษณะที่มีการป้องกันการสึกของเรซินเมทริกซ์ภายในช่องว่าง<sup>(118)</sup> ร่วมกับการมีการเชื่อมติดด้วยเทคโนโลยี Full-coverage silane coating และมีการกระจายตัวของวัสดุอุดแทรกที่มีขนาดเล็กดังที่กล่าวไปข้างต้น ทำให้มีวัสดุอุดแทรกหลุดออกได้น้อย และมีความหยาบผิวที่เกิดขึ้นหลังการแปร่งฟันที่น้อยกว่าเรซินคอมโพสิตฟิลเทกแซด 350 เอ็กซ์ที

การเปลี่ยนแปลงสีของวัสดุเรซินคอมโพสิตสัมพันธ์กับหลายปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น ในการศึกษาี้จีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลมีเสถียรภาพสีดีที่สุด เพราะมีองค์ประกอบเป็นมอนอเมอร์บิส-อีเอ็มเอ ร่วมกับมีวัสดุอุดแทรกที่มีการเตรียมผิวด้วยไซเลนที่ครอบคลุมพื้นผิวของวัสดุอุดแทรกได้มาก ในขณะที่ฟิลเทกซูพรีม โพลเอเบิลมีเสถียรภาพสีน้อยที่สุดจากการมีส่วนประกอบเป็นบิส-จีเอ็มเอ และทีอีจีดีเอ็มเอ มีการเตรียมวัสดุอุดแทรกแบบเอกโกลเมอร์เรตเตด รวมถึงปริมาณของวัสดุอุดแทรกที่น้อย ด้วยเหตุนี้การวางแผนการรักษาและเลือกวัสดุบูรณะโดยเฉพาะในบริเวณที่ต้องการความสวยงาม ควรคำนึงถึงชนิดและส่วนประกอบของเรซินคอมโพสิตที่จะมีผลต่อเสถียรภาพสีของวัสดุ รวมถึงพฤติกรรมกรบรีโกลครื่องดื่มของผู้ป่วย เพื่อให้วัสดุบูรณะมีคุณภาพที่ดีและคงเสถียรภาพสีอยู่ได้นาน

### ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งอาจไม่สามารถจำลองสภาวะจริงภายในช่องปากได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากการศึกษานี้ทำการแช่ชิ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอกในกาแฟภายใต้อุณหภูมิคงที่ 37 องศาเซลเซียส ในขณะที่สภาวะจริงภายในช่องปากนั้น โพรงฟันในทางคลินิกมีลักษณะที่แตกต่างจากชิ้นตัวอย่าง อาจมีการสัมผัสกับอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดอื่นๆ ในลักษณะที่แตกต่างออกไปตามพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้ป่วยแต่ละราย รวมถึงมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอาหารขณะรับประทาน นอกจากนี้ยังมีน้ำลายที่ช่วยในการเจือจางของเครื่องดื่มและการบัพเฟอรักรด-ต่าง ซึ่งทำให้การติดสีของคอมโพสิตต้องใช้เวลาานานขึ้น อาจมีผลต่อการติดสีของวัสดุ ดังนั้นในอนาคตจึงควรมีการศึกษาถึงเสถียรภาพสีของวัสดุเรซินคอมโพสิตเพิ่มเติมในทางคลินิกต่อไป



## บรรณานุกรม

1. Bowen R. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. The Journal of the American Dental Association. 1963;66(1):57-64.
2. Zhou X, Huang X, Li M, Peng X, Wang S, Zhou X, et al. Development and status of resin composite as dental restorative materials. Journal of Applied Polymer Science. 2019;136(44):48180.
3. Shen C, Rawls HR, Esquivel-Upshaw JF. Phillips' science of dental materials e-book. Elsevier Health Sciences; 2021.
4. Baroudi K, Rodrigues JC. Flowable resin composites: A systematic review and clinical considerations. Journal of clinical and diagnostic research. 2015;9(6):ZE18.
5. Sadeghi M, Lynch CD. The effect of flowable materials on the microleakage of class ii composite restorations that extend apical to the cemento-enamel junction. Operative Dentistry. 2009;34(3):306-11. eng. 2009/06/24.
6. Baroudi K, Saleh AM, Silikas N, Watts DC. Shrinkage behaviour of flowable resin-composites related to conversion and filler-fraction. Journal of Dentistry. 2007;35(8):651-5.
7. Bayne SC, Thompson JY, Swift Jr EJ, Stamatiades P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. The Journal of the American Dental Association. 1998;129(5):567-77.
8. Kitasako Y, Sadr A, Burrow M, Tagami J. Thirty-six month clinical evaluation of a highly filled flowable composite for direct posterior restorations. Australian dental journal. 2016;61(3):366-73.
9. Gestakovski D. The injectable composite resin technique: Minimally invasive reconstruction of esthetics and function. Clinical case report with 2-year follow-up. QUINTESSENCE INTERNATIONAL. 2019;50(9):712-9.
10. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. Dental Materials. 2003;19(1):12-8.

11. Güler AU, Güler E, Yücel AÇ, Ertaş E. Effects of polishing procedures on color stability of composite resins. *Journal of Applied Oral Science*. 2009;17:108-12.
12. Janda R, Roulet JF, Latta M, Steffin G, Rüttermann S. Color stability of resin-based filling materials after aging when cured with plasma or halogen light. *European journal of oral sciences*. 2005;113(3):251-7. eng. 2005/06/15.
13. Yazici AR, Celik C, Dayangaç B, Özgünaltay G. The effect of curing units and staining solutions on the color stability of resin composites. *Operative dentistry*. 2007;32(6):616-22.
14. Poggio C, Vialba L, Berardengo A, Federico R, Colombo M, Beltrami R, et al. Color stability of new esthetic restorative materials: A spectrophotometric analysis. *Journal of functional biomaterials*. 2017;8(3):26.
15. Nair SR, Niranjana NT, Jayasheel A, Suryakanth DB. Comparative evaluation of colour stability and surface hardness of methacrylate based flowable and packable composite-in vitro study. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2017;11(3):ZC51.
16. Oliveira GUd, Mondelli RFL, Charantola Rodrigues M, Franco EB, Ishikiriama SK, Wang L. Impact of filler size and distribution on roughness and wear of composite resin after simulated toothbrushing. *Journal of applied oral science*. 2012;20:510-6.
17. Lu H, Roeder LB, Lei L, Powers JM. Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2005;17(2):102-8.
18. . Dental composite resin: A review. *AIP Conference Proceedings*; 2019: AIP Publishing LLC.
19. Gajewski VE, Pfeifer CS, Fróes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR. Monomers used in resin composites: Degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. *Brazilian dental journal*. 2012;23:508-14.
20. Pereira SG, Nunes TG, Kalachandra S. Low viscosity dimethacrylate comonomer compositions [bis-gma and ch3bis-gma] for novel dental composites; analysis of

- the network by stray-field mri, solid-state nmr and dsc & ftir. *Biomaterials*. 2002;23(18):3799-806.
21. Gc america inc. G-ænial™ Universal Injectable Brochure; 2021 [2021 Oct 16].  
[https://www.gcamerica.com/collateral/GCA\\_G-aenial\\_Universal\\_Injectable\\_Bro.pdf](https://www.gcamerica.com/collateral/GCA_G-aenial_Universal_Injectable_Bro.pdf)
22. Filtektm z350 xt technical product profile. 2021 [2021 Oct 16].  
<https://multimedia.3m.com/mws/media/6315470/filtek-z350-xt-technical-product-profile.pdf>
23. National center for biotechnology information (2021). Pubchem compound summary for cid 100990769. Retrieved october 16, 2021.
24. Aminoroaya A, Neisiany RE, Khorasani SN, Panahi P, Das O, Madry H, et al. A review of dental composites: Challenges, chemistry aspects, filler influences, and future insights. *Composites Part B: Engineering*. 2021:108852.
25. Venhoven B, De Gee A, Werner A, Davidson C. Influence of filler parameters on the mechanical coherence of dental restorative resin composites. *Biomaterials*. 1996;17(7):735-40.
26. Kim KH, Ong JL, Okuno O. The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2002;87(6):642-9. eng. 2002/07/20.
27. Alzraikat H, Burrow MF, Maghaireh GA, Taha NA. Nanofilled resin composite properties and clinical performance: A review. *Operative dentistry*. 2018;43(4):E173-e90. eng. 2018/03/24.
28. Ilie N, Hickel R. Resin composite restorative materials. *Australian dental journal*. 2011;56:59-66.
29. Randolph LD, Palin WM, Leloup G, Leprince JG. Filler characteristics of modern dental resin composites and their influence on physico-mechanical properties. *Dental Materials*. 2016;32(12):1586-99.
30. Curtis AR, Shortall AC, Marquis PM, Palin WM. Water uptake and strength characteristics of a nanofilled resin-based composite. *Journal of Dentistry*. 2008;36(3):186-93.

31. Kournetas N. Impact of artificial ageing process on the wear resistance of dental materials. 2003.
32. Karakaş Aydınoglu A, Hazar Yoruç A. Effects of silane-modified fillers on properties of dental composite resin. *Materials Science and Engineering: C*. 2017;79.
33. Bayne S. Our future in restorative dental materials. *Journal of esthetic dentistry*. 2000;12:175-83.
34. Sabbagh J, Ryelandt L, Bachérius L, Biebuyck JJ, Vreven J, Lambrechts P, et al. Characterization of the inorganic fraction of resin composites. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2004;31(11):1090-101. eng. 2004/11/05.
35. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: A literature review. *Brazilian Oral Research*. 2017;31(suppl 1):e61. eng. 2017/09/14.
36. Albuquerque P, Bertolo M, Cavalcante L, Pfeifer C, Schneider LF. Degree of conversion, depth of cure, and color stability of experimental dental composite formulated with camphorquinone and phenanthrenequinone photoinitiators. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2015;27.
37. Stansbury J. Curing dental resins and composites by photopolymerization. *Journal of esthetic dentistry*. 2000;12:300-8.
38. Albuquerque PP, Moreira AD, Moraes RR, Cavalcante LM, Schneider LF. Color stability, conversion, water sorption and solubility of dental composites formulated with different photoinitiator systems. *Journal of Dentistry*. 2013;41 Suppl 3:e67-72. eng. 2012/12/12.
39. Ikemura K, Ichizawa K, Yoshida M, Ito S, Endo T. Uv-vis spectra and photoinitiation behaviors of acylphosphine oxide and bisacylphosphine oxide derivatives in unfilled, light-cured dental resins. *Dental materials journal*. 2008;27:765-74.
40. Brandt WC, Schneider LF, Frollini E, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Effect of different photo-initiators and light curing units on degree of conversion of composites. *Brazilian Oral Research*. 2010;24(3):263-70. eng. 2010/09/30.



41. Silami FD, Mundim FM, Garcia Lda F, Sinhoreti MA, Pires-de-Souza Fde C. Color stability of experimental composites containing different photoinitiators. *Journal of Dentistry*. 2013;41 Suppl 3:e62-6. eng. 2012/10/24.
42. Zimmerli B, Strub M, Jeger F, Stadler O, Lussi A. Composite materials: Composition, properties and clinical applications. A literature review. *Schweiz Monatschr Zahnmed*. 2010;120(11):972-86. eng,ger. 2011/01/19.
43. Attar N, Tam LE, McComb D. Flow, strength, stiffness and radiopacity of flowable resin composites. *Journal of the Canadian Dental Association*. 2003;69(8):516-21. eng. 2003/09/05.
44. Jafarzadeh M, Malekafzali B, Tadayon N, Fallahi S. Retention of a flowable composite resin in comparison to a conventional resin-based sealant: One-year follow-up. *Journal of Dentistry (Tehran)*. 2010;7(1):1-5. eng. 2010/03/31.
45. Attar N, Tam LE, McComb D. Flow, strength, stiffness and radiopacity of flowable resin composites. *Journal-Canadian Dental Association*. 2003;69(8):516-21.
46. Dukić W, Majić M, Prica N, Oreški I. Clinical evaluation of flowable composite materials in permanent molars small class i restorations: 3-year double blind clinical study. *Materials (Basel)*. 2021;14(15). eng. 2021/08/08.
47. Karaman E, Yazici AR, Ozgunaltay G, Dayangac B. Clinical evaluation of a nanohybrid and a flowable resin composite in non-cariou cervical lesions: 24-month results. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2012;14(5):485-92.
48. Shaalan OO, Abou-Auf E, El Zoghby AF. Clinical evaluation of flowable resin composite versus conventional resin composite in carious and noncarious lesions: Systematic review and meta-analysis. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2017;20(6):380.
49. Pearson GJ, Longman CM. Water sorption and solubility of resin-based materials following inadequate polymerization by a visible-light curing system. *Journal of Oral Rehabilitation*. 1989;16(1):57-61. eng. 1989/01/01.
50. Satou N, Khan AM, Matsumae I, Satou J, Shintani H. In vitro color change of composite-based resins. *Dental Materials*. 1989;5(6):384-7. eng. 1989/11/01.

51. Topcu FT, Sahinkesen G, Yamanel K, Erdemir U, Oktay EA, Ersahan S. Influence of different drinks on the colour stability of dental resin composites. *European journal of dentistry*. 2009;3(01):50-6.
52. Mundim FM, Garcia Lda F, Pires-de-Souza Fde C. Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites. *Journal of Applied Oral Science*. 2010;18(3):249-54. eng. 2010/09/22.
53. Kalachandra S, Turner DT. Water sorption of polymethacrylate networks: Bis-gma/tegdm copolymers. *Journal of Biomedical Materials Research*. 1987;21(3):329-38. eng. 1987/03/01.
54. Khokhar ZA, Razzoog ME, Yaman P. Color stability of restorative resins. *Quintessence international*. 1991;22(9):733-7. eng. 1991/09/01.
55. Ruyter I, Nilner K, Möller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dental Materials*. 1987;3(5):246-51.
56. Manojlovic D, Dramićanin MD, Lezaja M, Pongprueksa P, Van Meerbeek B, Miletic V. Effect of resin and photoinitiator on color, translucency and color stability of conventional and low-shrinkage model composites. *Dental Materials*. 2016;32(2):183-91. eng. 2016/01/09.
57. Hadis MA, Shortall AC, Palin WM. Competitive light absorbers in photoactive dental resin-based materials. *Dental Materials*. 2012;28(8):831-41.
58. de Gee AJ, ten Harkel-Hagenaar E, Davidson CL. Color dye for identification of incompletely cured composite resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1984;52(5):626-31.
59. Al Kheraif AA, Qasim SS, Ramakrishnaiah R, Ihtesham ur R. Effect of different beverages on the color stability and degree of conversion of nano and microhybrid composites. *Dental Materials Journal*. 2013;32(2):326-31. eng. 2013/03/30.
60. Al-kheraif AA. Effects of curing units and staining solutions on the color susceptibility of a microhybrid composite resin. *Journal of Dental Sciences*. 2011;6(1):33-40.
61. da Silva TM, da Silva NY, Gonçalves LL, Alves LP, Fernandes AU, Gonçalves SEP. Staining beverages and cigarette smoke on composite resin and human tooth

- fluorescence by direct spectrometry. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2017;18(5):352-7. eng. 2017/05/18.
62. Khosravi M, Esmaeili B, Nikzad F, Khafri S. Color stability of nanofilled and microhybrid resin-based composites following exposure to chlorhexidine mouthrinses: An in vitro study. *Journal of Dentistry (Tehran)*. 2016;13(2):116.
63. Albers HF. *Tooth-colored restoratives: Principles and techniques*. PMPH-USA; 2002.
64. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' science of dental materials*. Elsevier Health Sciences; 2012.
65. Svizero NdR, GÓES ARCGd, Bueno TdL, Di Hipolito V, Wang L, D'ALPINO PHP. Micro-sized erosions in a nanofilled composite after repeated acidic beverage exposures: Consequences of clusters dislodgments. *Journal of Applied Oral Science*. 2014;22:373-81.
66. Abuelenain D, Abou Neel E, Aldharrab A. Surface and mechanical properties of different dental composites. *Austin Journal of Dentistry*. 2015;2015;2(2): 1019:1019-21.
67. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2005;94(2):118-24. eng. 2005/07/28.
68. Awliya W, Al-Alwani D, Gashmer E, Al-Mandil H. The effect of commonly used types of coffee on surface microhardness and color stability of resin-based composite restoration. *The Saudi Dental Journal*. 2010;22:177-81.
69. Ertas E, Uuml, Ler AU, Uuml, Cel A, Ccedil, et al. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dental Materials Journal*. 2006;25(2):371-6.
70. Um CM, Ruyter I. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence international*. 1991;22(5).
71. Agrawal V, Kapoor S. Color and shade management in esthetic dentistry. *Universal Research Journal of Dentistry*. 2013;3(3):120-7.

72. Della Bona A, Barrett AA, Rosa V, Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: Three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dental Materials Journal*. 2009;25(2):276-81. eng. 2008/11/21.
73. Ragain JC. A review of color science in dentistry: Colorimetry and color space. *Journal of Dental Health, Oral Disorders & Therapy*. 2016;4(1):1-5.
74. Todorović A, Todorović A, Špadijer-Gostović A, Lazić V, Miličić B, Đurišić S. Reliability of conventional shade guides in teeth color determination. *Vojnosanitetski pregled*. 2013;70(10):929-34.
75. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dental Materials*. 2004;20(6):530-4.
76. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of dentistry*. 2010;38:e2-e16.
77. Ivan R, Rade P. Color measuring instruments. *Acta Stomatologica Naissi*. 2009;25(60).
78. Kim H-K. Evaluation of the repeatability and matching accuracy between two identical intraoral spectrophotometers: An in vivo and in vitro study. *The journal of advanced prosthodontics*. 2018;10(3):252-8.
79. 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.
80. Sulaiman TA, Rodgers B, Suliman AA, Johnston WM. Color and translucency stability of contemporary resin-based restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33(6):899-905.
81. Ryan E-A, Tam LE, McComb D. Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials. *Journal (Canadian Dental Association)*. 2010;76:a84-a.
82. Salas M, Lucena C, Herrera LJ, Yebra A, Della Bona A, Pérez MM. Translucency thresholds for dental materials. *Dental Materials*. 2018;34(8):1168-74.
83. McCabe JF, Molyvda S, Rolland SL, Rusby S, Carrick TE. Two-and three-body wear of dental restorative materials. *International Dental Journal*. 2002;52:406-16.

84. Nihei T, Dabanoglu A, Teranaka T, Kurata S, Ohashi K, Kondo Y, et al. Three-body-wear resistance of the experimental composites containing filler treated with hydrophobic silane coupling agents. *Dental Materials*. 2008;24(6):760-4. eng. 2007/10/30.
85. Mair LH, Stolarski TA, Vowles RW, Lloyd CH. Wear: Mechanisms, manifestations and measurement. Report of a workshop. *Journal of Dentistry*. 1996;24(1-2):141-8. eng. 1996/01/01.
86. Dionysopoulos D, Gerasimidou O. Wear of contemporary dental composite resin restorations: A literature review. *Restor Dent Endod*. 2021;46(2):e18-e. eng.
87. Cavalcante LM, Masouras K, Watts DC, Pimenta LA, Silikas N. Effect of nanofillers' size on surface properties after toothbrush abrasion. *American Journal of Dentistry*. 2009;22(1):60-4.
88. Turssi C, Ferracane J, Vogel K. Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. *Biomaterials*. 2005;26(24):4932-7.
89. Krejci I, Albert P, Lutz F. The influence of antagonist standardization on wear. *Journal of dental research*. 1999;78(2):713-9.
90. Preis V, Behr M, Kolbeck C, Hahnel S, Handel G, Rosentritt M. Wear performance of substructure ceramics and veneering porcelains. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2011;27:796-804.
91. Lambrechts P, Braem M, Vuylsteke-Wauters M, Vanherle G. Quantitative in vivo wear of human enamel. *Journal of dental research*. 1989;68(12):1752-4.
92. Finlay N, Hahnel S, Dowling AH, Fleming GJ. The in vitro wear behavior of experimental resin-based composites derived from a commercial formulation. *Dental Materials Journal*. 2013;29(4):365-74. eng. 2013/01/22.
93. Hahnel S, Schultz S, Trempler C, Ach B, Handel G, Rosentritt M. Two-body wear of dental restorative materials. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2011;4(3):237-44. eng. 2011/02/15.

94. Lawson NC, Radhakrishnan R, Givan DA, Ramp LC, Burgess JO. Two-year randomized, controlled clinical trial of a flowable and conventional composite in class i restorations. *Operative dentistry*. 2015;40(6):594-602. eng. 2015/08/04.
95. Sumino N, Tsubota K, Takamizawa T, Shiratsuchi K, Miyazaki M, Latta MA. Comparison of the wear and flexural characteristics of flowable resin composites for posterior lesions. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2013;71(3-4):820-7. eng. 2013/05/04.
96. Shinkai K, Taira Y, Suzuki S, Suzuki M. In vitro wear of flowable resin composite for posterior restorations. *Dental Materials Journal*. 2016;35(1):37-44. eng. 2016/02/05.
97. Jefferies S. The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *Dental clinics of North America*. 1998;42:613-27.
98. Lefever D, Perakis N, Roig M, Krejci I, Ardu S. The effect of toothbrushing on surface gloss of resin composites. *American Journal of Dentistry*. 2012;25(1):54-8. eng. 2012/05/09.
99. AIAli M, Silikas N, Satterthwaite J. The effects of toothbrush wear on the surface roughness and gloss of resin composites with various types of matrices. *Dentistry Journal*. 2021;9.
100. Singh TP, Nirola A, Brar R. A profilometric and scanning electron microscopic analysis of tooth surface abrasion caused by rotary/oscillatory, linear motion, sonic, and ultrasonic toothbrushes: An in vitro study. *Journal of Indian Society of Periodontology*. 2021;25(2):112.
101. Bhushan B. Surface roughness analysis and measurement techniques. *Modern tribology handbook, two volume set*. CRC press; 2000. 79-150.
102. Assender H, Bliznyuk V, Porfyrakis K. How surface topography relates to materials' properties. *Science (New York, NY)*. 2002;297:973-6.
103. Murthy N. Techniques for analyzing biomaterial surface structure, morphology and topography. *Surface modification of biomaterials*. Elsevier; 2011. 232-55.
104. Wennerberg A, Ohlsson R, Rosén BG, Andersson B. Characterizing three-dimensional topography of engineering and biomaterial surfaces by confocal laser

- scanning and stylus techniques. *Medical Engineering & Physics*. 1996;18(7):548-56.
105. Murthy NS. Techniques for analyzing biomaterial surface structure, morphology and topography. *Surface Modification of Biomaterials: Methods Analysis and Applications*. 2011:232-55.
106. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao C. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins—an in vitro study. *Journal of Dentistry*. 2010;38:e137-e42.
107. Erdemir U, Yıldız E, Eren MM. Effects of sports drinks on color stability of nanofilled and microhybrid composites after long-term immersion. *Journal of dentistry*. 2012;40:e55-e63.
108. Rattanapokha พ, Wayakanon น, Posritong ส. The effect of beverages in thailand on color stability of resin composite. *Journal of The Department of Medical Services*. 2022;47(2):22-30.
109. Ardu S, Duc O, Di Bella E, Krejci I. Color stability of recent composite resins. *Odontology*. 2017;105(1):29-35.
110. Zanchi CH, Ogliaeri FA, Marques e Silva R, Lund RG, Machado HH, Prati C, et al. Effect of the silane concentration on the selected properties of an experimental microfilled composite resin. *Applied Adhesion Science*. 2015;3(1):1-9.
111. Barutçigil Ç, Barutçigil K, Özarıslan MM, Dündar A, Yılmaz B. Color of bulk-fill composite resin restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2018;30(2):E3-E8.
112. Llana C, Fernández S, Forner L. Color stability of nanohybrid resin-based composites, ormocers and compomers. *Clinical Oral Investigations*. 2017;21(4):1071-7.
113. Bahbishi N, Mzain W, Badeeb B, Nassar HM. Color stability and micro-hardness of bulk-fill composite materials after exposure to common beverages. *Materials*. 2020;13(3):787.
114. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: The monomer systems. *European journal of oral sciences*. 1997;105(2):97-116.

115. Takahashi R, Jin J, Nikaido T, Tagami J, Hickel R, Kunzelmann K-H. Surface characterization of current composites after toothbrush abrasion. *Dental materials journal*. 2013;32(1):75-82.
116. Salgado VE, Cavalcante LM, Silikas N, Schneider LFJ. The influence of nanoscale inorganic content over optical and surface properties of model composites. *Journal of Dentistry*. 2013;41:e45-e53.
117. Cha HS, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Evaluation of wear resistance of dental resin composites with a 3d profilometer. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*. 2004;71(2):414-20.
118. Lazaridou D, Belli R, Petschelt A, Lohbauer U. Are resin composites suitable replacements for amalgam? A study of two-body wear. *Clinical oral investigations*. 2015;19(6):1485-92.





ตาราง 9 แสดงผลการศึกษาดัวยสถิติเชิงพรรณนาของค่าความต่างสีของเรซินคอมโพสิตฟิลเทกแซต 350 เอ็กซ์ที ในตัวอย่างทั้ง 30 ชิ้น

ชนิดของสารละลาย	จำนวน	7 วัน		28 วัน		Mean $\Delta E$	SD	Mean $\Delta E$	SD
		$\Delta E$	Mean $\Delta E$	$\Delta E$	Mean $\Delta E$				
น้ำลายเทียม	10	0.62	0.65	0.52	0.11	0.68	0.91	0.74	0.12
		0.55	0.36			0.84	0.65		
		0.58	0.35			0.82	0.51		
		0.67	0.49			0.85	0.71		
		0.47	0.50			0.73	0.67		
กาแฟ	10	7.24	6.71	7.21	0.89	8.06	7.69	8.14	0.93
		8.12	7.32			9.38	8.16		
		8.67	7.48			9.65	6.36		
		7.33	6.60			8.13	7.42		
		7.25	5.33			8.05	8.49		
แปรงฟัน + กาแฟ	10	6.10	5.70	5.83	0.91	7.93	6.54	7.56	0.86
		6.92	4.84			8.52	5.95		
		4.76	4.97			6.75	5.95		
		6.22	5.05			7.95	5.95		
		7.32	6.38			8.44	8.05		

ตาราง 10 แสดงผลการศึกษาดัวยสถิติเชิงพรรณนาของค่าความต่างสีของเรซินคอมโพสิตฟิล  
เทกซูพรีม โพลเอเบิล ในตัวอย่างทั้ง 30 ชิ้น

ชนิดของ สารละลาย	จำนวน	7 วัน		28 วัน		Mean $\Delta E$	SD	Mean $\Delta E$	SD
		$\Delta E$	$\Delta E$	$\Delta E$	$\Delta E$				
น้ำลายเทียม	10	0.22	0.50	0.33	0.18	0.44	0.67	0.48	0.20
		0.30	0.14			0.42	0.32		
		0.17	0.30			0.73	0.47		
		0.22	0.22			0.28	0.24		
		0.67	0.58			0.42	0.84		
กาแฟ	10	2.56	2.45	3.21	0.61	2.84	3.13	3.56	0.77
		4.02	3.97			4.93	4.50		
		3.84	3.13			2.75	3.62		
		2.97	2.91			3.90	2.98		
		2.63	3.62			2.82	4.05		
แปรงฟัน + กาแฟ	10	2.22	2.21	2.19	0.80	3.33	4.29	3.48	0.65
		2.21	1.10			3.82	2.27		
		2.61	1.70			3.89	3.16		
		2.40	1.14			3.91	2.62		
		2.30	3.94			3.35	4.0		

ตาราง 11 แสดงผลการศึกษาดัวยสถิติเชิงพรรณนาของค่าความต่างสีของเรซินคอมโพสิต ใน  
ตัวอย่างจีเนียลยูนิเวอร์แซลอินเจ็คเทเบิลทั้ง 30 ชิ้น

ชนิดของ สารละลาย	จำนวน	7 วัน		28 วัน		Mean $\Delta E$	SD	Mean $\Delta E$	SD
		$\Delta E$	Mean $\Delta E$	$\Delta E$	Mean $\Delta E$				
น้ำลายเทียม	10	0.81	1.21	0.78	0.27	0.73	1.36	0.84	0.28
		0.73	0.50			0.73	0.36		
		0.71	0.46			0.83	0.58		
		0.94	0.47			1.06	0.83		
		0.86	1.14			0.79	1.14		
กาแฟ	10	0.83	0.86	1.00	0.29	0.57	0.89	1.24	0.43
		1.02	0.86			1.58	1.91		
		0.64	1.35			1.09	1.37		
		1.55	1.24			1.58	1.63		
		0.92	0.71			0.83	0.93		
แปรงฟัน + กาแฟ	10	1.49	0.64	0.89	0.38	0.88	1.63	1.84	0.71
		1.49	1.16			3.44	1.79		
		0.75	0.50			1.39	1.70		
		0.55	0.73			1.24	1.77		
		0.57	1.07			2.04	2.49		

ตาราง 12 แสดงผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติทดสอบของชาปีโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) ของค่าความต่างสี เมื่อทำการทดลอง 7 และ 28 วัน

ชนิดของเรซินคอมโพสิต	ชนิดของสารละลายและการจำลองการแปร่งฟัน	ระยะเวลาที่แช่ในกาแฟ	Statistic	df	Sig.	
Filtek™ Z350XT	น้ำลายเทียม	7 วัน	.938	10	.532	
		28 วัน	.957	10	.750	
	กาแฟ	7 วัน	.933	10	.479	
		28 วัน	.943	10	.589	
	แปร่งฟัน + กาแฟ	7 วัน	.921	10	.364	
		28 วัน	.844	10	.145	
	Filtek™ Supreme Flowable	น้ำลายเทียม	7 วัน	.855	10	.066
			28 วัน	.915	10	.320
กาแฟ		7 วัน	.826	10	.030	
		28 วัน	.816	10	.022	
แปร่งฟัน + กาแฟ		7 วัน	.888	10	.160	
		28 วัน	.931	10	.456	
G-aenial™ Universal Injectable		น้ำลายเทียม	7 วัน	.931	10	.453
			28 วัน	.968	10	.867
	กาแฟ	7 วัน	.921	10	.362	
		28 วัน	.946	10	.623	
	แปร่งฟัน + กาแฟ	7 วัน	.834	10	.057	
		28 วัน	.911	10	.285	

ตาราง 13 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าความต่างสีระหว่างกลุ่มวัสดุในช่วง 7 และ 28 วัน ด้วยสถิติทดสอบบนเฟอโรน (Bonferroni test) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของเรซินคอมโพสิต

Pairwise comparisons	7 days	28 days
	Mean difference (P-value)	Mean difference (P-value)
<b>Artificial saliva</b>		
Filtek™ Z350XT vs. Filtek™ Supreme Flowable	0.19 (P=0.020)	0.26 (P=0.005*)
Filtek™ Z350XT vs. G-ænial™ Universal Injectable	-0.26 (P=0.004*)	-0.10 (P=0.189)
Filtek™ Supreme Flowable vs. G-ænial™ Universal Injectable	-0.45 (P<0.001*)	-0.36 (P=0.002*)
<b>Coffee</b>		
Filtek™ Z350XT vs. Filtek™ Supreme Flowable	3.97 (P<0.001*)	4.72 (P<0.001*)
Filtek™ Z350XT vs. G-ænial™ Universal Injectable	6.21 (P<0.001*)	6.90 (P<0.001*)
Filtek™ Supreme Flowable vs. G-ænial™ Universal Injectable	2.23 (P<0.001*)	2.18 (P<0.001*)
<b>Brush+Coffee</b>		
Filtek™ Z350XT vs. Filtek™ Supreme Flowable	3.64 (P<0.001*)	4.09 (P<0.001*)
Filtek™ Z350XT vs. G-ænial™ Universal Injectable	4.96 (P<0.001*)	5.73 (P<0.001*)
Filtek™ Supreme Flowable vs. G-ænial™ Universal Injectable	1.32 (P=0.003*)	1.64 (P<0.001*)

วิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Bonferroni

\* ค่าเฉลี่ยผลต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05/(3x2)

ตาราง 14 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าความต่างสีระหว่างกลุ่มทดลองในช่วง 7 และ 28 วัน ด้วยสถิติทดสอบบนเฟอโรน (Bonferroni test) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มชนิดของสารละลาย และการแปรงฟัน

Pairwise comparisons	7 days	28 days
	Mean difference (P-value)	Mean difference (P-value)
<b>Filtek™ Z350XT</b>		
Coffee vs. Artificial saliva	6.68 (P<0.001*)	7.40 (P<0.001*)
Brush+Coffee vs. Artificial saliva	5.30 (P<0.001*)	6.83 (P<0.001*)
Coffee vs. Brush+Coffee	1.38 (P=0.012)	0.58 (P=0.184)
<b>Filtek™ Supreme Flowable</b>		
Coffee vs. Artificial saliva	2.90 (P<0.001*)	2.94 (P<0.001*)
Brush+Coffee vs. Artificial saliva	1.85 (P<0.001*)	2.99 (P<0.001*)
Coffee vs. Brush+Coffee	1.05 (P=0.004*)	-0.06 (P=0.877)
<b>G-ænial™ Universal Injectable</b>		
Coffee vs. Artificial saliva	0.22 (P=0.165)	0.40 (P=0.073)
Brush+Coffee vs. Artificial saliva	0.08 (P=0.694)	1.00 (P=0.003*)
Coffee vs. Brush+Coffee	0.14 (P=0.519)	-0.60 (P=0.029)

วิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Bonferroni

\* ค่าเฉลี่ยผลต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05/(3x2)

ตาราง 15 แสดงผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติทดสอบของชาปีโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) ของค่าดัชนีความโปร่งแสงเมื่อทำการทดลอง 7 และ 28 วัน

ชนิดของเรซินคอมโพสิต	ชนิดของสารละลาย และการจำลองการแปร่งฟัน	ระยะเวลาที่แช่ในกาแฟ	Statistic	df	Sig.	
Filtek™ Z350XT	น้ำลายเทียม	0 วัน	0.926	10	0.412	
		7 วัน	0.778	10	0.008	
		28 วัน	0.925	10	0.403	
	กาแฟ	0 วัน	0.877	10	0.121	
		7 วัน	0.944	10	0.602	
		28 วัน	0.832	10	0.056	
	แปร่งฟัน + กาแฟ	0 วัน	0.797	10	0.014	
		7 วัน	0.927	10	0.416	
		28 วัน	0.929	10	0.439	
	Filtek™ Supreme Flowable	น้ำลายเทียม	0 วัน	0.954	10	0.713
			7 วัน	0.889	10	0.163
			28 วัน	0.926	10	0.413
กาแฟ		0 วัน	0.850	10	0.057	
		7 วัน	0.975	10	0.931	
		28 วัน	0.914	10	0.310	
แปร่งฟัน + กาแฟ		0 วัน	0.864	10	0.085	
		7 วัน	0.785	10	0.010	
		28 วัน	0.914	10	0.309	
G-aenial™ Universal Injectable		น้ำลายเทียม	0 วัน	0.954	10	0.716
			7 วัน	0.916	10	0.325
			28 วัน	0.949	10	0.654
	กาแฟ	0 วัน	0.927	10	0.420	
		7 วัน	0.896	10	0.196	
		28 วัน	0.961	10	0.796	
	แปร่งฟัน + กาแฟ	0 วัน	0.833	10	0.036	
		7 วัน	0.928	10	0.430	
		28 วัน	0.970	10	0.893	



ตาราง 16 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างกลุ่มทดลองในช่วง 0, 7 และ 28 วัน ด้วยสถิติทดสอบบอนเฟอโรน (Bonferroni test) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของสารละลายและการแปรงฟัน

Pairwise comparisons	0 day	7 days	28 days
	Mean difference (P-value)	Mean difference (P-value)	Mean difference (P-value)
<b>Filtek™ Z350XT</b>			
Coffee vs. Artificial saliva	0.41 (P=0.092)	-1.09 (P=0.002*)	-1.04 (P=0.001*)
Brush+coffee vs. Artificial saliva	-0.14 (P=0.395)	-1.08 (P<0.001*)	-1.15 (P<0.001*)
Coffee vs. Brush+coffee	0.55 (P=0.062)	-0.01 (P=0.961)	0.12 (P=0.635)
<b>Filtek™ Supreme Flowable</b>			
Coffee vs. Artificial saliva	-0.02 (P=0.941)	-0.51 (P=0.005*)	-0.64 (P=0.004*)
Brush+coffee vs. Artificial saliva	0.33 (P=0.176)	-0.56 (P=0.001*)	-0.69 (P<0.001*)
Coffee vs. Brush+coffee	-0.35 (P=0.144)	0.06 (P=0.637)	0.06 (P=0.637)
<b>G-ænial™ Universal Injectable</b>			
Coffee vs. Artificial saliva	-0.37 (P=0.107)	-0.62 (P=0.024)	-0.55 (P=0.012)
Brush+coffee vs. Artificial saliva	0.19 (P=0.468)	-0.59 (P=0.007)	-0.40 (P=0.041)
Coffee vs. Brush+coffee	-0.56 (P=0.083)	-0.03 (P=0.892)	-0.15 (P=0.274)

วิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Bonferroni

\* ค่าเฉลี่ยผลต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05/(3x3)

ตาราง 17 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างช่วงเวลาในแต่ละกลุ่มทดลอง จำแนกตามกลุ่มวัสดุ

Pairwise comparisons	Artificial saliva Mean difference (P-value)	Coffee Mean difference (P-value)	Brush+coffee Mean difference (P-value)
<b>Filtek™ Z350XT</b>			
0 day vs. 7 days	0.12 (P=0.489)	-1.38 (P<0.001*)	-0.82 (P<0.001*)
0 day vs. 28 days	-0.40 (P=0.758)	-1.48 (P<0.001*)	-1.05 (P<0.001*)
7 days vs. 28 days	-0.16 (P=0.326)	-0.10 (P=0.472)	-0.23 (P=0.112)
<b>Filtek™ Supreme Flowable</b>			
0 day vs. 7 days	-0.51 (P=0.015)	-0.99 (P=0.005*)	-1.40 (P<0.001*)
0 day vs. 28 days	-0.43 (P=0.040)	-1.05 (P=0.003*)	-1.44 (P<0.001*)
7 days vs. 28 days	-0.08 (P=0.275)	-0.06 (P=0.517)	-0.04 (P=0.646)
<b>G-ænial™ Universal Injectable</b>			
0 day vs. 7 days	0.07 (P=0.681)	-0.18 (P=0.163)	-0.71 (P=0.037)
0 day vs. 28 days	-0.18 (P=0.280)	-0.36 (P=0.039)	-0.77 (P=0.023)
7 days vs. 28 days	-0.25 (P=0.013)	-0.18 (P=0.151)	-0.06 (P=0.523)

วิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Bonferroni

\* ค่าเฉลี่ยผลต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05/(3x3)

ตาราง 18 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าดัชนีความโปร่งแสงระหว่างกลุ่มวัสดุในช่วง 0, 7 และ 28 วัน จำแนกตามกลุ่มทดลอง

Pairwise comparisons	0 day	7 days	28 days
	Mean difference (P-value)	Mean difference (P-value)	Mean difference (P-value)
<b>Artificial saliva</b>			
Filtek™ Z350XT vs. Filtek™ Supreme Flowable	-0.15 (P=0.493)	0.48 (P=0.041)	0.24 (P=0.059)
Filtek™ Z350XT vs. G-ænial™ Universal Injectable	-0.78 (P=0.001*)	-0.73 (P=0.003*)	-0.64 (P=0.001*)
Filtek™ Supreme Flowable vs. G-ænial™ Universal Injectable	-0.63 (P=0.033)	-1.21 (P<0.001*)	-0.88 (P<0.001*)
<b>Coffee</b>			
Filtek™ Z350XT vs. Filtek™ Supreme Flowable	0.28 (P=0.429)	-0.11 (P=0.581)	-0.15 (P=0.538)
Filtek™ Z350XT vs. G-ænial™ Universal Injectable	0.00 (P=0.997)	-1.21 (P=0.001*)	-1.12 (P<0.001*)
Filtek™ Supreme Flowable vs. G-ænial™ Universal Injectable	-0.28 (P=0.311)	-1.10 (P<0.001*)	-0.97 (P<0.001*)
<b>Brush+coffee</b>			
Filtek™ Z350XT vs. Filtek™ Supreme Flowable	-0.62 (P=0.001*)	-0.40 (P=0.819)	-0.23 (P=0.052)
Filtek™ Z350XT vs. G-ænial™ Universal Injectable	-1.11 (P=0.001*)	-1.22 (P<0.001*)	-1.39 (P<0.001*)
Filtek™ Supreme Flowable vs. G-ænial™ Universal Injectable	-0.49 (P=0.024)	-1.18 (P<0.001*)	-1.16 (P<0.001*)

วิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Bonferroni

\* ค่าเฉลี่ยผลต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05/(3x3)

ตาราง 19 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าความหยาบผิวระหว่างกลุ่มทดลองในช่วง 0, 7 และ 28 วัน จำแนกตามกลุ่มวัสดุ

Pairwise comparisons	0 day	7 days	28 days
	Mean difference (P-value)	Mean difference (P-value)	Mean difference (P-value)
<b>Filtek™ Z350XT</b>			
Coffee vs. Artificial saliva	0.001 (P=0.532)	0.002 (P=0.538)	-0.002 (P=0.689)
Brush+coffee vs. Artificial saliva	0.002 (P=0.342)	0.010 (P=0.003*)	0.005 (P=0.300)
Coffee vs. Brush+coffee	-0.001 (P=0.715)	-0.008 (P=0.064)	-0.007 (P=0.096)
<b>Filtek™ Supreme Flowable</b>			
Coffee vs. Artificial saliva	-0.001 (P=0.618)	0.000 (P=0.964)	0.005 (P=0.172)
Brush+coffee vs. Artificial saliva	-0.001 (P=0.554)	0.008 (P=0.045)	0.004 (P=0.364)
Coffee vs. Brush+coffee	0.000 (P=0.920)	-0.008 (P=0.121)	0.001 (P=0.801)
<b>G-ænial™ Universal Injectable</b>			
Coffee vs. Artificial saliva	-0.003 (P=0.267)	-0.002 (P=0.425)	-0.003 (P=0.211)
Brush+coffee vs. Artificial saliva	0.000 (P=0.986)	0.005 (P=0.097)	0.001 (P=0.809)
Coffee vs. Brush+coffee	-0.003 (P=0.293)	-0.007 (P=0.069)	-0.004 (P=0.156)

วิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Bonferroni

\* ค่าเฉลี่ยผลต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05/(3x3)

ตาราง 20 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าความหยาบผิวระหว่างช่วงเวลาในแต่ละกลุ่มทดลอง จำแนกตามกลุ่มวัสดุ

Pairwise comparisons	Artificial saliva	Coffee	Brush+coffee
	Mean difference (P-value)	Mean difference (P-value)	Mean difference (P-value)
<b>Filtek™ Z350XT</b>			
0 day vs. 7 days	0.001 (P=0.583)	0.002 (P=0.428)	0.009 (P=0.012)
0 day vs. 28 days	0.006 (P=0.023)	0.004 (P=0.269)	0.009 (P=0.018)
7 days vs. 28 days	0.006 (P=0.080)	0.001 (P=0.412)	0.000 (P=0.963)
<b>Filtek™ Supreme Flowable</b>			
0 day vs. 7 days	0.000 (P=0.822)	0.001 (P=0.593)	0.008 (P=0.022)
0 day vs. 28 days	0.002 (P=0.431)	0.009 (P=0.030)	0.007 (P=0.038)
7 days vs. 28 days	0.003 (P=0.215)	-0.008 (P=0.050)	-0.001 (P=0.797)
<b>G-ænial™ Universal Injectable</b>			
0 day vs. 7 days	-0.003 (P=0.111)	-0.002 (P=0.191)	0.002 (P=0.270)
0 day vs. 28 days	0.001 (P=0.736)	0.000 (P=0.978)	0.002 (P=0.552)
7 days vs. 28 days	0.003 (P=0.176)	0.002 (P=0.161)	-0.001 (P=0.753)

วิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Bonferroni

\* ค่าเฉลี่ยผลต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05/(3x3)

ตาราง 21 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ค่าความหยาบผิวยาระหว่างกลุ่มวัสดุในช่วง 0, 7 และ 28 วัน จำแนกตามกลุ่มทดลอง

Pairwise comparisons	0 day	7 days	28 days
	Mean difference (P-value)	Mean difference (P-value)	Mean difference (P-value)
<b>Artificial saliva</b>			
Filtek™ Z350XT vs. Filtek™ Supreme Flowable	0.000 (P=0.862)	0.001 (P=0.468)	0.004 (P=0.219)
Filtek™ Z350XT vs. G-ænial™ Universal Injectable	0.004 (P=0.075)	0.007 (P=0.005*)	0.010 (P=0.019)
Filtek™ Supreme Flowable vs. G-ænial™ Universal Injectable	0.004 (P=0.068)	0.006 (P=0.064)	0.005 (P=0.098)
<b>Coffee</b>			
Filtek™ Z350XT vs. Filtek™ Supreme Flowable	0.002 (P=0.426)	0.004 (P=0.334)	-0.003 (P=0.344)
Filtek™ Z350XT vs. G-ænial™ Universal Injectable	0.007 (P=0.002*)	0.012 (P=0.013)	0.011 (P=0.022)
Filtek™ Supreme Flowable vs. G-ænial™ Universal Injectable	0.005 (P=0.103)	0.008 (P=0.016)	0.014 (P=0.006)
<b>Brush+coffee</b>			
Filtek™ Z350XT vs. Filtek™ Supreme Flowable	0.003 (P=0.069)	0.004 (P=0.306)	0.005 (P=0.303)
Filtek™ Z350XT vs. G-ænial™ Universal Injectable	0.006 (P=0.032)	0.012 (P<0.001*)	0.013 (P=0.019)
Filtek™ Supreme Flowable vs. G-ænial™ Universal Injectable	0.003 (P=0.329)	0.009 (P=0.088)	0.008 (P=0.131)

วิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Bonferroni

\* ค่าเฉลี่ยผลต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05/(3x3)

ประวัติผู้เขียน

