ผลของยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่อการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต

นางสาวณัฐกานต์ วงษ์ประทีปศิริ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

THE EFFECT OF WHITENING DENTIFRICES ON WEAR AND SURFACE ROUGHNESS OF RESIN COMPOSITES

Miss Nattakarn Wongprateepsiri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Operative Dentistry

Department of Operative Dentistry

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่อการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต
โดย	นางสาวณัฐกานต์ วงษ์ประทีปศิริ
สาขาวิชา	ทันตกรรมหัตถการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วาสนา พัฒนพีระเดช

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... รักษาการคณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. พิเชียร อังจันทร์เพ็ญ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ขวัญตา จารุอำพรพรรณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วาสนา พัฒนพีระเดช)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. รังสิมา สกุลณะมรรคา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วิทยา พัฒนพีระเดช)

ณัฐกานต์ วงษ์ประทีปศิริ : ผลของยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่อการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต. (The effect of whitening dentifrices on wear and surface roughness of resin composites) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ทญ.วาสนา พัฒนพีระเดช, 72 หน้า.

วัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต 4 ชนิด หลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว 4 ผลิตภัณฑ์ **วิธีการทดลอง** เตรียมชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิตฟิลเทคซี350เอกซ์ที เฮอร์คูไลท์อัลตรา ดูราฟิลวีเอส และฟิลเทคซี250 ชนิดละ 64 ชิ้น จากแบบหล่อโลหะ แบ่งชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิดออกเป็น 4 กลุ่ม ตามชนิดของยาสีฟันเพื่อฟันขาว 4 ผลิตภัณฑ์ได้แก่ สปาร์คเคิลไวท์ ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง และเซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง วัดปริมาตรและความหยาบผิวโดยใช้เครื่องโปรไฟโลมิเตอร์ก่อนและหลังการแปรงด้วยเครื่องแปรงอัตโนมัติจำนวน 20,000 รอบ ผลการทดลองที่ได้วิเคราะห์ด้วยสถิติความแปรปรวนแบบสองทางและสถิติแทมเฮนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 **ผลการทดลอง** หลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวทุกผลิตภัณฑ์พบว่าดูราฟิลวีเอสเกิดการสึกและความหยาบผิวต่างจากเฮอร์คูไลท์อัลตรา ฟิลเทคซี350เอกซ์ที และฟิลเทคซี250 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิงทำให้เรซินคอมโพสิตเกิดการสึกมากที่สุด เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง สปาร์คเคิลไวท์ และคอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิงทำให้เรซินคอมโพสิตเกิดความหยาบผิวมากกว่าฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง **สรุป** ดูราฟิลวีเอสเกิดการสึกและความหยาบผิวมากที่สุดหลังแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวทุกผลิตภัณฑ์ เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง สปาร์คเคิลไวท์ และคอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง ทำให้เรซินคอมโพสิตส่วนใหญ่เกิดการสึกและความหยาบผิวมากกว่าฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง

ภาควิชา.....ทันตกรรมหัตถการ.....ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....ทันตกรรมหัตถการ.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา....2554.....

5276108332 : MAJOR OPERATIVE DENTISTRY
KEYWORDS : TOOTHBRUSH ABRASION / WEAR / SURFACE ROUGHNESS / WHITENING DENTIFRICE / RESIN COMPOSITES

NATTAKARN WONGPRATEEPSIRI : THE EFFECT OF WHITENING DENTIFRICES ON WEAR AND SURFACE ROUGHNESS OF RESIN COMPOSITES. ADVISOR: ASSOC. PROF. VASANA PATANAPIRADEJ, 72 pp.

Objective The purpose of this study was to investigate the wear and surface roughness of 4 types of resin composite after brushing using 4 products of whitening dentifrice. **Materials and methods** 64 specimens of each resin composite: Filtek Z350 XT, Herculite Ultra, Durafill VS and Filtek Z250 were made using metal molds. Each type of resin composite was divided into 4 groups according to 4 products of whitening dentifrices: Sparkle White, Fluocaril Healthy Whitening, Colgate Advanced Whitening and Sensodyne Whitening. The volume and surface roughness was measured using a profilometer before and after brushing in a brushing machine at 20,000 strokes. Results were analyzed by two-way ANOVA and Tamhane's test at a significant level of 0.05. **Results** After brushing with all dentrifrices, Durafill VS showed significantly different wear and surface roughness from Herculite Ultra, Filtek Z350 XT and Filtek Z250 ($p < 0.05$). Sensodyne Whitening produced the most wear of resin composites. Sensodyne Whitening, Sparkle White and Colgate Advanced Whitening produced more surface roughness of resin composites than Fluocaril Healthy Whitening. **Conclusion** Durafill VS showed the most wear and surface roughness when brushed with all whitening dentifrices. Sensodyne Whitening, Sparkle White and Colgate Advanced Whitening produced more wear and surface roughness of resin composites than Fluocaril Healthy Whitening.

Department : Operative Dentistry Student's Signature .....
Field of Study : Operative Dentistry Advisor's Signature .....
Academic Year : 2011

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วาสนา พัฒนพีระเดช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำด้านสถิติ และอาจารย์สาขาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่าน ที่ให้การอบรมสั่งสอน มอบความรู้ และคำแนะนำในการศึกษา

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์และศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือ และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณบริษัทเอสดีเอส เคอร์ จำกัด ที่สนับสนุนเรซินคอมโพสิต บริษัทคิวรอน จำกัด บริษัทดีเคเอสเอช (ประเทศไทย) จำกัด และบริษัทคอลเกต-ปาล์มโอลีฟ (ประเทศไทย) จำกัด ที่สนับสนุนยาสีฟันที่ใช้ในการวิจัย

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ทุกคนในครอบครัว และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

คำถามการวิจัย..... 2

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

สมมติฐานการวิจัย..... 3

ขอบเขตของการวิจัย..... 3

ข้อตกลงเบื้องต้น..... 3

คำสำคัญ..... 4

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 4

ข้อจำกัดในการวิจัย..... 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 5

รูปแบบการวิจัย..... 5

การบริหารงานวิจัยและตารางปฏิบัติงาน..... 6

รายละเอียดงบประมาณการวิจัย..... 7

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8

เรซินคอมโพสิต..... 8

การแปรงฟัน..... 11

ยาสีฟัน..... 11

การสึก..... 16

ความหยาบผิวของวัสดุบูรณะ..... 18

หน้า

การประเมินการสึกและความหยาบผิวของวัสดุ..... 18
เครื่องโปรไฟโลมิเตอร์..... 19
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……..... 20
3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 23
ประชากร……..... 23
วัสดุที่ใช้ในการวิจัย..... 25
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 26
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย..... 27
การเตรียมชิ้นตัวอย่าง..... 28
การตรวจวัดพื้นผิวเรซินคอมโพสิตก่อนการแปรง..... 30
การแปรงชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องแปรงอัตโนมัติ..... 32
การตรวจวัดพื้นผิวเรซินคอมโพสิตหลังการแปรง การคำนวณค่าการสึกและ
การเปลี่ยนแปลงความหยาบผิว..... 34
การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 35
การวิเคราะห์ข้อมูล..... 35
4 ผลการศึกษา..... 36
ผลการทดสอบการสึกของเรซินคอมโพสิตหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟัน
ขาว..... 36
ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตหลังการ
แปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว……..... 38
5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ..... 41
อภิปรายผลการวิจัย..... 41
สรุปผลการวิจัย..... 45
ข้อเสนอแนะ..... 45
รายการอ้างอิง..... 47
ภาคผนวก..... 54
ภาคผนวก ก. ค่าการสึกในแต่ละชิ้นตัวอย่างของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด.... 55
ภาคผนวก ข. ค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตแต่ละ
ชนิด..... 59

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์การกระจายข้อมูล..... 63
ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าการสึกของเรซิน
คอมโพสิต..... 64
ภาคผนวก จ. การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าการเปลี่ยนแปลง
ความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต..... 66
ภาคผนวก ฉ. ค่าโอกาสความน่าจะเป็น..... 68
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 72

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงส่วนประกอบของยาสีฟัน.....	12
2	แสดงตารางการสุ่มของเครื่องแปรงอัตโนมัติ.....	24
3	แสดงส่วนประกอบของเรซินคอมโพสิต.....	25
4	แสดงส่วนประกอบของยาสีฟันเพื่อฟันขาว.....	26
5	แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการสึกของเรซินคอมโพสิตหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว (ลูกบาศก์ไมโครเมตร).....	37
6	แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว (ไมโครเมตร).....	39

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แบบหล่อโลหะชิ้นบน.....	28
2	แบบหล่อโลหะชิ้นล่าง.....	28
3	แบบหล่อโลหะชิ้นบนประกบกับแบบหล่อโลหะชิ้นล่าง.....	28
4	แสดงการปิดทับด้วยแถบใสเซลลูลอยด์และแท่งกระจกใสกดทับเพื่อกำจัดเรซินคอมโพสิตส่วนเกิน.....	29
5	แสดงการฉายแสงที่ชิ้นตัวอย่างบนแบบหล่อโลหะ.....	29
6	ชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิตในแบบหล่อโลหะ.....	30
7	แสดงการยึดชิ้นตัวอย่างเข้ากับฐานพลาสติกที่ติดแน่นกับฐานของเครื่องวัดความหยาบผิว.....	31
8	แสดงการปรับระดับเข็มลากและแถบไฟในระดับที่เหมาะสม.....	31
9	แสดงจุดเริ่มต้นการวัดโดยเริ่มวัดในตำแหน่งที่เป็นแบบหล่อโลหะ กำหนดแกน x เท่ากับ 3 มิลลิเมตร แกน y เท่ากับ 1 มิลลิเมตร.....	32
10	การเตรียมแปรงสีฟันก่อนการแปรง.....	32
11	แสดงตำแหน่งที่เจาะแปรงสีฟันเพื่อยึดกับเครื่องแปรงอัตโนมัติ.....	32
12	แสดงการใช้เครื่องกวนแบบแตกตัวผสมสารละลายยาสีฟันให้เป็นเนื้อเดียวกัน..	33
13	แสดงการติดตั้งเครื่องแปรงอัตโนมัติโดยชิ้นตัวอย่างอยู่ในสารละลายยาสีฟัน....	34
14	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสึกของเรซินคอมโพสิตต่างชนิดหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวผลิตภัณฑ์เดียวกัน (ลูกบาศก์ไมโครเมตร).....	37
15	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสึกของเรซินคอมโพสิตชนิดเดียวกันหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่างผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์ไมโครเมตร).....	38
16	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตต่างชนิดหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวผลิตภัณฑ์เดียวกัน (ไมโครเมตร).....	39
17	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดเดียวกันหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่างผลิตภัณฑ์ (ไมโครเมตร).....	40

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เรซินคอมโพสิต (resin composites) เป็นวัสดุบูรณะฟันที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความสวยงามและเป็นการบูรณะฟันที่มีการสูญเสียเนื้อฟันที่ดีน้อย ปัจจุบันมีการพัฒนาคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) และทางกล (mechanical properties) ให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง (1) เช่น ความสวยงาม ความมันเงา (2) ความคงทนของสี ความแข็งแรง และความต้านทานการสึก (3) เรซินคอมโพสิตสามารถจำแนกตามขนาดวัสดุอัดแทรก (filler) ได้ดังนี้ มาโครฟิลล์เรซินคอมโพสิต (macrofilled resin composites) เป็นเรซินคอมโพสิตที่มีวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่ (4) ไมโครฟิลล์เรซินคอมโพสิต (microfilled resin composites) เป็นเรซินคอมโพสิตที่มีวัสดุอัดแทรกขนาดเล็ก ไฮบริดเรซินคอมโพสิต (hybrid resin composites) เป็นเรซินคอมโพสิตที่มีขนาดวัสดุอัดแทรกแตกต่างกันอย่างน้อยสองชนิดเป็นส่วนประกอบ (5) ต่อมามีการพัฒนาไฮบริดเรซินคอมโพสิตให้มีวัสดุอัดแทรกขนาดเล็กลง เรียกว่า ไมโครไฮบริดเรซินคอมโพสิต (microhybrid resin composites) เพื่อให้วัสดุมีการใช้งานง่าย และสามารถขัดได้เรียบมันมากขึ้น (1) ปัจจุบันมีการพัฒนาเรซินคอมโพสิตชนิดใหม่ ซึ่งเป็นเรซินคอมโพสิตที่มีวัสดุอัดแทรกขนาดเล็กลงในระดับนาโนเมตร เรียกเรซินคอมโพสิตชนิดนี้ว่า นาโนคอมโพสิต (nanocomposites) เนื่องจากมีการนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในการผลิตทำให้นาโนคอมโพสิตมีคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพที่ดี มีความสวยงามมากขึ้น สามารถคงความมันเงา (gloss retention) ได้นาน (6) มีความแข็งแรงดึง (tensile strength) ความแข็งแรงกด (compressive strength) และความต้านทานการแตกหัก (resistance to fracture) มากขึ้น นาโนคอมโพสิตสามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ นาโนฟิลล์เรซินคอมโพสิต (nanofilled resin composites) และนาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิต (nanohybrid resin composites) (7)

การแปรงฟันเป็นการดูแลความสะอาดช่องปากที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อควบคุมการเกิดคราบจุลินทรีย์ (dental plaque) (8) แต่การแปรงฟันก็เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการสึกจากการขัดถู (abrasion) ในบริเวณที่ไม่ได้รับแรง (non-stress locations) ได้ (9) ซึ่งการสึกที่เกิดขึ้นเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้วัสดุบูรณะมีความหยาบผิวเพิ่มขึ้น (10) เมื่อพื้นผิววัสดุมีความหยาบผิวมากขึ้นจะนำไปสู่การสะสมคราบจุลินทรีย์ การเกิดฟันผุซ้ำ (secondary caries) และโรคปริทันต์อักเสบ (periodontitis) ตามมา (11) นอกจากปัจจัยจากการแปรงฟันแล้วยาสีฟันที่ใช้อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวของวัสดุบูรณะได้เช่นกัน ยาสีฟันที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายชนิด เช่น ยาสีฟัน

ป้องกันฟันผุ ยาสีฟันลดการเกิดคราบจุลินทรีย์ ยาสีฟันลดการเสียวฟัน และยาสีฟันเพื่อฟันขาว ปัจจุบันความสวยงามเข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตมากขึ้น ยาสีฟันเพื่อฟันขาวจึงมีความนิยมมากกว่าอดีต ยาสีฟันเพื่อฟันขาวมีคุณสมบัติเด่น คือ สามารถป้องกันและกำจัดคราบสีบนผิวฟัน จึงทำให้ฟันดูขาวขึ้นได้ ส่วนประกอบในการทำหน้าที่นี้ ได้แก่ สารฟอกสีฟัน เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) และคาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ (carbamide peroxide) สารขัดสี (abrasive) เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate) ไฮเดรตซิลิกา (hydrated silica) และอลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide) (12) แต่สารขัดสีอาจส่งผลทำให้เกิดการสึกของฟันและวัสดุบูรณะได้ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพพื้นผิวของวัสดุบูรณะ การศึกษาถึงผลของยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่างผลิตภัณฑ์ต่อการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตยังมีน้อย อีกทั้งเรซินคอมโพสิตยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะศึกษาถึงผลของยาสีฟันเพื่อฟันขาวที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ต่อการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตต่างชนิด

คำถามการวิจัย

ยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่างผลิตภัณฑ์มีผลทำให้เรซินคอมโพสิตต่างชนิดมีการสึกและความหยาบผิวหลังการแปรงที่แตกต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่อการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตหลังการแปรง
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตต่างชนิด เมื่อแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวผลิตภัณฑ์เดียวกัน
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดเดียวกัน เมื่อแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่างผลิตภัณฑ์

สมมติฐานการวิจัย

1. ชนิดของเรซินคอมโพสิตและชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟันเพื่อฟันขาวไม่มีผลต่อการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตหลังการแปรง
2. การสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตต่างชนิดเมื่อแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวผลิตภัณฑ์เดียวกันมีค่าไม่แตกต่างกัน
3. การสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดเดียวกันเมื่อแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่างผลิตภัณฑ์มีค่าไม่แตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับผลของการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต 4 ชนิด จากการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว 4 ผลิตภัณฑ์ ด้วยเครื่องแปรงอัตโนมัติ ดังนั้นผลการทดลองที่ได้อาจบ่งบอกถึงการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวที่เกิดจากการแปรงด้วยค่าแรง จำนวนรอบการแปรง และลักษณะการแปรงด้วยเครื่องแปรงอัตโนมัตินี้เท่านั้น แต่การใช้งานจริงของเรซินคอมโพสิตในช่องปากอาจมีลักษณะที่ต่างกันออกไป หรือมีปัจจัยอื่นเกี่ยวข้องนอกเหนือจากการทดลองนี้ นอกจากนี้ผลการศึกษาที่ได้ไม่สามารถเป็นตัวแทนของเรซินคอมโพสิตและยาสีฟันผลิตภัณฑ์อื่นที่ไม่ได้นำมาศึกษาในครั้งนี้ได้ เนื่องจากเรซินคอมโพสิตและยาสีฟันแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีคุณสมบัติและส่วนประกอบที่แตกต่างกันออกไป

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การเตรียมชิ้นตัวอย่าง และการทดสอบจะกระทำโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว
2. การเลือกผลิตภัณฑ์จะเลือกเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในประเทศไทยมาทดสอบเท่านั้น
3. ผู้ทำการวิจัยได้รับการฝึกฝนการใช้เครื่องมือ และขั้นตอนต่างๆ ในการทดลองมาเป็นอย่างดี
4. จุดอ้างอิงที่อยู่บนแบบหล่อโลหะก่อนและหลังจากการแปรงเป็นตำแหน่งเดียวกัน
5. แบบหล่อโลหะไม่ถูกทำให้เกิดการสึกจากการแปรงด้วยเครื่องแปรงอัตโนมัติ

คำสำคัญ

การสึก, การสึกจากการแปรง, ความหยาบผิว, ยาสีฟันเพื่อฟันขาว, เรซินคอมโพสิต

Wear, toothbrush abrasion, surface roughness, whitening dentifrice, resin composites

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. ชิ้นตัวอย่าง หมายถึง เรซินคอมโพสิตที่อยู่ในแบบหล่อโลหะ
2. แบบหล่อโลหะ หมายถึง แบบหล่อที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 2 ชิ้น ประกอบด้วยโลหะชิ้นบนและชิ้นล่าง โดยแบบหล่อโลหะชิ้นบนมีช่องตรงกลางสำหรับใส่เรซินคอมโพสิต
3. ฐานพลาสติก หมายถึง ฐานที่ใช้ยึดชิ้นตัวอย่างกับฐานของเครื่องวัดความหยาบผิว เพื่อให้ชิ้นตัวอย่างอยู่ในตำแหน่งเดิมทั้งก่อนและหลังการแปรง
4. การสึก หมายถึง ปริมาตรของเรซินคอมโพสิตที่สูญหายไปเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการแปรง
5. การเปลี่ยนแปลงความหยาบผิว หมายถึง ความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการแปรง

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ ทำให้มีข้อจำกัดบางประการที่ทำให้มีความแตกต่างจากสภาวะที่แท้จริงในช่องปาก เช่น ลักษณะการแปรง แรงที่ใช้ในการแปรง สภาวะในช่องปาก ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำลาย รวมทั้งการวัดค่าการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตเป็นการวัดพื้นผิวบางส่วนของวัสดุเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่สามารถนำผลการวิจัยครั้งนี้สรุปเป็นการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต จากการแปรงในสภาวะการใช้งานจริงได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกลเกี่ยวกับความต้านทานการสึกจากการแปรงของเรซินคอมโพสิต
2. ทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวจากการแปรงของเรซินคอมโพสิต
3. ทำให้ทราบถึงผลของยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่อการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวจากการแปรงของเรซินคอมโพสิต

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ

การบริหารงานวิจัยและตารางปฏิบัติงาน

พ.ศ.	2553												2554								
เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ขั้นเตรียมการวิจัย																					
ศึกษาข้อมูลและทบทวนวรรณกรรม	■	■	■																		
วางแผนและออกแบบการวิจัย				■	■	■															
การศึกษาวิจัยนำร่อง							■	■	■												
การจัดทำโครงร่างวิทยานิพนธ์								■	■	■											
การนำเสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์											■										
2. ขั้นดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล											■	■	■	■							
3. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผล														■	■	■					
4. ขั้นรายงานผล																					
จัดทำรายงาน															■	■	■	■	■	■	
นำเสนอผลการวิจัย																					■

รายละเอียดงบประมาณการวิจัย

ค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน
ค่าวัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย	
– เรซินคอมโพสิต Filtek Z350XT จำนวน 2 หลอด	1,100
– เรซินคอมโพสิต Herculite Ultra จำนวน 2 หลอด	2,800
– เรซินคอมโพสิต Durafill VS จำนวน 2 หลอด	2,354
– เรซินคอมโพสิต Filtek Z250 จำนวน 2 หลอด	1,070
– ยาสีฟัน Sparkle White 100 กรัม 20 หลอด	2,500
– ยาสีฟัน Fluocaril Healthy Whitening 160 กรัม 12 หลอด	648
– ยาสีฟัน Colgate Advanced Whitening 160 กรัม 12 หลอด	660
– ยาสีฟัน Sensodyne Whitening 160 กรัม 12 หลอด	1,070
– แถบใสเซลลูลอยด์ 1 กล่อง	250
– แปรงสีฟันไนลอนชนิดอ่อนนุ่ม 300 ด้าม	2,700
– ใบมีดเบอร์ 15 จำนวน 40 ใบ	360
– ผ้าก๊อซ 1 กล่อง	50
– แอลกอฮอล์ 70% ขนาด 250 มิลลิลิตร 1 ขวด	50
– แท่นพลาสติกสำหรับยึดชิ้นงานกับเครื่องวัดความหยาบผิว	3,000
ค่าใช้บริการเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ	
– เครื่องทดสอบความหยาบผิว 260 ชิ้น	5,820
– เครื่องทดสอบการขัดสี 128 ชั่วโมง	1,185
ค่าถ่ายเอกสาร	3,000
ค่าจัดทำรูปเล่มและค่าใช้จ่ายเพื่อการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร	3,000
รวม	31,617

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เรซินคอมโพสิต

เรซินคอมโพสิตที่ใช้ทางทันตกรรมประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ เรซินเมทริกซ์ (resin matrix) วัสดุอัดแทรก และสารเชื่อมติด (coupling agent) นอกจากนี้เรซินคอมโพสิตยังประกอบไปด้วยสารอื่น ๆ อีก เช่น สารเร่งปฏิกิริยา (activator) ตัวเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiator) สารสี (pigment) และสารยับยั้งปฏิกิริยา (inhibitors) (5)

<u>เรซินเมทริกซ์</u> เรซินคอมโพสิตส่วนใหญ่จะมีส่วนประกอบเป็นอะโรเมติก (aromatic) หรืออะลิฟาติก (aliphatic) ไดเมทาคริยเลทมอนอเมอร์ (dimethacrylate monomer) เช่น บิสจีเอ็มเอ (bis-GMA) ยูรีเทนไดเมทาคริยเลท (urethane dimethacrylates; UDMA) ไตรเอทีลีนไกลคอลไดเมทาคริยเลท (triethylene glycol dimethacrylate; TEGDMA) ซึ่งมอนอเมอร์ทั้ง 3 ชนิดนี้มีการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์แบบเชื่อมโยงข้าม (cross link polymerization) (5) โดยปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) เกิดได้เมื่อถูกกระตุ้นด้วยปฏิกิริยาเคมี (chemical activation) หรือกระตุ้นด้วยแสงที่มองเห็นได้ (visible-light activation) ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้เรซินคอมโพสิตชนิดถูกกระตุ้นด้วยแสงที่มองเห็นได้มากกว่า (13)

ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ คือ ปฏิกิริยาการก่อตัวของเรซินคอมโพสิตแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดการก่อตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีและชนิดการก่อตัวด้วยแสงที่มองเห็นได้ เรซินคอมโพสิตชนิดการก่อตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ เทอเทียรีเอมีน (tertiary amine) ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา และเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) เป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยา โดยการก่อตัวเกิดขึ้นเมื่อผสมสององค์ประกอบเข้าด้วยกัน เกิดเป็นอนุมูลอิสระขึ้น จากนั้นอนุมูลอิสระจะเป็นตัวเริ่มทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ต่อไป (4, 5, 13) ส่วนเรซินคอมโพสิตชนิดการก่อตัวด้วยแสงที่มองเห็นได้มีตัวกระตุ้นปฏิกิริยา คือ แสงสีน้ำเงินที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่ามีความยาวคลื่นประมาณ 470 นาโนเมตร และแคมโฟควิโนน (camphoquinone) เป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยา (13) โดยปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จะเกิดขึ้นเมื่อฉายแสง แคมโฟควิโนนจะถูกกระตุ้นแล้วทำปฏิกิริยากับเอมีนเกิดเป็นอนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นนี้จะเข้าทำลายพันธะคู่ของมอนอเมอร์ทำให้เกิดการถ่ายทอดอิเลกตรอน มอนอเมอร์จึงมีการต่อกันเป็นสายพอลิเมอร์ขึ้น โดยพันธะคู่บางส่วนมีการเชื่อมกันระหว่างสายเกิดเป็นปฏิกิริยาพอลิเมอร์แบบเชื่อมโยงข้ามทำให้เกิดการก่อตัวของเรซินคอมโพสิต (4, 5, 13)

<u>วัสดุอัดแทรก</u> เป็นส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยา (inert) กับส่วนประกอบอื่น วัสดุที่นำมาใช้เป็นวัสดุอัดแทรกมีหลายชนิดได้แก่ ควอทซ์ (quarts) คอลลอยด์ดัลซิลิกา (colloidal silica) แบเรียม

(barium) สตรอนเตียม (strontium) และเซอร์โคเนียม (zirconium) (14) การเติมวัสดุอัดแทรกในเรซินคอมโพสิตมีจุดประสงค์ดังนี้

1. เพิ่มความแข็งแรงของวัสดุทำให้วัสดุมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น เช่น ทำให้วัสดุมีความแข็งผิวและความแข็งแรงกด (compressive strength) มากขึ้น เกิดการสึก (wear) ลดลง สามารถใช้งานได้ง่ายเนื่องจากมีความหนืด (viscosity) มากขึ้น และลดการดูดซับน้ำ (water sorption)
2. ลดการหดตัวจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ (polymerization shrinkage)
3. ลดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (coefficient of thermal expansion) ของวัสดุลงให้มีค่าใกล้เคียงกับฟัน
4. เพิ่มความทึบแสง (radiopacity) เพื่อทำให้มองเห็นวัสดุในภาพถ่ายรังสีได้ชัดเจนมากขึ้น
5. เพิ่มความสวยงาม เนื่องจากวัสดุอัดแทรกทำให้เกิดความโปร่งแสง (translucency) และความวาวแสง (fluorescence) จึงทำให้วัสดุบูรณะมีความสวยงามใกล้เคียงฟันมากที่สุด (13)

<u>สารเชื่อมติด</u> เป็นตัวกลางในการทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างวัสดุอัดแทรกและเรซินเมทริกซ์ สารเชื่อมติดเป็นสารประเภทเมทธิล (methyl) ไวนิล (vinyl) หรืออีพอกซีไซเลน (epoxy silanes) ปลายด้านหนึ่งของสารเชื่อมติดเป็นสารไซลอกเซน (siloxane) ทำหน้าที่ยึดติดกับกลุ่มไฮดรอกซิล (hydroxyl groups) ที่ผิวของวัสดุอัดแทรก ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งเป็นสารเมทาคริยเลทจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์กับส่วนเรซินเมทริกซ์ ทำให้เกิดการยึดติดของวัสดุอัดแทรกกับเรซินเมทริกซ์ได้ ซึ่งสารเชื่อมติดนี้สามารถส่งผ่านความเครียด (stress) ที่เกิดในส่วนเรซินเมทริกซ์ที่มีความอ่อนตัวมากกว่า (flexible) ไปยังวัสดุอัดแทรกที่มีความแข็งแรงกว่า และป้องกันการแทรกซึมของน้ำตามรอยต่อระหว่างวัสดุอัดแทรกกับเรซินเมทริกซ์ได้ (5)

ชนิดของเรซินคอมโพสิตจัดแบ่งชนิดตามการกระจายตัว และขนาดของวัสดุอัดแทรกได้ดังนี้

<u>มาโครฟิลด์เรซินคอมโพสิต</u> เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เทรดดิชันนัลเรซินคอมโพสิต (traditional resin composites) มาโครฟิลด์เรซินคอมโพสิตเป็นเรซินคอมโพสิตชนิดแรกที่นำมาใช้ในการบูรณะฟันหน้า (1) วัสดุอัดแทรกมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 10-20 ไมโครเมตร เนื่องจากวัสดุอัดแทรกมีขนาดใหญ่เมื่อเกิดการสึกของเรซินเมทริกซ์บริเวณพื้นผิว จะทำให้วัสดุอัดแทรกเกิดการเผยผึ่งเป็นผลให้ผิววัสดุบูรณะมีลักษณะด้านและหยาบเมื่อขัดแล้วจึงมีความเงางามต่ำ (4) ซึ่งอาจก่อให้เกิดการสะสมของแผ่นคราบจุลินทรีย์ และการติดสีที่วัสดุบูรณะมากกว่าไมโครฟิลด์เรซินคอมโพสิตหรือเรซินคอมโพสิตชนิดอื่น มาโครฟิลด์เรซินคอมโพสิตจึงแทบจะไม่มีการใช้งานในปัจจุบัน (13)

ไมโครฟิลด์เรซินคอมโพสิต วัสดุอัดแทรกมีขนาดเฉลี่ย 0.01-0.05 ไมโครเมตร มีส่วนประกอบหลักเป็นคอลลอยดัลซิลิกา (colloidal silica) เมื่อขัดแล้วพื้นผิวจะมีความเรียบ ความมันเงาสูง และสามารถคงความมันเงาได้นาน แต่เนื่องจากวัสดุอัดแทรกมีขนาดเล็กทำให้มีพื้นที่หน้าตัด (surface area) สัมผัสกับเรซินเมทริกซ์มากจึงไม่สามารถใส่วัสดุอัดแทรกเป็นปริมาณมากได้ ส่วนประกอบส่วนใหญ่จึงเป็นเรซินเมทริกซ์ทำให้คุณสมบัติของวัสดุด้อยลง ต่อมามีการพัฒนาวัสดุอัดแทรกเป็นชนิดพรีพอลิเมอร์ไรซ์ (prepolymerized fillers; PPF) ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณวัสดุอัดแทรกได้ทำให้ไมโครฟิลล์เรซินคอมโพสิตมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น (4) เรซินคอมโพสิตชนิดนี้เหมาะสำหรับบริเวณที่ต้องการความสวยงาม เช่น การบูรณะฟันคลาสโฟร์ (class IV) และการบูรณะฟันคลาสไฟว์ (class V) (13)

ไฮบริดเรซินคอมโพสิต คือ เรซินคอมโพสิตที่ประกอบด้วยวัสดุอัดแทรกที่มีขนาดแตกต่างกันอย่างน้อยสองชนิดเป็นส่วนประกอบ (5) วัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่มีขนาดเฉลี่ย 15-20 ไมโครเมตร วัสดุอัดแทรกขนาดเล็กส่วนใหญ่เป็นคอลลอยด์ดัลซิลิกา (colloidal silica) มีขนาดเฉลี่ย 0.01-0.05 ไมโครเมตร (4) ไฮบริดเรซินคอมโพสิตสามารถบูรณะฟันหลังคลาสวัน (class I) และคลาสทู (class II) ขนาดเล็กจนถึงขนาดกลางได้

ไมโครไฮบริดเรซินคอมโพสิต เป็นการพัฒนาส่วนวัสดุอัดแทรกของไฮบริดคอมโพสิต ซึ่งประกอบไปด้วยวัสดุอัดแทรกหลายขนาดแตกต่างกันให้มีขนาดเล็กลง โดยมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร จากการที่วัสดุอัดแทรกมีขนาดเล็กลง จึงสามารถขัดวัสดุบูรณะให้มีความเรียบ และความมันเงาได้มากขึ้น นอกจากนี้ไมโครไฮบริดเรซินคอมโพสิตยังมีความแข็งแรงมากกว่าไมโครฟิลล์จึงสามารถนำมาใช้ในการบูรณะได้ทั้งฟันหน้าและฟันหลัง (9)

นาโนคอมโพสิต คือ เรซินคอมโพสิตที่มีการนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในการผลิตเพื่อให้วัสดุอัดแทรกมีขนาดเล็กลงอยู่ในช่วง 0.1-100 นาโนเมตร การที่วัสดุอัดแทรกมีขนาดเล็กลงต่ำกว่าความยาวคลื่นแสงที่สามารถมองเห็นได้ในช่วง 0.4-0.8 ไมโครเมตร ทำให้ไม่เกิดการกระจายหรือดูดกลืนของแสง นาโนคอมโพสิตมีความสวยงามใกล้เคียงฟันธรรมชาติมากขึ้น นอกจากคุณสมบัติด้านความสวยงามแล้วนาโนคอมโพสิตยังสามารถเพิ่มปริมาณวัสดุอัดแทรกได้ถึงร้อยละ 90-95 โดยน้ำหนัก ด้วยการพัฒนาการจัดเรียงและการกระจายโมเลกุลของวัสดุอัดแทรกในเรซินเมทริกซ์ เมื่อนาโนคอมโพสิตมีปริมาณวัสดุอัดแทรกมากขึ้นจึงเกิดการหดตัวจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ลดลง (15) ประมาณร้อยละ 1.4-1.6 โดยปริมาตร นอกจากนี้ยังเป็นผลให้วัสดุมีคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพที่ดีขึ้น เช่น เพิ่มค่าความแข็งผิว ความต้านทานการขัดสึก (14) ความแข็งแรงดึง (tensile strength) ความแข็งแรงกด และความต้านทานแรงแตกหัก (resistance to fracture) เทียบเท่ากับไฮบริดเรซินคอมโพสิต (15) นาโนคอมโพสิตจึงเป็นวัสดุบูรณะที่มีการนิยมใช้

ในปัจจุบันเนื่องจากมีทั้งคุณสมบัติด้านความสวยงามและความแข็งแรง นาโนคอมโพสิตสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ นาโนฟิลล์เรซินคอมโพสิต และนาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิต

นาโนฟิลล์เรซินคอมโพสิต ประกอบด้วยวัสดุอัดแทรกชนิด ซิลิกาและเซอร์โคเนีย (zirconia) อยู่เป็นโมเลกุลเดี่ยวไม่มีการรวมกลุ่ม (non-agglomerated) หรือถูกทำให้เกิดการรวมกลุ่มกัน (agglomerates) อย่างหลวมๆระหว่างโมเลกุลขนาดเล็กเป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อทำให้สามารถเพิ่มปริมาณวัสดุอัดแทรกในเรซินเมทริกซ์และทำให้เรซินคอมโพสิตมีคุณสมบัติทางกลที่ดีขึ้น (14)

นาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิต คือ ไฮบริดเรซินคอมโพสิตที่มีวัสดุอัดแทรกขนาดเล็กระดับนาโนเมตรรวมอยู่ด้วย วัสดุอัดแทรกของนาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิตประกอบด้วยซิลิกาขนาดเล็กประมาณ 20 นาโนเมตร ที่ไม่มีการรวมกลุ่มกันกระจายอยู่ทั่วไป แบเรียมกลาส์สขนาดเฉลี่ย 0.4 ไมโครเมตร และวัสดุอัดแทรกชนิดพรีพอลิเมอร์ไรซ์ซึ่งมีขนาดใหญ่ประมาณ 30-50 ไมโครเมตร เพื่อสามารถเพิ่มปริมาณวัสดุอัดแทรกในพรีพอลิเมอร์ไรซ์นี้ได้ (14)

การแปรงฟัน

การแปรงฟัน คือ การควบคุมคราบจุลินทรีย์ (plaque control) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อกำจัดคราบจุลินทรีย์ และป้องกันการรวมตัวกันของจุลชีพบนผิวฟันและเหงือก เนื่องจากคราบจุลินทรีย์เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโรคปริทันต์รวมไปถึงการเกิดฟันผุ วิธีการควบคุมคราบจุลินทรีย์ที่สำคัญที่สุดวิธีหนึ่งคือ การทำความสะอาดช่องปากด้วยการแปรงฟันร่วมกับยาสีฟัน (16) แปรงสีฟันที่ใช้ในปัจจุบันขนแปรงผลิตจากไนล่อน (nylon) ลักษณะขนแปรงเป็นเส้นกลมตั้งตรง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันตลอดทั้งเส้น (17) ชนิดขนแปรงสามารถแบ่งเป็น 3 ชนิด ตามระดับความแข็งอ่อนของขนแปรงได้ดังนี้ ชนิดนุ่มขนแปรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.007 นิ้ว (0.2 มิลลิเมตร) ชนิดปานกลางมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.012 นิ้ว (0.3 มิลลิเมตร) และชนิดแข็งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.014 นิ้ว (0.4 มิลลิเมตร) ซึ่งขนแปรงที่มีการยอมรับให้ใช้กันอย่างกว้างขวางคือ ขนแปรงชนิดนุ่มเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดได้ดีโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อเหงือกและเคลือบรากฟัน (cementum) (18)

ยาสีฟัน

ยาสีฟัน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทำความสะอาดฟันร่วมกับแปรงสีฟัน มีลักษณะเป็นผง (powder) ของเหลว (liquid) ของเหลวข้น (paste) หรือเจล (gel) ลักษณะทั่วไปของยาสีฟันชนิดผงต้องเป็นผงละเอียดปราศจากสิ่งแปลกปลอมใด ๆ ส่วนยาสีฟันชนิดเหลวหรือชนิดของเหลวข้นต้องมีความเป็นเนื้อเดียวกัน ตามลักษณะของยาสีฟันนั้น ๆ และปราศจากสิ่งแปลกปลอมใด ๆ เช่นกัน

(19) ยาสีฟันมีหน้าที่สำคัญ 3 ประการ คือ 1. ทำความสะอาดและเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดคราบจุลินทรีย์ คราบสีในการแปรงฟัน 2. ทำหน้าที่ขัดเพื่อเพิ่มการสะท้อนความเรียบและความสวยงามให้กับฟัน 3. ทำหน้าที่ในการป้องกันและควบคุมโรคเมื่อมีสารที่มีสรรพคุณนั้นๆเป็นส่วน ประกอบ เช่น ฟลูออไรด์ สามารถเพิ่มความต้านทานต่อการเกิดฟันผุและเพิ่มการคืนกลับแร่ธาตุ (remineralization) ของการเกิดฟันผุในชั้นเคลือบฟัน (enamel) ได้ สตรอนเทียมคลอไรด์ (strontium chloride) หรือโพแทสเซียมไนเตรต (potassium nitrate) สามารถลดอาการเสียวฟันได้ เป็นต้น (20)

<u>ส่วนประกอบของยาสีฟัน</u>

ยาสีฟันมีส่วนประกอบพื้นฐานประกอบด้วย น้ำ สารขัดสี (abrasive) สารลดแรงตึงผิว (surfectant) สารทำความสะอาด (detergent) สารควบคุมความเหนียวข้น (binder) สารแต่งสี (colorants) สารแต่งรส (flavoring) และสารอื่น ๆ (20, 21) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของยาสีฟัน (20)

ส่วนประกอบ	**ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก (ยาสีฟันชนิดของเหลวข้น)**	**สารที่ใช้**	**จุดประสงค์**
สารขัดสี	20-55	แคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) ไดเบสิคแคลเซียมฟอสเฟตไดไฮเดรต (dicalcium phosphate dihydrate) ไฮเดรตอลูมินา (hydrated alumina) ไฮเดรตซิลิกา (hydrated silica) โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate)	กำจัดคราบจุลินทรีย์ คราบสีขัดผิวฟัน
สารลดแรงตึงผิว	20-35	ซอร์บิทอล (sorbitol) กลีเซอรีน (glycerin)	ควบคุมความชื้น
น้ำ	15-25	น้ำปราศจากอิออน	สารแขวนลอย

ส่วนประกอบ	ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก (ยาสีฟันชนิดของเหลวข้น)	สารที่ใช้	จุดประสงค์
สารควบคุมความเหนียวข้น	3	คาราจีแนน (carrageenan)	ป้องกันการแยกตัวของส่วนประกอบต่าง ๆ
สารทำความสะอาด	1-2	โซเดียมลอริลซัลเฟต (sodium lauryl sulfate)	กำจัดคราบสกปรก
สารแต่งสี	1-2	สีผสมอาหาร	แต่งสี
สารแต่งกลิ่น รส	1-2	น้ำมันจากสเปียร์มิ้น น้ำมันจากเปปเปอร์มิ้น น้ำมันจากระกำ น้ำมันจากซินนามอน	แต่งกลิ่นและรส
ฟลูออไรด์	0-1	โซเดียมโมโนฟลูออโรฟอสเฟต (sodium monofluorophosphate) โซเดียมฟลูออไรด์ (sodium fluoride) สแตนนัสฟลูออร์ไรด์ (stannous fluoride)	ป้องกันฟันผุ
สารป้องกันการเสียวฟัน	0-5	โพแทสเซียมไนเตรต สตรอนเทียมคลอไรด์	ลดอาการเสียวฟัน
สารควบคุมการเกิดหินน้ำลาย	0-1	ไดโซเดียมไพโรฟอสเฟต (disodium pyrophosphate) เตตราโซเดียมไพโรฟอสเฟต (tetrasodium pyrophosphate) เตตราโพแทสเซียมไพโรฟอสเฟต (tetrapotassium pyrophosphate)	ยับยั้งการเกิดหินน้ำลายเหนือเหงือก

ชนิดของยาสีฟันแบ่งตามคุณสมบัติได้ดังนี้

ยาสีฟันป้องกันฟันผุ ยาสีฟันสามารถป้องกันการเกิดฟันผุได้เมื่อมีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบ ฟลูออไรด์ที่นำมาใช้มีหลายรูปแบบ เช่น โซเดียมฟลูออไรด์ สแตนนัสฟลูออไรด์ โซเดียมโมโนฟลูออโรฟอสเฟต (18) และแอมมีนฟลูออไรด์ (amine fluoride) (22) สมาคมทันตแพทย์แห่งอเมริกา (American Dental Association; ADA) ได้กำหนดปริมาณฟลูออไรด์ที่เหมาะสมในการป้องกันฟันผุเท่ากับ 1,100 ส่วนในล้านส่วน (part per million; ppm) (18) ประเทศไทยมีการควบคุมปริมาณฟลูออไรด์ในยาสีฟัน โดยฟลูออไรด์ที่ละลายน้ำต้องมีค่าระหว่าง 500-1,100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และต้องไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ต่อหนึ่งหน่วยภาชนะบรรจุ (19)

ยาสีฟันลดคราบจุลินทรีย์ สารที่ใช้ในปัจจุบันได้แก่ ไตรโคลซาน (triclosan) และคลอเฮกซิดีน (chlorhexidine) มีการศึกษาถึงการใช้ไตรโคลซานพบว่าเมื่อใช้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ให้ผลไม่แตกต่างจากการใช้ยาสีฟันทั่วไป แต่เมื่อมีการใช้เป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง สามารถลดการเกิดคราบจุลินทรีย์ได้ร้อยละ 5 (23) คลอเฮกซิดีนเป็นสารที่สามารถระงับการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงมีการนำมาใช้และพบว่าสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่ายาสีฟันทั่วไป (24)

ยาสีฟันควบคุมการเกิดคราบหินน้ำลาย ส่วนประกอบสำคัญของยาสีฟันชนิดนี้คือสารไพโรฟอสเฟต ได้แก่ ไดโซเดียมไพโรฟอสเฟต เตตราโซเดียมไพโรฟอสเฟต และโพแทสเซียมไพโรฟอสเฟต สารเหล่านี้จะทำหน้าที่ขัดขวางการตกผลึกในคราบหินน้ำลาย โดยไม่มีผลต่ออิออนของฟลูออไรด์ในยาสีฟัน การยับยั้งการเกิดคราบหินน้ำลายจะยับยั้งเฉพาะบริเวณเหนือเหงือกเท่านั้น พบว่าเมื่อใช้ยาสีฟันชนิดนี้จะทำให้คราบหินน้ำลายเหนือเหงือกลดลงร้อยละ 29-40 โดยไม่มีผลต่อการเกิดคราบหินน้ำลายใต้เหงือกหรือการเกิดเหงือกอักเสบ (16)

ยาสีฟันลดอาการเสียวฟัน สารที่ใช้ได้แก่ โพแทสเซียมไนเตรต และสโตรอนเทียมคลอไรด์ โดยสารที่ใส่ในยาสีฟันเป็นการออกฤทธิ์เฉพาะที่ เพื่อบรรเทาอาการเนื้อฟันไวเกิน โดยสารเหล่านี้จะทำหน้าที่อุดตันท่อเนื้อฟันที่มีการเผยผึ่ง หรือมีผลโดยตรงต่อเส้นประสาทภายในโพรงประสาทฟัน ทำให้ฟันมีความไวต่อการตอบสนองความรู้สึกลดลง (25)

ยาสีฟันเพื่อฟันขาว จุดประสงค์หลักของยาสีฟันเพื่อฟันขาวคือ ต้องการจำกัดคราบสีและควบคุมการเกิดใหม่ของคราบสีจากปัจจัยภายนอกตัวฟัน (20) รวมถึงการฟอกสีภายในตัวฟันเพื่อให้ฟันดูขาวขึ้น ส่วนประกอบที่สำคัญของยาสีฟันเพื่อฟันขาวแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ สารขัดสี สารเคมี (chemical agents) และสารออปติคอลรูท (optical routes)

สารขัดสีที่ใช้ในยาสีฟันเพื่อฟันขาว ได้แก่ ไฮเดรตซิลิกา แคลเซียมคาร์บอเนต ไดแคลเซียมฟอสเฟตไดไฮเดรต แคลเซียมไพโรฟอสเฟต (calcium pyrophosphate) อลูมินา (alumina) เพอร์ไลท์ (perlite) โซเดียมไบคาร์บอเนต และซอฟท์ซิลิกา (soft silica) สารขัดสีในยาสีฟันจะทำหน้าที่โดย

เข้าไปแทรกระหว่างขนแปรงกับผิวฟัน เพื่อทำความสะอาดและกำจัดคราบสีบนตัวฟันออก เนื่องจากสารขัดสีมีความแข็งผิวมากกว่าคราบสีบนตัวฟันจึงสามารถกำจัดคราบสีออกได้ (26) จากการทดลองทางคลินิกของ Nathoo พบว่ายาสีฟันที่มีการใช้สารขัดสีสองชนิดร่วมกันสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาดได้ โดยใช้ซิลิกาชนิดที่มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสูง (high cleaning silica) ปริมาณร้อยละ 17 ร่วมกับซิลิกาชนิดขัดมัน (polishing silica) ปริมาณร้อยละ 17 เป็นเวลา 3-6 สัปดาห์ หลังการใช้สามารถลดคราบสีจากภายนอกตัวฟันได้มากกว่าการใช้สารขัดสีซิลิกาเพียงอย่างเดียว (27) และจากการทดลองทางคลินิกของ Streenivasan ในประชากรที่มีระดับคราบสีภายนอกตัวฟันสูง พบว่าหลังจากใช้ยาสีฟันชนิดเดียวกันนี้เป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ สามารถลดระดับคราบสีลงได้มากกว่าการใช้ยาสีฟันที่มีซิลิกาเป็นสารขัดสีเพียงอย่างเดียว (28)

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการทำความสะอาดของสารขัดสี ได้แก่ ความแข็งผิว ขนาด รูปร่าง ปริมาณการกระจาย และความเข้มข้นของสารขัดสี รวมถึงแรงที่ใช้ในการแปรง (26) จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้สารขัดสีที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีความสามารถในการขัดเพิ่มมากขึ้น แต่ทำให้เกิดอัตราการสึกของฟันที่มากขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารขัดสีที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดลดลง เนื่องจากอนุภาคของสารขัดสีไม่สามารถแทรกเข้าไปอยู่ระหว่างขนแปรงได้ จึงถูกกวาดออกทางด้านข้างของบริเวณที่ทำความสะอาด (29) ดังนั้นการเลือกใช้สารขัดสีในยาสีฟันจึงต้องมีการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย ระหว่างประสิทธิภาพในการทำความสะอาดกับอัตราการเกิดการสึกของฟัน จึงได้มีการกำหนดค่าการสึกของฟันจากยาสีฟันเป็นค่ามาตรฐาน โดยสมาคมทันตแพทย์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาและองค์การมาตรฐานนานาชาติ (International Organization for Standardization : ISO) หมายเลข 11609 (30) ได้กำหนดค่ามาตรฐานการสึกโดยเปรียบเทียบกับการสึกของเนื้อฟัน เป็นค่าการสึกมาตรฐานของเนื้อฟัน (Radioactive Dentine Abrasion : RDA) ซึ่งควรอยู่ในช่วง 200-250 หรือมีค่าต่ำกว่านี้(20) และองค์การมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (มอก.) กำหนดความสามารถในการขัดของยาสีฟันเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการขัดกับสารขัดมาตรฐานต้องมีค่ามาตรฐานการขัดสำหรับเนื้อฟันไม่เกิน 2.5 เท่า และเคลือบฟันไม่เกิน 4 เท่า (19)

สารเคมีที่เป็นส่วนประกอบในยาสีฟันเพื่อฟันขาว ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) แคลเซียมเปอร์ออกไซด์ (calcium peroxide) โซเดียมซิเตรด (sodium citrate) โซเดียมไพโรฟอสเฟต (sodium pyrophosphate) โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (sodium tripolyphosphate) โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (sodium hexametaphosphate) และปาเปน (papain) สารประเภทเปอร์ออกไซด์จะมีประสิทธิภาพในการลดสีที่มีสาเหตุจากภายในตัวฟัน โดยปกติมักใช้ร่วมกับถาดฟอกสีฟัน ใช้ในรูปแบบของแถบฟอกสีฟัน (strips) หรือทาบนตัวฟัน

(paint-on) การนำเปอร์ออกไซด์มาเป็นส่วนประกอบในยาสีฟันจึงต้องมีการควบคุมปริมาณ และช่วงเวลาในการใช้ให้มีระยะเวลาสั้น (26) จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่ายาสีฟันที่มีส่วนประกอบของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1 ร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตสามารถลดสีเหลืองและเพิ่มความสว่าง (lightness) ของฟันได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ยาสีฟันที่มีส่วนประกอบของซิลิการ่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต (31) นอกจากกลไกการกำจัดสีจากปัจจัยภายในตัวฟันแล้ว ยาสีฟันเพื่อฟันขาวยังมีสารช่วยลดและกำจัดคราบสีจากภายนอกตัวฟันด้วย ตัวอย่างเช่น เอนไซม์โปรทีเอส (protease enzyme) ปัจจุบันมีการทดลองทางคลินิกโดยนำยาสีฟันที่มีส่วนประกอบของเอนไซม์ปาเปน อลูมินาและโซเดียมซิเตรต มาใช้เพื่อกำจัดคราบสีจากภายนอกตัวฟันแต่ยังไม่ให้ผลที่แตกต่างกับยาสีฟันหลอก (placebo) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสารกลุ่มไพโรฟอสเฟต ไตรโพลีฟอสเฟต และเฮกซะเมตาฟอสเฟต เป็นสารที่มีความชอบ (affinity) ต่อการยึดติดกับชั้นเคลือบฟัน เนื้อฟัน และหินน้ำลายสูง ซึ่งระหว่างที่สารเหล่านี้ยึดเกาะกับตัวฟันจะมีผลทำให้ลดการยึดติดของคราบสีต่อตัวฟันได้ (32)

สารออปติคอลรูท ได้แก่ บลูโควารีน (blue covarine) จากการทดลองทางห้องปฏิบัติการของ Joiner ในการใช้ยาสีฟันเพื่อฟันขาวที่มีส่วนประกอบของซิลิกาและบลูโควารีน พบว่าบลูโควารีนสามารถเกิดการสะสมบนผิวฟัน และทำให้ฟันเปลี่ยนจากเฉดสีเหลืองเป็นเฉดสีฟ้าซึ่งทำให้ฟันดูขาวขึ้นได้ (33) นอกจากนี้จากการศึกษาทางคลินิกของ Sulong พบว่าเมื่อใช้ยาสีฟันที่มีส่วนประกอบของบลูโควารีนสามารถลดระดับสีเหลืองได้ในทันที และทำให้ฟันขาวขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นยาสีฟันที่มีส่วนประกอบของซิลิกา (34)

การสึก

การสึก คือ การสูญเสียอนุภาคบริเวณพื้นผิวของตัววัสดุด้วยกระบวนการเชิงกล อันได้แก่ การถู (rubbing) การอัด (impact) การขูด (scraping) และการกร่อน (erosion) ซึ่งเมื่อเกิดกระบวนการเหล่านี้จะทำให้เกิดการสูญเสียพื้นผิวอย่างต่อเนื่อง ในทางทันตกรรมการสึกสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อพื้นผิวสองพื้นผิวมีการเคลื่อนที่หรือไถลผ่านกันภายใต้แรงกระทำ (35) การสึกของวัสดุทางทันตกรรมเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน อาจเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการเชิงกล อุณหภูมิ สารเคมี หรือไฟฟ้า (36)

การสึกสามารถแบ่งตามสาเหตุได้หลายประเภท ได้แก่

<u>การสึกจากการยึดติด</u> (adhesive wear) เป็นการสึกที่พบได้บ่อยเกิดจากวัสดุที่มีลักษณะแข็งเคลื่อนที่บนพื้นผิวของอีกวัสดุหนึ่ง หรืออาจมีแรงกดต่อวัสดุนั้น ทำให้เกิดการหลุดของอนุภาคขนาดเล็กจากพื้นผิว ซึ่งการเกิดอนุภาคขนาดเล็กขึ้นนี้จะส่งเสริมให้เกิดกระบวนการสึกที่มากขึ้น (35)

การสึกจากการกร่อน (erosive wear) มีสาเหตุจากอนุภาคของของแข็งหรือของเหลวกระแทกบนพื้นผิววัสดุเป็นผลทำให้วัสดุนั้นๆ มีความหยาบผิวที่มากขึ้น (35) เช่น การพ่นทราย (sandblast) คือ การใช้อนุภาคของแข็งจากแรงลมกระแทกพื้นผิววัสดุ หรือเกิดจากสารเคมีกัดกร่อน (chemical erosion) (20) ซึ่งอาจเกิดขึ้นบนตัวฟัน วัสดุบูรณะ หรือฟันเทียมได้เมื่อช่องปากมีสภาพเป็นกรด หรือช่องปากมีค่าความเป็นกรดด่างแปรปรวน

การสึกจากการกระแทก (impact wear) เกิดจากการกระแทกระหว่างพื้นผิววัสดุที่มีความแข็งสองพื้นผิวอย่างซ้ำๆ แตกต่างจากการสึกจากการกร่อน ทางทันตกรรมการสึกจากการกระแทกเกิดขึ้นได้ระหว่างการบดเคี้ยว การกลืน หรือการขบเน้น (clenching) เมื่อฟันล่างสบกับฟันบน หรือบางครั้งอาจเกิดร่วมกันระหว่างการกระแทก และการลื่นไถลของฟันล่างและฟันบน

การสึกจากการกัดกร่อน (corrosive wear) เกิดจากสารเคมีซึ่งเป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสิ่งแวดล้อมกับพื้นผิวที่สัมผัส โดยทั่วไปสารเคมีจะทำลายพื้นผิวอย่างรวดเร็วในช่วงต้น ต่อจากนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงหรือสิ้นสุดลงหลังจากที่มีการสร้างเยื่อบางๆ (cohesive film) ปกคลุมพื้นผิว แต่เมื่อใดก็ตามที่เยื่อนี้ถูกทำลายโดยการไถลของพื้นผิวใดๆก็ตาม จะเกิดการกัดกร่อนของพื้นผิวที่ไม่มีเยื่อปกคลุมอีกครั้ง การสึกนี้จะทำให้ความสวยงามของวัสดุด้อยลง และอาจก่อให้เกิดผลผลิต (by product) ที่เป็นอันตรายต่อร่างกายได้ (35)

การสึกจากการล้า (fatigue wear) เกิดขึ้นเมื่อวัสดุได้รับความเครียดเป็นเวลานาน เกิดได้บริเวณพื้นผิวหรือในเนื้อวัสดุ ทำให้เกิดเป็นรอยร้าวและเกิดการแตกหักของพื้นผิววัสดุได้ในที่สุด

การสึกจากการขัดถู (abrasive wear) เกิดจากการที่พื้นผิวหรืออนุภาคที่มีความแข็งขัดถูไปบนวัสดุที่มีพื้นผิวอ่อนกว่า การสึกจากการขัดถูมักมีการรวมอนุภาคของวัสดุที่ถูกขัดอัดอยู่บริเวณพื้นผิวด้วย การสึกจากการขัดถูในช่องปากเกิดขึ้นได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับตำแหน่งของวัสดุบูรณะ เช่น วัสดุบูรณะคลาสส์วัน และคลาสส์ทู จะเกิดการสึกบริเวณด้านบดเคี้ยวจากแรงกดของอาหาร และฟันคู่สบขณะกัดหรือบดเคี้ยว (9) ส่วนวัสดุบูรณะคลาสส์ทรี และคลาสส์ไฟว์ มีสาเหตุหลักของการสึกมาจากการแปรงฟัน โดยการสึกขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดของขนแปรง ปริมาณสารขัดสีในยาสีฟัน รวมถึงแรงและความถี่ที่ใช้ในการแปรงของแต่ละบุคคล (35)

การสึกจากการขัดถูสามารถแบ่งตามกระบวนการเกิดได้ 2 ชนิด คือ การสึกจากการขัดถูจากวัสดุสองสิ่ง (two-body abrasion) และสามสิ่ง (three-body abrasion) (36) การสึกจากการขัดถูจากวัสดุสองสิ่ง เกิดจากพื้นผิวซึ่งมีความแข็งต่างกันสองสิ่งมาสัมผัสกัน โดยพื้นผิวที่มีความแข็งผิวมากกว่าจะทำให้พื้นผิวที่มีความอ่อนกว่าเกิดรอยขีดข่วน การสึกชนิดนี้เกิดขึ้นได้ภายในช่องปากเมื่อมีการสัมผัสกันโดยตรงของฟันบนและล่าง (36) หรือเกิดจากการใช้หัวกรอที่มีการฝังสารขัดสีบริเวณพื้นผิว เช่น หัวกรอเข็มเพชร (diamond bur) กรอหรือขัดวัสดุบูรณะ (20) เป็นต้น ส่วนการสึกจากการขัดถูจากวัสดุสามสิ่ง เกิดจากการที่มีอนุภาคขนาดเล็กซึ่งมีความแข็งแทรกอยู่

ระหว่างพื้นผิวสองพื้นผิวที่สัมผัสกัน ระหว่างการขัดถูจึงทำให้เกิดการสึก เช่น อาหารที่แทรกอยู่ระหว่างฟันบนและล่างในการบดเคี้ยว การแปรงฟันโดยมียาสีฟันแทรกอยู่ระหว่างขนแปรงและผิวฟัน (36) หรือการใช้หัวขัดยางร่วมกับสารขัดสีในการขัดฟันหรือวัสดุบูรณะ (20)

ความหยาบผิวของวัสดุบูรณะ

คุณสมบัติพื้นผิวของวัสดุที่ใช้ในการบูรณะเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่ง ซึ่งบอกถึงความสำเร็จในการบูรณะ เนื่องจากพื้นผิวเป็นสื่อกลางในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างวัสดุบูรณะกับสภาวะแวดล้อมในช่องปาก เช่น เป็นที่สะสมของแบคทีเรีย (37) ความหยาบผิวจึงเป็นคุณสมบัติสำคัญอย่างหนึ่งที่ควรคำนึงถึง (38) ความหยาบผิวของวัสดุบูรณะบ่งบอกถึง ความขรุขระของสภาพพื้นผิว ลักษณะ (10) องค์ประกอบ และความพรุนในตัววัสดุ ยิ่งไปกว่านั้นความหยาบผิวยังเป็นที่ยอมรับว่าเป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องทางคลินิก ในด้านความต้านทานการสึก (wear resistance) การสะสมของแผ่นคราบจุลินทรีย์ การเกิดเหงือกอักเสบ และการเปลี่ยนสีของวัสดุบูรณะโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการบูรณะคลาสส์ไฟว์ (37) พื้นผิววัสดุบูรณะที่มีความเรียบก่อให้เกิดความสวยงาม และเกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์ต่ำ(39) ส่วนพื้นผิวที่มีความหยาบผิวมากจะทำให้ความเงางามลดลง เพิ่มการติดสี (10) เกิดการสะสมคราบจุลินทรีย์มากขึ้น ซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดเหงือกอักเสบและโรคฟันผุตามมา (38) การแปรงฟันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสึกจากการขัดถู ซึ่งเป็นผลให้วัสดุบูรณะมีความหยาบผิวเพิ่มขึ้นได้ จากการศึกษาของ Bollen พบว่าค่าความหยาบผิวที่ทำให้เกิดการสะสมของแผ่นคราบจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 0.2 ไมโครเมตร (40) และการศึกษาของ Jone พบว่าปลายลิ้นของผู้ป่วยสามารถรับรู้ได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิว 0.3 ไมโครเมตร (41)

การประเมินการสึกและความหยาบผิวของวัสดุ

การประเมินการสึกทางห้องปฏิบัติการสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน โดยแบ่งได้เป็นการวัดเชิงคุณภาพ (Qualitative methods) และการวัดเชิงปริมาณ (Quantitative methods)

การวัดเชิงคุณภาพ ได้แก่ การวัดด้วยสายตาและการสัมผัส (visual-tactile examination) โดยกระทรวงสาธารณสุขประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Public Health Service criteria : USPH criteria) มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความต้านทานการสึกและลักษณะพื้นผิว (surface texture) ของวัสดุบูรณะเป็น 3 ระดับคือ อัลฟา (Alfa) บราโว (Bravo) และชาลี (Charlie) ดังนี้ เมื่อพิจารณาจากความต้านทานการสึกของวัสดุ อัลฟา หมายถึง วัสดุบูรณะที่สมบูรณ์ไม่มีการสูญเสียเค้ารูป (contour) บราโว หมายถึง วัสดุบูรณะที่มีการสูญเสียเค้ารูปเล็กน้อยแต่ยังไม่จำเป็นต้องได้รับการบูรณะใหม่ และชาลี หมายถึง วัสดบูรณะที่มีการสูญเสียเค้า

รูปมากจำเป็นต้องได้รับการบูรณะใหม่ เมื่อพิจารณาจากลักษณะพื้นผิววัสดุ อัลฟา หมายถึง วัสดุบูรณะที่มีพื้นผิวเรียบเหมือนกับเคลือบฟันข้างเคียง บราโว หมายถึง วัสดุบูรณที่มีความหยาบผิวมากกว่าเคลือบฟันข้างเคียง และชาลี หมายถึง วัสดุบูรณะที่มีพื้นผิวหยาบมาก (42) การวัดเชิงคุณภาพอีกวิธีหนึ่ง คือ การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron microscopy) สำหรับดูลักษณะ และสามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวได้ (43)

การวัดเชิงปริมาณ ได้แก่ การชั่งน้ำหนัก (weight) ในห้องปฏิบัติการทำได้โดยชั่งน้ำหนักหลังจากการเตรียมชิ้นตัวอย่างเสร็จเป็นน้ำหนักก่อนการทดลอง แล้วนำชิ้นตัวอย่างไปผ่านการทดสอบการสึก จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อเป็นน้ำหนักหลังการทดลอง (43) หรือสามารถวัดค่าการสึกโดยใช้เครื่องโปรไฟโลมิเตอร์ (Profilometer) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการประเมินการสึก นอกจากนี้เครื่องโปรไฟโลมิเตอร์ยังสามารถใช้ในการประเมินความหยาบผิวของวัสดุบูรณะด้วย เครื่องโปรไฟโลมิเตอร์มีข้อดีคือ ทำการวัดได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว มีความแม่นยำ ไม่ทำลายพื้นผิวที่ทำการทดสอบ และไม่จำกัดขนาดของชิ้นตัวอย่างที่นำมาทำการทดสอบ (44)

เครื่องโปรไฟโลมิเตอร์

โปรไฟโลมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดโครงร่างพื้นผิววัสดุสามารถแบ่งตามชนิดการวัดได้เป็น 2 วิธี คือ การวัดโดยไม่มีการสัมผัสพื้นผิว (non-contact equipment) และการวัดโดยมีการสัมผัสพื้นผิว (contact equipment)

การวัดโดยไม่มีการสัมผัสพื้นผิว เช่น ไดโอดเลเซอร์ (diode laser) ทำงานโดยลำแสงของเลเซอร์ที่มีลักษณะเป็นจุดจะถูกส่งลงมาบริเวณพื้นผิววัสดุที่ต้องการวัด จากนั้นจะมีการสะท้อนกลับของลำแสงกลับไปที่ตัวรับเพื่อเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า แล้วตัวรับภาพจะทำการคำนวณพื้นผิวที่ทำการตรวจสอบออกมาเป็นตัวเลข การใช้เลเซอร์ในการวัดเหมาะสำหรับพื้นผิวที่ไม่มีความมันเงา เนื่องจากพื้นผิวที่มีความมันเงาจะมีการสะท้อนแสงกลับทำให้เครื่องทำการแปลผลได้ไม่ถูกต้อง

การวัดโดยมีการสัมผัสพื้นผิว เช่น การวัดความหยาบผิวด้วยเข็มลาก (stylus) โดยปลายเข็มลากเป็นชนิดปลายเข็มเพชรมีความเอียง 45 องศา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ไมโครเมตร ทำการวัดโดยเมื่อเข็มลากเคลื่อนที่บนพื้นผิววัสดุจะเคลื่อนแกนแม่เหล็กไปด้วย เพื่อทำให้เกิดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นข้อมูลจะแปลสัญญาณโดยเครื่องควบคุมจากสัญญาณไฟฟ้าเป็นตัวเลขดิจิตอล การใช้เข็มลากเหมาะสำหรับวัสดุที่มีความแข็งเพียงพอที่จะรับปลายเข็มได้ เช่น โลหะ พลาสติก และไม้ ไม่เหมาะสำหรับพื้นผิวที่มีส่วนประกอบของเพชรเนื่องจากอาจทำให้ปลายเข็มที่อได้ (45)

การประเมินความหยาบผิวด้วยเครื่องโปรไฟโลมิเตอร์ จะคำนวณค่าปริมาตรหลุม (volume of hole) ซึ่งเป็นค่าปริมาตรช่องว่างที่ต่ำกว่าระดับพื้นผิวเฉลี่ยของวัสดุ (mean plane) และปริมาตรยอด (volume of peak) ซึ่งเป็นค่าปริมาตรของวัสดุบูรณะที่สูงกว่าระดับพื้นผิวเฉลี่ยของวัสดุ เมื่อได้ค่าทั้งสองออกมาจึงสามารถประเมินการสึกของวัสดุบูรณะได้จากค่าปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไป (46)

การวัดค่าความหยาบผิวด้วยเครื่องโปรไฟโลมิเตอร์สามารถทำการวัดได้ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ การวัด 2 มิติ คือ การวัดในแนวแกน x แกน y (47) เป็นการวัดในแต่ละหน้าตัดด้านข้าง (profile) ของวัสดุเปรียบเทียบก่อนและหลังจากผ่านการทดสอบการสึกในตำแหน่งเดียวกัน แต่การวัด 2 มิตินี้สามารถทำซ้ำในตำแหน่งเดิมได้ยาก และค่าที่ได้ไม่อาจอ้างถึงการสึกของพื้นผิวทั้งหมด (48) การวัด 3 มิติ คือ การวัดแนวแกน x แกน y และแกน z (47) เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรทั้งหมดของพื้นผิวที่ทำการวัด หรือค่าเฉลี่ยความสูงที่หายไปทั้งหมด การวัด 3 มิติมีความละเอียดและเป็นตัวแทนที่อ้างถึงพื้นผิวทั้งหมดได้แน่นอนมากกว่า 2 มิติ (48) เมื่อเครื่องทำการวัดค่าพื้นผิวที่ทำการทดสอบแล้ว ข้อมูลที่ได้จากการวัดจะถูกส่งเป็นสัญญาณเข้าสู่ฮาร์ดแวร์ (hardware) และแปลค่าออกเป็นตัวเลขดิจิตอล การแสดงผลข้อมูลสามารถแสดงในได้รูปแบบกราฟ แถบสีซึ่งแสดงถึงความแตกต่างความสูงต่ำของระดับพื้นผิว และสามารถแสดงผลเป็นรูปภาพ 3 มิติได้ (47)

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบความต้านทานการสึก และการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวจากการแปรงของแต่ละงานวิจัยอาจมีการกำหนดค่าแรง ความเร็วและจำนวนรอบที่ใช้ในการทดลองแตกต่างกันออกไป จากงานวิจัยที่ผ่านมาสามารถสรุปได้ดังนี้

Wang (49) และคณะในปี ค.ศ.2004 ได้ทำการศึกษาความต้านทานการสึกของเรซินคอมโพสิต 7 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ชัวร์ฟิล (SureFil), อเลิร์ท (Alert), ฟิลเทคพี60 (Filtek P60), โปรดิจีคอนเดนเซเบิล (Prodigy Condensable), โซลิแทร์ (Solitaire), ซี100 (Z100) และไซลัคพลัส (Silux Plus) โดยการเปรียบเทียบน้ำหนักและความหยาบผิวที่เปลี่ยนไปก่อนและหลังการแปรง 100,000 รอบ (4.2 ปี) ใช้แรงในการแปรงเท่ากับ 200 กรัม ความเร็ว 374 รอบต่อนาที วัดการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวด้วยเครื่อง Hommel Tester พบว่าชัวร์ฟิลและอเลิร์ทซึ่งมีปริมาณวัสดุอัดแทรกมากมีความต้านทานการสึกมากกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดอื่น แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวมากที่สุด และพบว่าพื้นผิววัสดุมีการเผยของวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่ซึ่งมีลักษณะไม่สม่ำเสมอกัน

ในปี ค.ศ.2009 Suzuki (50) และคณะ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความต้านทานการสึกจากการแปรงของนาโนคอมโพสิต 2 ชนิด ได้แก่ นาโนฟิลล์ คือ ฟิลเทคซูพรีมเอกซ์ที (Filtek Supreme XT) และนาโนไฮบริด คือ แกรนดิโอ (Grandio), เตตริคอีโวซีแรม (Tetric EvoCeram) และวีนัสไดมอน (Venus Diamond) ชนิดละ 10 ชิ้น แปรงด้วยสารละลายยาสีฟันซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นผงขัด ความเร็ว 60 รอบต่อนาที แรงที่ใช้ในการแปรง 500 กรัม จำนวน 50,000 รอบ แล้ววัดค่าความสึกในแนวดิ่งด้วยไมโครมิเตอร์ (micrometer) วัดความหยาบผิวของวัสดุด้วยเครื่องโปรไฟโลมิเตอร์ และตรวจลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscopy) พบว่าเตตริคอีโวซีแรมเกิดการสึกหลังการแปรงมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ฟิลเทคซูพรีมเอกซ์ที วีนัสไดมอน และแกรนดิโอ ตามลำดับ แต่เตตริคอีโวซีแรมมีค่าความหยาบผิวน้อยกว่าฟิลเทคซูพรีมเอกซ์ที แกรนดิโอ และวีนัสไดมอน และเมื่อตรวจลักษณะพื้นผิวหลังการแปรงพบว่าเตตริคอีโวซีแรมมีลักษณะการสึกที่เรียบ ฟิลเทคซูพรีมเอกซ์ทีมีลักษณะการสึกเป็นรูปแบบเดียวกัน ส่วนแกรนดิโอและวีนัสไดมอนมีการเผยของวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่บริเวณพื้นผิว

Costa (51) และคณะ ในปี ค.ศ.2010 ศึกษาเปรียบเทียบความหยาบผิวและความมันเงาของเรซินคอมโพสิต 4 ชนิด คือ ดูราฟิล (ไมโครฟิลล์) ฟิลเทคซูพรีม (นาโนฟิลล์) ฟิลเทคซี250 (ไมโครไฮบริด) และพรีมิส (นาโนไฮบริด) จากการแปรงด้วยยาสีฟันที่มีค่าการสึกมาตรฐานของเนื้อฟันต่างกัน 3 ชนิด คือ คอลเกตโทเทิล (RDA 70), คอลเกตเบคกิ้งโซดา & เปอร์ออกไซด์ไวท์เทนนิง (RDA 145) และคอลเกตทาร์ทาคอนโทรล (RDA 200) โดยใช้แรงในการแปรงเท่ากับ 100 กรัม แปรงทั้งหมด 5,760 รอบ ด้วยความเร็ว 60 รอบต่อนาที พบว่าดูราฟิลไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงความมันเงาหลังแปรงด้วยยาสีฟันทุกชนิด เมื่อแปรงเรซินคอมโพสิตฟิลเทคซูพรีม ฟิลเทคซี250และพรีมิสด้วยคอลเกตโทเทิลความมันเงาจะลดลงน้อยกว่ายาสีฟันชนิดอื่น เมื่อพิจารณาถึงความหยาบผิวพบว่าฟิลเทคซี250เกิดความหยาบผิวมากที่สุดหลังการแปรง และเมื่อใช้คอลเกตเบคกิ้งโซดา & เปอร์ออกไซด์ไวท์เทนนิง และคอลเกตทาร์ทาคอนโทรลจะเกิดความหยาบผิวมากกว่าคอลเกตโทเทิล การทดลองของ Costa สรุปว่ายาสีฟันที่มีค่าการสึกมาตรฐานมากกว่าจะทำให้ความมันเงาของวัสดุลดลงมากกว่าและเกิดความหยาบผิวมากกว่ายาสีฟันที่มีค่าการสึกมาตรฐานน้อย และเรซินคอมโพสิตที่มีวัสดุอัดแทรกขนาดเล็กเกิดความหยาบผิวน้อยกว่าเรซินคอมโพสิตที่มีวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่จึงสามารถคงความมันเงาไว้ได้ ซึ่งต่างจากการทดลองของ Teixeira (11) และคณะ ในปี ค.ศ.2005 ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบการสึกและความหยาบผิวของฟิลเทคซี250และฟิลเทคซูพรีม จากการแปรงด้วยยาสีฟันคอลเกตโคลสอัพ โดยกำหนดจำนวนชิ้นตัวอย่างการทดลองเท่ากับ 10 ชิ้นต่อหนึ่งกลุ่มการทดลอง แรงที่ใช้ในการแปรง 250

กรัม ความเร็ว 90 ครั้งต่อนาที วัดค่าความสึกและความหยาบผิวที่การแปรง 10,000 20,000 50,000 และ 100,000 รอบ พบว่าเรซินคอมโพสิตทั้งสองชนิดมีความหยาบผิวเพิ่มมากขึ้นหลังการแปรง และเมื่อแปรงถึงจำนวน 50,000 และ 100,000 รอบ ฟิลเทคซูพรีมเกิดการสึกน้อยกว่าแต่มีความหยาบผิวมากกว่าฟิลเทคซี250

Amaral (52) และคณะ ในปี ค.ศ.2006 ศึกษาเปรียบเทียบความหยาบผิวของไมโครไฮบริด ไมโครฟิลล์เรซินคอมโพสิต และเรซินโมดิฟายน์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Resin-modified glass ionomer cement) ได้แก่ เอกซ์เทตเอกซ์ (Exthet-X) ดูราฟิลวีเอสและวิทรีเมอร์ (Vitremer) ตามลำดับ จากการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว 4 ชนิด ได้แก่ เครสเอกซ์ตราไวท์เทนนิง (ไบคาร์บอเนต + แคลเซียมไพโรฟอสเฟต) เดนตัลแคร์เอ&เอช (ไบคาร์บอเนต) เรมแบรนด์พลัสไวท์เทนนิง (คาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์+ อลูมินา/ซิลิกา) และ เอกซ์เพอร์ริเมนตัล (ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ + แคลเซียมคาร์บอเนต) โดยมียาสีฟันเครสเรกูลาร์ (ซิลิกา) เป็นกลุ่มควบคุม แปรงทั้งหมด 7,500 รอบ ด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที ใช้แรงในการแปรงเท่ากับ 200 กรัม จากนั้นวัดผลแต่ละกลุ่มการทดลองโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างความหยาบผิวหลังการแปรงกับก่อนการแปรงด้วยเครื่องวัดความหยาบผิวโปรไฟโลมิเตอร์ พบว่าเอกซ์เทตเอกซ์และวิทรีเมอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวใกล้เคียงกันและแตกต่างจากดูราฟิลวีเอสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยาสีฟันที่มีส่วนประกอบของคาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับอลูมินา/ซิลิกา หรือแคลเซียมคาร์บอเนตตามลำดับ ทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวน้อยกว่าซิลิกาและไบคาร์บอเนต

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

1. กลุ่มตัวอย่าง คือ ชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิต 4 ชนิด ประกอบด้วยนาโนฟิลล์ นาโนไฮบริด ไมโครฟิลล์ และไมโครไฮบริดเรซินคอมโพสิต

2. การคำนวณขนาดตัวอย่าง (n) ต่อกลุ่ม สำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยประชากร สูตรการคำนวณ

$$n = \frac{2\sigma^2 (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

$$\sigma^2 = S_p^2 = \frac{(S_1^2 + S_2^2)}{2}$$

โดยที่ σ^2 = ความแปรปรวนของประชากร (variance)

S = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

μ = ค่าเฉลี่ยของประชากร

$Z_{1-\alpha/2}$ = ค่ามาตรฐานของการกระจายปกติที่ระดับ α

$Z_{1-\beta}$ = ค่ามาตรฐานของการกระจายปกติที่ระดับ β

กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่ยอมรับทั้งที่สมมุติฐานเป็นจริง (Type I error, α) เท่ากับ 0.05 จึงแทนค่า $Z_{1-\alpha/2}$ ที่ 95% เท่ากับ 1.96

กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับทั้งที่สมมุติฐานไม่เป็นจริง (Type II error, β) เท่ากับ 0.1 จึงแทนค่า $Z_{1-\beta}$ ที่ 90% เท่ากับ 1.282

จากการศึกษานำร่องเพื่อเปรียบเทียบค่าการสึกและความหยาบผิวของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต 4 ชนิด คือ นาโนฟิลล์ (ฟิลเทคซี350เอกซ์ที) นาโนไฮบริด (เฮอร์คูไลท์อัลตรา) ไมโครฟิลล์ (ดูราฟิลวีเอส) และไมโครไฮบริด (ฟิลเทคซี250) ก่อนและหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว 4 ผลิตภัณฑ์ คือ สปาร์คเคิลไวท์ ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง และเซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง แล้วนำค่าเฉลี่ยของประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลองมาทำการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง ได้ค่ากลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวนมากเช่น 3,232 หรือ 1,887 ชิ้น

เมื่อนำมาพิจารณาความเป็นไปได้ที่จะสามารถเตรียมชิ้นตัวอย่างในช่วงระยะเวลาที่จำกัด รวมถึงงบประมาณในการทำวิจัย การศึกษาครั้งนี้จึงไม่สามารถใช้กลุ่มตัวอย่างตามที่คำนวณได้ จึงทำการคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยการสร้างตารางการสุ่ม (Randomized completed block design) จากตำแหน่งในการแปรงแต่ละรอบซึ่งสามารถแปรงได้รอบละ 8 ชิ้น ตามคุณสมบัติของเครื่องแปรงอัตโนมัติ การแปรงแต่ละรอบจะใช้เรซินคอมโพสิตทั้ง 4 ชนิด ชนิดละ 2 ชิ้น ยึดกับเครื่องแปรงอัตโนมัติสลับตำแหน่งตามตารางการสุ่ม ดังตารางที่ 2

กำหนดสัญลักษณ์เรซินคอมโพสิตแต่ละชนิดดังนี้ ฟิลเทคซี350เอกซ์ที = 350, เฮอร์คูไลท์ อัลตรา = Her, ดูราฟิลวีเอส = Du และฟิลเทคซี250 = 250 แต่ละรอบของการแปรงจะใช้ยาสีฟันผลิตภัณฑ์เดียวกันทั้งหมด โดยยาสีฟันแต่ละผลิตภัณฑ์จะทำการแปรงทั้งหมดจำนวน 8 รอบ

ตารางที่ 2 แสดงตารางการสุ่มของเครื่องแปรงอัตโนมัติ

ตำแหน่ง / รอบที่	1	2	3	4	5	6	7	8
1	350	350	Her	Her	Du	Du	250	250
2	250	350	350	Her	Her	Du	Du	250
3	250	250	350	350	Her	Her	Du	Du
4	Du	250	250	350	350	Her	Her	Du
5	Du	Du	250	250	350	350	Her	Her
6	Her	Du	Du	250	250	350	350	Her
7	Her	Her	Du	Du	250	250	350	350
8	350	Her	Her	Du	Du	250	250	350

จากตารางการสุ่มเมื่อทำการแปรง 8 รอบต่อยาสีฟันหนึ่งผลิตภัณฑ์ พบว่าเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด ชนิดละ 16 ชิ้น จะมีการหมุนเวียนอยู่ครบทั้ง 8 ตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่งจะมีการหมุนเวียนของเรซินคอมโพสิตชนิดเดียวกันมาอยู่ตำแหน่งละ 2 ครั้ง การสร้างตารางการสุ่มที่มีการหมุนเวียนโดยเท่ากันนี้จะช่วยลดข้อผิดพลาดจากการแปรงในแต่ละตำแหน่งได้ ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้กลุ่มตัวอย่างชนิดละ 16 ชิ้น

วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

เรซินคอมโพสิต 4 ชนิด คือ

1. นาโนฟิลล์เรซินคอมโพสิต
   - ฟิลเทคซี350เอกซ์ที สี A3B (3M ESPE Dental Products, St.Paul, MN, USA)
2. นาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิต
   - เฮอร์คูไลท์อัลตรา สี A3E (Kerr Corporation, Orange, CA, USA)
3. ไมโครฟิลล์เรซินคอมโพสิต
   - ดูราฟิลวีเอส สี A3 (Heraeus Kulzer, Gruner, Hanau, Germany)
4. ไมโครไฮบริดเรซินคอมโพสิต
   - ฟิลเทคซี250 สี A3E (3M ESPE Dental Products, St.Paul, MN, USA)

ตารางที่ 3 แสดงส่วนประกอบของเรซินคอมโพสิต

Resin composites	Type	Filler level (wt%)	Resin matrix	Manufacturer	Lot number
Filtek Z350XT	Nanofill	78.5	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, TEGDMA	3M ESPE, St.Paul, MN, USA	N133353
Herculite Ultra	Nanohybrid	78	Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA	Kerr, Orange, CA, USA	3444583
Durafill VS	Microfill	52	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA	Heraeus Kulzer, Gruner, Hanau, Germany	010211
Filtek Z250	Microhybrid	82	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA	3M ESPE, St.Paul, MN, USA	N145600

ยาสีฟันเพื่อฟันขาว 4 ชนิด คือ

1. สปาร์คเคิลไวท์ (KURON, Pronovalaboratories, BKK, Thailand)
2. ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง (DKSH, IDS Manufactoring, Pathumthani, Thailand)
3. คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง (Colgate-Palmolive, Chonburi, Thailand)
4. เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง (Gsk, neocosmed, Pathumthani, Thailand)

ตารางที่ 4 แสดงส่วนประกอบของยาสีฟันเพื่อฟันขาว

Dentifrice	Particle type (wt%)	Manufacturer	Lot number
Sparkle White	Hydrated Silica *	Kuron, Pronova laboratories, BKK, Thailand	324MF020710
Fluocaril Healthy Whitening	Precipitated Calcium Carbonate 10% Hydrated Silica 14.5%	DKSH, IDS Manufactoring Ltd, Pathumthani,Thailand	01310810
Colgate Advanced Whitening	Hydrated Silica *	Colgate-Palmolive, Chonburi, Thailand	120510TH111G
Sensodyne Whitening	Hydrated silica 21%	Gsk, neocosmed, Pathumthani, Thailand	1690810

*No information from the manufacturer.

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวัดความหยาบพื้นผิว (Surface Roughness Tester, TalyScan 150, Taylor Hobson Ltd., England)
2. เครื่องแปรงอัตโนมัติ (V-8 Cross Brushing Machine, SABRI Dental Enterprises, Inc., USA)
3. เครื่องฉายแสงแอลอีดี (LED light curing unit, Elipar™ S10, 3M ESPE Dental Products, St.Paul, MN, USA)

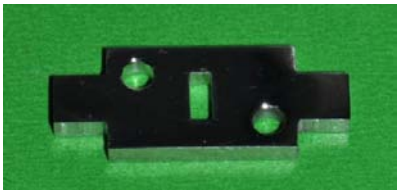
4. เครื่องวัดพลังงานรังสี (Radiometer, L.E.D. radiometer by Demitron, Kerr Corporation, Orange, CA, USA)
5. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง (Balance, Model HF-3000GD)
6. ที่ดูดจ่ายสารละลาย (Dispenser)
7. เครื่องกวนแบบแตกตัว (Dispension mixer, Ultra-turrax® T25 basic, IKA labortecchnik Janke& Kunkel GmbH & CO.KG, Germany)
8. เครื่องวัดปริมาณความตึง (Dontrix tension gauge, Dontrix®, รุ่น 16 OZ, E.T.M. Corparation, 3M Unitex, Monrovia, California, USA)
9. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator, Contherm Scientific Ltd., New Zealand) ที่ 37 องศา-เซลเซียส
10. เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิในระบบดิจิตอลแบบใช้ขดลวด (The thermocouple with recorder, รุ่น MODEL 407401, EXTECH, USA)
11. เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ (Data Logger, รุ่น testo 175, USA)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบหล่อโลหะทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) สำหรับเตรียมชิ้นตัวอย่าง จำนวน 2 ชุด ชุดละ 8 ชิ้น ประกอบด้วยแบบหล่อโลหะชิ้นบนและชิ้นล่าง
2. ฐานพลาสติกสำหรับยึดชิ้นตัวอย่างเข้ากับเครื่องวัดความหยาบผิว
3. แปรงสีฟันชนิดขนแปรงไนลอนชนิดอ่อนนุ่ม (Premium®, Accord, Thailand)
4. กระบอกใส่ยาสีฟัน
5. แถบใสเซลลูลอยด์ (celluloid strip)
6. แท่งกระจกใส (glass slab)
7. เครื่องมือสำหรับบูรณะเรซินคอมโพสิต
8. ใบมีดเบอร์ 15 และ ด้ามมีด (Blade holder)
9. แอลกอฮอล์ 70%
10. ผ้าก๊อซ
11. น้ำกลั่น
12. ไขควง

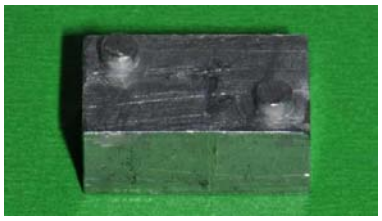
การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

1. การเตรียมชิ้นตัวอย่างสำหรับทดสอบ เตรียมได้จากแบบหล่อโลหะทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 2 ชิ้น ประกอบด้วยแบบหล่อโลหะชิ้นบนและล่างวางประกบกัน แบบหล่อโลหะชิ้นบนมีขนาดความกว้าง 11 มิลลิเมตร ยาว 18 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร ตรงกลางของแผ่นโลหะเจาะเป็นช่องขนาดความกว้าง 2 มิลลิเมตร ยาว 5 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร สำหรับใส่เรซินคอมโพสิต และมีการเจาะรูวงกลมบริเวณขอบ 2 ตำแหน่ง เพื่อให้ประกบกับแบบหล่อโลหะชิ้นล่างในตำแหน่งเดิมได้พอดี ด้านข้างมีขอบยื่นออกมาเพื่อความสะดวกในการถอดใส่ ดังภาพที่ 1



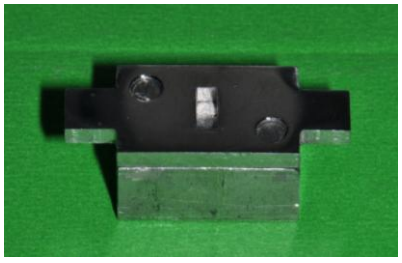
ภาพที่ 1 แบบหล่อโลหะชิ้นบน

แบบหล่อโลหะชิ้นล่างมีขนาดความกว้าง 11 มิลลิเมตร ยาว 18 มิลลิเมตร สูง 6 มิลลิเมตร มีการทำสลัก 2 ตำแหน่ง ขนาดเท่ากับรูวงกลมที่เจาะบริเวณขอบของแบบหล่อโลหะชิ้นบน ดังภาพที่ 2



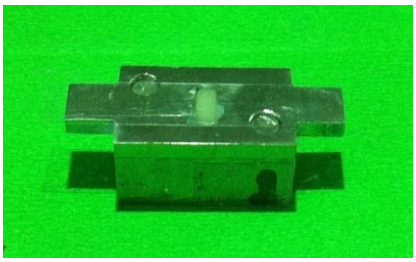
ภาพที่ 2 แบบหล่อโลหะชิ้นล่าง

นำแบบหล่อโลหะชิ้นบนประกบกับชิ้นล่างได้ดังภาพที่ 3 แบบหล่อโลหะที่ได้สามารถใช้สำหรับทดสอบได้ทั้งเครื่องวัดความหยาบผิวและเครื่องแปรงอัตโนมัติ



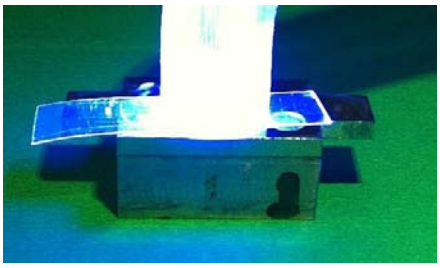
ภาพที่ 3 แบบหล่อโลหะชิ้นบนประกบกับแบบหล่อโลหะชิ้นล่าง

2. ทำความสะอาดแบบหล่อโลหะและซับให้แห้ง ใส่เรซินคอมโพสิตลงในหลุมให้เต็ม ปิดทับด้วยแถบใสเซลลูลอยด์ ควรระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศขึ้น จากนั้นใช้แท่งกระจกใสกดทับด้านบนเป็นเวลา 30 วินาที เพื่อกำจัดวัสดุส่วนเกินออก ดังภาพที่ 4



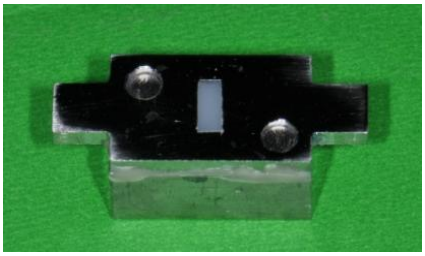
ภาพที่ 4 แสดงการปิดทับด้วยแถบใสเซลลูลอยด์และแท่งกระจกใสกดทับเพื่อกำจัดเรซินคอมโพสิตส่วนเกิน

3. ทำการฉายแสงทันทีด้วยเครื่องฉายแสงอีไลปาร์เอส10 เป็นเวลา 20 วินาที ซึ่งควบคุมความเข้มแสงไม่ต่ำกว่า 800 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร โดยวัดความเข้มแสงจากเครื่องวัดพลังงานรังสี ขณะฉายแสงปลายหลอดนำแสงต้องครอบคลุมเรซินคอมโพสิตทั้งหมด และตั้งฉากกับชิ้นตัวอย่าง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงการฉายแสงที่ชิ้นตัวอย่างบนแบบหล่อโลหะ

4. ใช้ใบมีดเบอร์ 15 กำจัดเรซินคอมโพสิตส่วนเกินบริเวณขอบออก โดยให้ขอบของเรซินคอมโพสิตอยู่พอดีกับขอบแบบหล่อโลหะ ดังภาพที่ 6



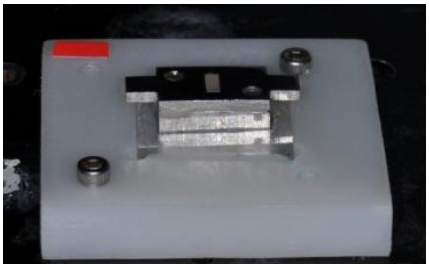
ภาพที่ 6 ชิ้นตัวอย่างเรซินคอมโพสิตในแบบหล่อโลหะ

5. เก็บชิ้นตัวอย่างในน้ำกลั่น และเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การตรวจวัดพื้นผิวเรซินคอมโพสิตก่อนการแปรง

<u>ทำการทดลองภายใต้สภาวะควบคุมดังนี้</u>

1. ขณะทำการทดสอบอุณหภูมิห้องมีค่าประมาณ 25 องศาเซลเซียส โดยทำการวัดด้วยเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ
2. นำชิ้นตัวอย่างออกจากตู้ควบคุมอุณหภูมิทำการซับให้แห้ง วางชิ้นตัวอย่างไว้ในห้องที่ทำการทดลองภายใต้อุณหภูมิที่กำหนด 1 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิของชิ้นตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายในห้อง และวัดอุณหภูมิของชิ้นตัวอย่างและอุณหภูมิภายในห้องโดยเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิในระบบดิจิตอลแบบใช้ขดลวด
3. ทำความสะอาดเครื่องวัดความหยาบผิวก่อนทำการทดสอบทุกครั้งด้วยผ้าสะอาด
4. ขณะวัดพื้นผิวเครื่องวัดความหยาบผิวต้องไม่ถูกรบกวนโดยแรงกระแทก หรือทำให้เกิดการสั่นสะเทือน
5. ตำแหน่งของชิ้นตัวอย่างขณะทำการวัดค่าความหยาบผิวก่อน และหลังการทดสอบด้วยการแปรงต้องอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ด้วยการนำชิ้นตัวอย่างวางบนฐานพลาสติกที่มีช่องตรงกลางขนาดเท่ากับแบบหล่อโลหะ โดยฐานพลาสติกถูกยึดแน่นกับฐานของเครื่องวัดความหยาบผิว ดังภาพที่ 7

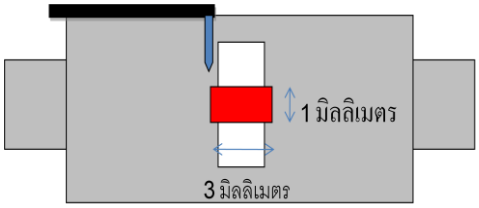


ภาพที่ 7 แสดงการยึดชิ้นตัวอย่างเข้ากับฐานพลาสติกที่ติดแน่นกับฐานของเครื่องวัดความหยาบผิว

6. เมื่อยึดชิ้นตัวอย่างกับเครื่องวัดความหยาบผิวแล้ว เคลื่อนปลายเข็มลาก แกน z มาสัมผัสชิ้นตัวอย่างบริเวณที่จะทำการวัด และปรับระดับที่เหมาะสมในการวัดของเข็มลาก โดยให้แถบไฟแสดงตำแหน่งอยู่ระดับกลาง ดังภาพที่ 8

ภาพที่ 8 แสดงการปรับระดับเข็มลากและแถบไฟในระดับที่เหมาะสม

7. กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นการวัดในแนวแกน X และแกน Y โดยเคลื่อนปลายเข็มลากให้อยู่ในตำแหน่งที่จะวัดบนแบบหล่อโลหะ จากนั้นทำการบันทึกพิกัดเริ่มต้นเป็นตัวเลขในช่องเริ่มต้น (Beginning) สำหรับกำหนดค่าเริ่มต้นในการวัดหลังการแปรง เพื่อให้ชิ้นตัวอย่างอยู่ในตำแหน่งเดิม
8. กำหนดขนาดพื้นผิวที่ต้องการวัดในช่องความยาว (Length) โดยมีขนาดความยาวตามแนวแกน x เท่ากับ 3 มิลลิเมตร ความกว้างตามแนวแกน y เท่ากับ 1 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 9 ทำการวัดด้วยปลายเข็มเพชร (Diamond stylus tip) รัศมี 2 ไมโครเมตร ความเร็วหัวเข็มคงที่ 3,000 ไมโครเมตรต่อวินาที บันทึกภาพที่ได้

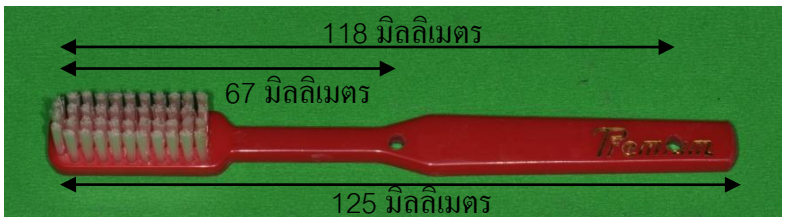


ภาพที่ 9 แสดงจุดเริ่มต้นการวัด โดยเริ่มวัดในตำแหน่งที่เป็นแบบหล่อโลหะ กำหนดแกน x เท่ากับ 3 มิลลิเมตร แกน Y เท่ากับ 1 มิลลิเมตร

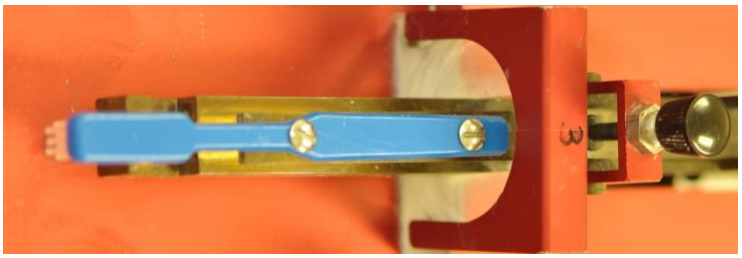
การแปรงชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องแปรงอัตโนมัติ

<u>เตรียมแปรงสีฟันก่อนการใช้งาน</u>

1. ใช้แปรงสีฟันขนแปรงไนลอนชนิดอ่อนนุ่ม (18) ปลายขนแปรงอยู่ในระนาบเดียวกัน
2. เตรียมขนาดแปรงสีฟันเพื่อใช้กับเครื่องแปรงอัตโนมัติ โดยตัดปลายแปรงสีฟันออกให้มีความยาว 125 มิลลิเมตรจากหัวแปรง จากนั้นเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร สองรูที่ด้ามแปรง ตำแหน่งแรกห่างจากหัวแปรง 67 มิลลิเมตร ตำแหน่งถัดไปห่างจากหัวแปรง 118 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 10 และ11
3. เปลี่ยนแปรงสีฟันใหม่ทุกครั้งก่อนทำการทดสอบในแต่ละรอบ (30)



ภาพที่ 10 การเตรียมแปรงสีฟันก่อนการแปรง



ภาพที่ 11 แสดงตำแหน่งที่เจาะแปรงสีฟันเพื่อยึดกับเครื่องแปรงอัตโนมัติ

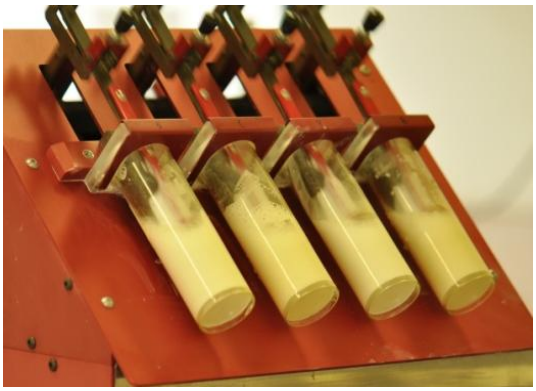
เตรียมสารละลายยาสีฟัน

1. การเตรียมสารละลายยาสีฟัน เตรียมตามเกณฑ์มาตรฐานขององค์การมาตรฐานนานาชาติ โดยผสมยาสีฟันกับน้ำกลั่นด้วยอัตราส่วนยาสีฟันต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 25 กรัมต่อ 40 มิลลิลิตร (30) วัดปริมาณยาสีฟันด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง และวัดปริมาณน้ำกลั่นจากที่ดูดจ่ายสารละลาย
2. ผสมสารละลายยาสีฟันด้วยเครื่องกวนแบบแตกตัวเป็นเวลา 30 วินาที (30) เพื่อให้สารละลายเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน ดังภาพที่ 12 สารละลายยาสีฟันที่เตรียมได้จะต้องทำการใช้ทันที เพื่อป้องกันการแข็งตัวของอนุภาคในยาสีฟัน

ภาพที่ 12 แสดงการใช้เครื่องกวนแบบแตกตัวผสมสารละลายยาสีฟันให้เป็นเนื้อเดียวกัน

การแปรงชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องแปรงอัตโนมัติ

1. ยึดด้ามแปรงสีฟันเข้ากับเครื่องแปรงอัตโนมัติ โดยครื่องจะทำการแปรงได้ครั้งละ 8 ชิ้นตัวอย่าง
2. ตั้งค่าแรงที่ใช้ในการแปรงด้วยเครื่องวัดปริมาณความตึงของสปริงเท่ากับ 300 กรัม (53) เท่ากันทั้ง 8 ตำแหน่ง โดยขณะวัดค่าความตึงแนวแรงจะตั้งฉากกับด้ามแปรงสีฟัน และทำการวัดบริเวณกึ่งกลางของหัวแปรงสีฟัน แต่ละชิ้นตัวอย่างทำการวัดซ้ำ 2 ครั้ง
3. ยึดกระบอกพลาสติกที่บรรจุสารละลายยาสีฟันเข้ากับเครื่องแปรงอัตโนมัติ โดยชิ้นตัวอย่างจมอยู่ในสารละลายยาสีฟัน ดังภาพที่ 13
4. ตั้งค่าจำนวนรอบการแปรงเท่ากับ 20,000 รอบ (54) ความเร็วรอบเท่ากับ 90 รอบต่อนาที เมื่อแปรงเท่ากับจำนวนรอบที่ตั้งไว้เครื่องจะหยุดทำงานอัตโนมัติ



ภาพที่ 13 แสดงการติดตั้งเครื่องแปรงอัตโนมัติโดยชิ้นตัวอย่างอยู่ในสารละลายยาสีฟัน

การตรวจวัดพื้นผิวเรซินคอมโพสิตหลังการแปรง การคำนวณค่าการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิว

1. เมื่อครบจำนวนรอบที่กำหนดแล้วล้างชิ้นตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ทำการซับให้แห้ง จากนั้นนำไปตรวจสอบด้วยเครื่องวัดความหยาบผิว ภายใต้สภาวะการควบคุมที่กำหนดไว้ตามการอ่านค่าตัวอย่างก่อนการแปรง บันทึกภาพที่ได้
2. เลือกข้อมูลภาพที่ทำการบันทึกไว้ก่อนและหลังการแปรงของแต่ละชิ้นตัวอย่างทีละภาพ จากนั้นใช้คำสั่ง leveling เพื่อปรับระดับพื้นผิวของแบบหล่อโลหะทั้ง 2 ข้างให้ได้ระดับเดียวกัน
3. เลือกภาพที่ทำการปรับระดับแล้ว หาค่าเปรียบเทียบปริมาตรก่อนและหลังการแปรงโดยใช้คำสั่ง surface subtraction จะได้ภาพพื้นผิวใหม่ที่แสดงความแตกต่างของปริมาตรก่อนและหลังการแปรง จากนั้นคำนวณหาปริมาตรโดยใช้คำสั่ง volume of hole and peak จะได้ค่าปริมาตรการสึกของชิ้นตัวอย่างออกมาเป็นหน่วยลูกบาศก์ไมโครเมตร ทำการบันทึกค่าที่ได้
4. เลือกภาพที่ทำการปรับระดับแล้ว ทำการหาค่าความหยาบผิวของวัสดุก่อนและหลังการแปรง โดยเลือกใช้ค่า Ra (average surface roughness) ที่มีช่วงความยาว (cut-off) เท่ากับ 0.25 มิลลิเมตร นำค่าความหยาบผิวหลังการแปรงลบออกด้วยค่าความหยาบผิวก่อนการแปรง จะได้เป็นค่าความหยาบผิวที่เปลี่ยนแปลงไป ทำการบันทึกค่าที่ได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

บันทึกค่าการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต 4 ชนิด หลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว 4 ผลิตภัณฑ์ แต่ละชิ้นตัวอย่างลงในตารางเพื่อนำไปประมวลผลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเอส พี เอส เอส (SPSS version 16.0 for Windows; SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) และกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการศึกษาดังต่อไปนี้

1. หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน การสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของแต่ละกลุ่มการทดลอง
2. ตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test
3. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยสถิติการทดสอบความแปรปรวนสองทาง (Two way Analysis of Variance) เพื่อทดสอบปฏิสัมพันธ์ทางสถิติ (statistical interaction) ของทั้งสองปัจจัยในการศึกษาครั้งนี้ คือ ชนิดของเรซินคอมโพสิต และชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟันเพื่อฟันขาว
4. ตรวจสอบความแปรปรวน (Homogeneity of variances) ของแต่ละกลุ่มการทดลอง
5. เปรียบเทียบค่าการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตระหว่างกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติการทดสอบแบบแทมเฮน (Tamhane’s test)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

จากการศึกษาเปรียบเทียบการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต 4 ชนิด หลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว 4 ผลิตภัณฑ์ ได้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 5 และ 6 ตามลำดับ การทดสอบการแจกแจงข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (p=0.05) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยสถิติการทดสอบความแปรปรวนสองทางพบว่าชนิดของเรซินคอมโพสิต และชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟันเพื่อฟันขาวมีปฏิสัมพันธ์ต่อการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.00) และพบการมีปฏิสัมพันธ์ของชนิดของเรซินคอมโพสิตเมื่อพิจารณาร่วมกับชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่อการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.00)

ผลการทดสอบการสึกของเรซินคอมโพสิตหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว

ผลการทดสอบการสึกของเรซินคอมโพสิตหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว พบว่าเรซินคอมโพสิตทั้ง 4 ชนิด เกิดการสึกหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาจากชนิดของเรซินคอมโพสิต พบว่าดูราฟิลวีเอสเกิดการสึกมากที่สุด และต่างจากเรซินคอมโพสิตชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) หลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวทุกผลิตภัณฑ์ รองลงมาได้แก่ เฮอร์คูไลท์อัลตรา ฟิลเทคซี350เอกซ์ที และฟิลเทคซี250 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 14

เมื่อพิจารณาจากชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟันเพื่อฟันขาวพบว่าเซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิงทำให้เฮอร์คูไลท์อัลตราและฟิลเทคซี350เอกซ์ทีเกิดการสึกมากที่สุดต่างจากยาสีฟันอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ยาสีฟันเพื่อฟันขาวทุกผลิตภัณฑ์ทำให้ดูราฟิลวีเอสเกิดการสึกมากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิงและสปาร์คเคิลไวท์ทำให้ฟิลเทคซี250เกิดการสึกต่างจากคอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิงกับฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดังแสดงในภาพที่ 15

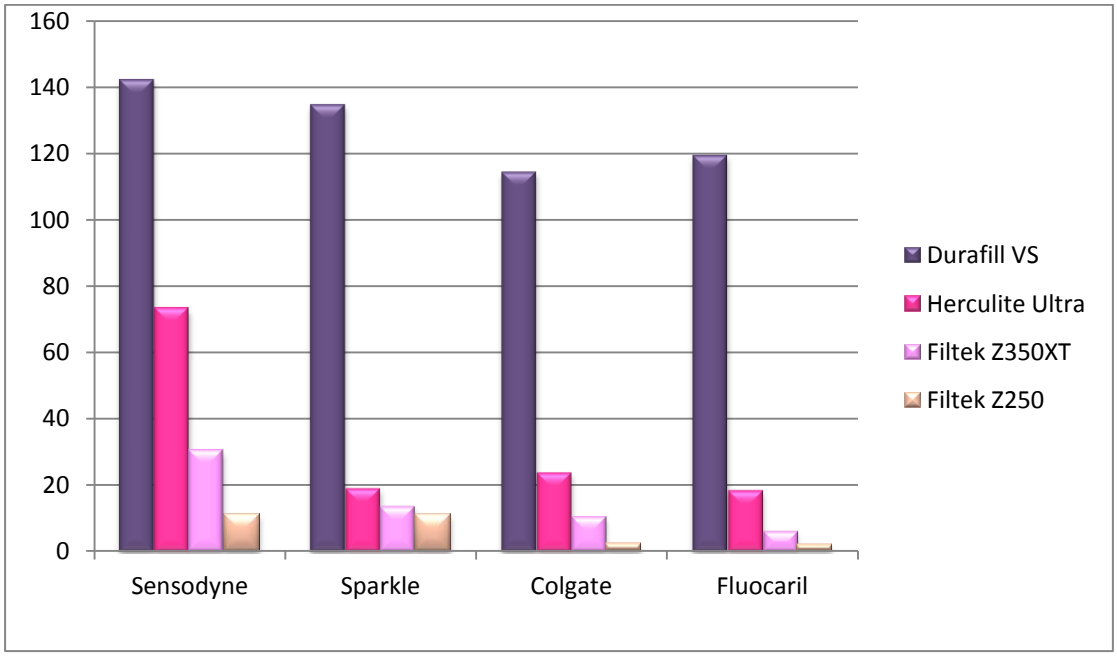
ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการสึกของเรซินคอมโพสิตหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว (ลูกบาศก์ไมโครเมตร)

Material	Durafill® VS	Herculite® Ultra	Filtek™ Z350XT	Filtek ™ Z250
Sensodyne Whitening	142.28 (47.57)^{a}	73.22 (18.36)	30.39 (10.08)	11.26 (3.98)^{a}
Sparkle White	134.76(32.78)^{a}	19.08 (7.10)^{B,a}	13.56 (3.76)^{A,B,b}	11.05 (2.20)^{A,a}
Colgate Advanced Whitening	114.44 (35.26)^{a}	23.79 (9.40)^{a}	10.61 (3.76)^{a,b}	2.14 (0.76)^{b}
Fluocaril Healthy Whitening	119.46 (34.50)^{a}	18.49 (5.68)^{a}	6.27 (2.52)^{a}	1.80 (1.01)^{b}

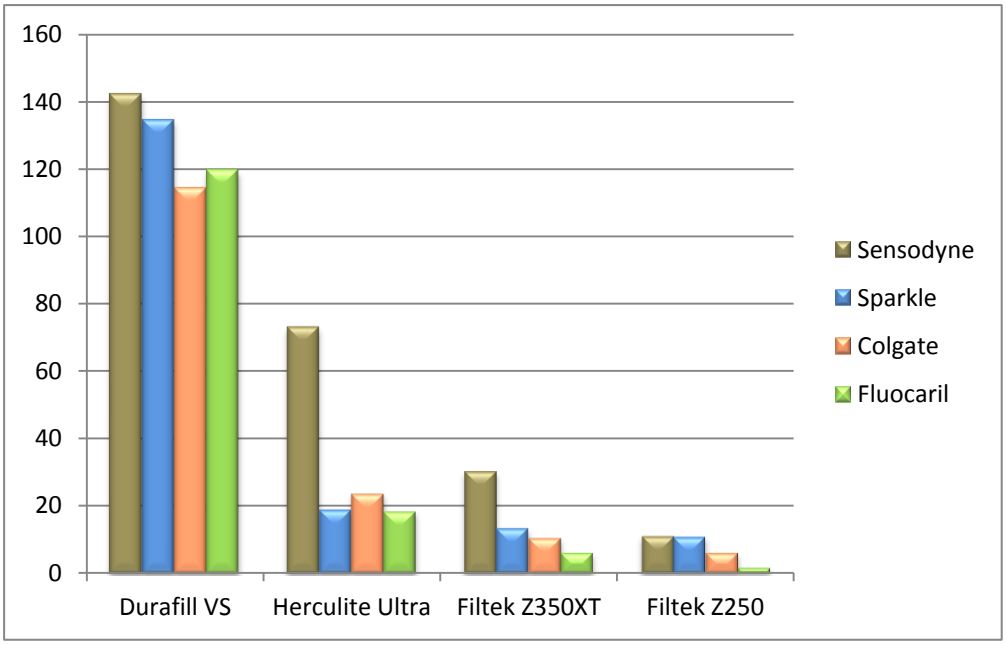
There is no difference between values within a line that are marked with the same uppercase letter (Tamhane, $p<.05$).

There is no difference between values within a column that are marked with the same lowercase letter(Tamhane, $p<.05$).

ภาพที่ 14 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสึกของเรซินคอมโพสิตต่างชนิดหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวผลิตภัณฑ์เดียวกัน (ลูกบาศก์ไมโครเมตร)



ภาพที่ 15 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสึกของเรซินคอมโพสิตชนิดเดียวกัน หลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่างผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์ไมโครเมตร)



ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว

ผลการทดสอบความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว พบว่าเรซินคอมโพสิตทั้ง 4 ชนิด เกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวหลังการแปรงด้วยยาสีฟันทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาจากชนิดของเรซินคอมโพสิตพบว่าดูราฟิลวีเอสเกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวมากที่สุด และต่างจากเรซินคอมโพสิตชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p<0.00$)* เฮอร์คูไลท์อัลตรารองลงมา และฟิลเทคซี250 เกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวน้อยที่สุด หลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวทุกผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 16

เมื่อพิจารณาจากชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟันเพื่อฟันขาวพบว่าเซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง สปาร์คเคิลไวท์ และคอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิงทำให้ดูราฟิลวีเอสและฟิลเทคซี250 เกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวแตกต่างจากฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิงและคอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิงทำให้เฮอร์คูไลท์อัลตราเกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวไม่แตกต่างกัน และสปาร์คเคิลไวท์และคอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิงทำให้ฟิลเทคซี350เอกซ์ทีเกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 17

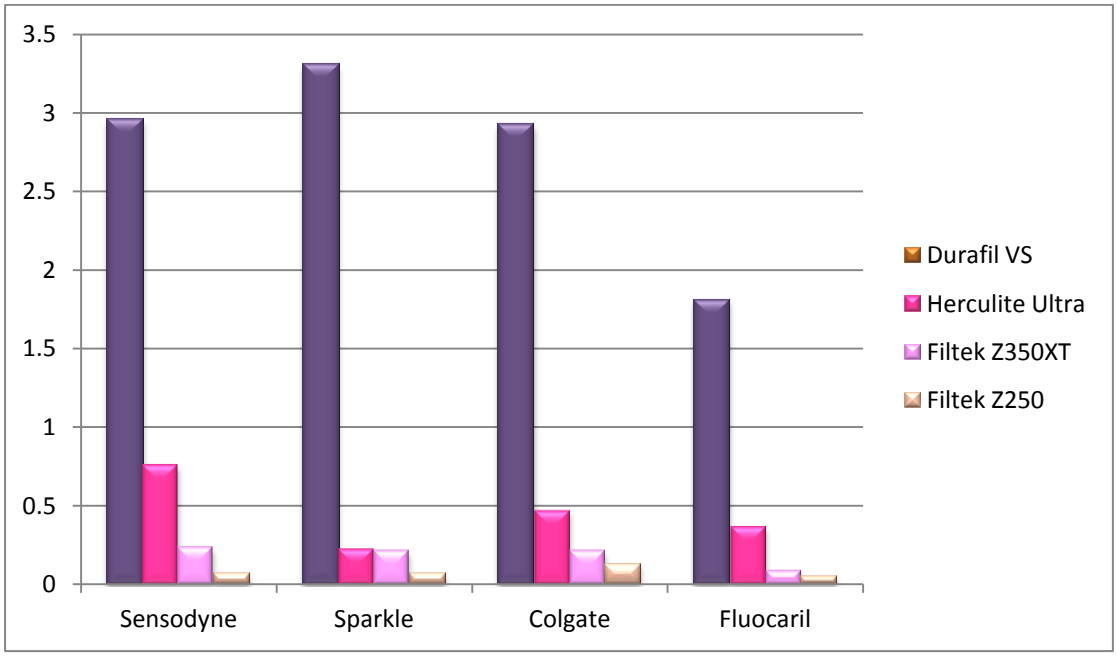
ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว (ไมโครเมตร)

Material	Durafill® VS	Herculite® Ultra	Filtek™ Z350 XT	Filtek™ Z250
Sensodyne Whitening	2.96 (0.69)^{a}	0.76 (0.27)^{b}	0.23 (0.14)^{b}	0.07 (0.04)^{a,b}
Sparkle White	3.31 (0.56)^{a}	0.23 (0.04)^{A}	0.21 (0.08)^{A,a}	0.07 (0.03)^{a,b}
Colgate Advanced Whitening	2.93 (0.79)^{a}	0.47 (0.14)^{a,b}	0.21 (0.05)^{A,a}	0.13 (0.06)^{A,b}
Fluocaril Healthy Whitening	1.81 (0.32)	0.37 (0.08)^{a}	0.09 (0.05)^{A,b}	0.05 (0.04)^{A,a}

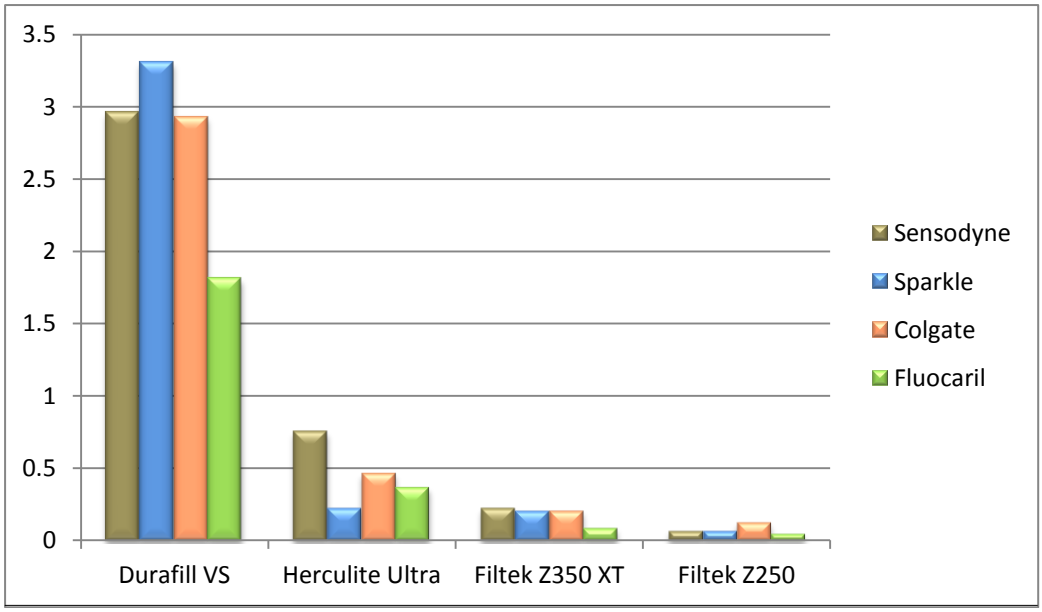
There is no difference between values within a line that are marked with the same uppercase letter (Tamhane, $p<.05$).

There is no difference between values within a column that are marked with the same lowercase letter(Tamhane, $p<.05$).

ภาพที่ 16 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตต่างชนิดหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวผลิตภัณฑ์เดียวกัน (ไมโครเมตร)



ภาพที่ 17 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดเดียวกันหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่างผลิตภัณฑ์ (ไมโครเมตร)



บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตจากการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาว โดยจำลองการแปรงด้วยเครื่องแปรงอัตโนมัติในห้องปฏิบัติการ เรซินคอมโพสิตที่นำมาทดลอง 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ฟิลเทคซี350เอกซ์ที เฮอร์คูไลท์อัลตรา ดูราฟิลวีเอส และฟิลเทคซี250 เป็นเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์ นาโนไฮบริด ไมโครฟิลล์และไมโครไฮบริด ตามลำดับ ซึ่งเป็นเรซินคอมโพสิตที่มีขนาดและปริมาณของวัสดุอัดแทรกแตกต่างกันและมีการใช้อย่างแพร่หลาย (1)

ปัจจุบันความสวยงามและความต้องการมีฟันขาวมีความนิยมมากขึ้น จึงทำให้แนวโน้มการใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อฟันขาวมีมากขึ้นด้วย (26) ยาสีฟันเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อฟันขาวชนิดหนึ่งที่สามารถใช้เองได้สะดวก ยาสีฟันเพื่อฟันขาวที่นำมาทดลอง 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สปาร์คเคิลไวท์ ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง และเซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายโดยทั่วไป หาซื้อได้ง่าย และเป็นที่รู้จักในท้องตลาด แปรงสีฟันที่ใช้เป็นแปรงสีฟันขนแปรงไนล่อนชนิดอ่อนนุ่ม ซึ่งเป็นขนแปรงชนิดที่มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อเหงือกและฟัน (18) ปลายขนแปรงอยู่ในระนาบเดียวกันเพื่อให้แรงที่เท่ากันตลอดแนวการแปรง แรงที่ใช้ในการแปรงเท่ากับ 300 กรัม เพราะเป็นแรงที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดคราบจุลินทรีย์ได้ดี (55, 56) นอกจากนี้จากการศึกษาของ Ganss (53) และคณะในปี ค.ศ. 2009 ยังพบว่าแรงที่เหมาะสมในการแปรงฟันไม่ควรมีค่าเกิน 300 กรัม เนื่องจากการแปรงด้วยแรงที่มากขึ้นจะส่งผลทำให้เกิดเหงือกร่นและการสึกบริเวณคอฟันได้ ความเร็วที่ใช้ในการแปรงเท่ากับ 90 ครั้งต่อนาทีเท่ากันทุกกลุ่มการทดลอง และการทดลองครั้งนี้ทำการแปรงจำนวน 20,000 รอบ เทียบเท่ากับการจำลองการแปรงเป็นระยะเวลา 2 ปี (54) เมื่อแปรงครบจำนวนรอบที่กำหนดแล้วจะทำการเปลี่ยนแปรงสีฟันใหม่ทุกครั้ง (30)

จากการทดลองพบว่าการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวทุกผลิตภัณฑ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ ดูราฟิลวีเอสเกิดการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวมากที่สุด รองลงมาได้แก่ เฮอร์คูไลท์อัลตรา ฟิลเทคซี350เอกซ์ที และฟิลเทคซี250 ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเรซินคอมโพสิตทั้ง 4 ชนิดนี้ ฟิลเทคซี250 มีคุณสมบัติในการต้านทานการสึกจากการแปรงได้ดีที่สุด ฟิลเทคซี350เอกซ์ที เฮอร์คูไลท์อัลตรารองลงมา และดูราฟิลวีเอสต้านทานการสึกจากการขัดถูด้อยที่สุด O'Brien และ Yee (57) ในปี ค.ศ. 1980 ได้อธิบายถึงสาเหตุการสึกของเรซินคอมโพสิตว่าเกิดได้จากการแตกหัก

(fracture) การสูญเสียอนุภาคของวัสดุอัดแทรก การสึกของเรซินเมทริกซ์ รอยร้าวจากความล้มเหลวของเรซินเมทริกซ์ และการเกิดฟองอากาศในวัสดุ ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดการสึกเหล่านี้จะส่งผลให้เรซินคอมโพสิตเกิดความหยาบผิวที่ต่างกันได้

จากการทดลองนี้ดูราฟิลวีเอสเกิดการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวมากที่สุด รองลงมาได้แก่ เฮอร์คูไลท์อัลตรา ฟิลเทคซี350เอกซ์ที และฟิลเทคซี250 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณวัสดุอัดแทรกของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิดเรียงจากน้อยไปมากได้ดังนี้ ดูราฟิลวีเอสมีปริมาณวัสดุอัดแทรกร้อยละ 52 โดยน้ำหนัก เฮอร์คูไลท์อัลตรามีปริมาณวัสดุอัดแทรกร้อยละ 78 โดยน้ำหนัก ฟิลเทคซี350เอกซ์ทีมีปริมาณวัสดุอัดแทรกร้อยละ 78.5 โดยน้ำหนัก และฟิลเทคซี250มีปริมาณวัสดุอัดแทรกร้อยละ 82 โดยน้ำหนัก การทดลองนี้ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองของ Wang (49) และคณะในปี ค.ศ. 2004 ซึ่งทำการทดสอบการสึกหลังการแปรงโดยการชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป Wang พบว่าเรซินคอมโพสิตที่มีปริมาณวัสดุอัดแทรกมากกว่าจะเกิดการสึกน้อยกว่าเรซินคอมโพสิตที่มีปริมาณวัสดุอัดแทรกน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากวัสดุอัดแทรกเป็นส่วนประกอบที่มีความแข็งแรงสูงกว่าจึงสามารถป้องกันการสึกจากการแปรงของเรซินเมทริกซ์ได้ (58, 59) เมื่อเรซินเมทริกซ์เกิดการสึกน้อยจึงทำให้ไม่เกิดการหลุดของวัสดุอัดแทรกบริเวณพื้นผิวของเรซินคอมโพสิต เป็นผลให้เรซินคอมโพสิตเกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวลดลง (59)

นอกจากปริมาณวัสดุอัดแทรกแล้วจากการศึกษาของ Kon (60) และคณะในปี 2006 เปรียบเทียบการสึกจากการแปรงด้วยแรงขนาด 300 กรัม พบว่าเรซินคอมโพสิตที่เกิดการสึกน้อยที่สุดมีการเผยของวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่บริเวณพื้นผิวหลังการแปรง เมื่อตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด จึงเป็นไปได้ว่าการเผยของวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่บริเวณพื้นผิวหลังการแปรงนี้ จะเป็นตัวขัดขวางการสึกจากการแปรงของเรซินเมทริกซ์ในเรซินคอมโพสิตได้ เช่นเดียวกับการทดลองนี้ฟิลเทคซี250 มีวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่ที่สุด จึงเกิดการสึกหลังการแปรงน้อยที่สุด ฟิลเทคซี350เอกซ์ทีและเฮอร์คูไลท์อัลตราเกิดการสึกน้อยรองลงมา อาจเนื่องจากเรซินคอมโพสิตสองชนิดนี้เป็นนาโนคอมโพสิต ซึ่งในส่วนของวัสดุอัดแทรกประกอบไปด้วยวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่และเล็กร่วมกัน โดยฟิลเทคซี350เอกซ์ทีเป็นนาโนคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์ที่มีวัสดุอัดแทรกประกอบด้วยนาโนเมอร์ซึ่งเป็นวัสดุอัดแทรกขนาดเล็กระดับนาโนเมตรอยู่เป็นอนุภาคเดี่ยวไม่มีการรวมกลุ่มของซิลิกาขนาด 20 นาโนเมตร และเซอร์โคเนียขนาด 4-11 นาโนเมตร และนาโนคลัสเตอร์ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่านาโนเมอร์เกิดจากการรวมกลุ่มของซิลิกาด้วยกันเองหรือซิลิการ่วมกับเซอร์โคเนียร์มีขนาดประมาณ 0.6-10 ไมโครเมตร (14) ส่วนเฮอร์คูไลท์อัลตราเป็นนาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิตประกอบด้วยวัสดุอัดแทรกขนาดเล็กของซิลิกาขนาด 20-50 นาโนเมตร แบเรียมกลาสส์ และวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่ชนิดพรีพอลิเมอร์ไรซ์อยู่ร่วมกัน (1, 14)

ดูราฟิลวีเอสเป็นไมโครฟิลล์เรซินคอมโพสิตซึ่งมีวัสดุอัดแทรกชนิดซิลิกาขนาดเล็กประมาณ 0.4 ไมโครเมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าซิลิกาในนาโนคอมโพสิตแต่ดูราฟิลวีเอสมีวัสดุอัดแทรกเพียงชนิดเดียวและมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน (homogenous) (5) ร่วมกับมีปริมาณวัสดุอัดแทรกน้อย จึงทำให้เกิดการสึกมากกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยลักษณะการสึกของดูราฟิลวีเอสหลังการแปรงจะเกิดการสึกตามแนวการแปรงของขนแปรงสีฟันอย่างชัดเจน ต่างจากเรซินคอมโพสิตอีกสามชนิด จึงเป็นไปได้ว่าจากการสึกที่เกิดขึ้นมากนี้ทำให้เกิดความหยาบผิวที่มากตามไปด้วย

แต่การทดลองครั้งนี้ให้ผลต่างจากการทดลองของ Tanoue (61) และคณะในปี ค.ศ. 2000 ซึ่งพบว่าเรซินคอมโพสิตที่มีปริมาณวัสดุอัดแทรกร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก หลังการแปรงด้วยแรง 350 กรัม จำนวน 20,000 รอบ เกิดการสึกมากกว่าเรซินคอมโพสิตที่มีปริมาณวัสดุอัดแทรกร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก และเรซินคอมโพสิตที่มีปริมาณวัสดุอัดแทรกเท่ากันยังเกิดการสึกที่แตกต่างกันด้วย แสดงให้เห็นว่าปริมาณการสึกไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณวัสดุอัดแทรกในเรซินคอมโพสิต และจากการทดลองของ Chung ในปี ค.ศ. 1990 (62) พบว่าปริมาณวัสดุอัดแทรกในเรซินคอมโพสิตไม่ได้มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติการต้านทานการสึกของวัสดุ แต่มีผลต่อคุณสมบัติทางกลอื่น เช่น ความแข็งผิวของวัสดุ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของเรซินเมทริกซ์ในเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในการทดลอง โดยชนิดเรซินเมทริกซ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นชนิดไดเมทาครัยเลทซึ่งเป็นสารมอนอเมอร์ที่มีความหนืดสูง (high viscosity) จึงจำเป็นต้องมีการเติมสารละลาย (diluents) เพื่อลดความหนืด เช่น ยูรีเทนไดเมทาครัยเลท เตตระเอทีลีนไกลคอลไดเมทาครัยเลท หรือบิสฟีนอล-เอ-พอลีเอทีลีนไกลคอลไดอีเธอร์ไดเมทาครัยเลท (bisphenol A-polyethylene glycol diether dimethacrylate; Bis-EMA) เพื่อทำให้มีความหนืดที่เหมาะสมในการใช้งาน (14) ซึ่งแต่ละบริษัทผู้ผลิตจะมีส่วนประกอบของมอนอเมอร์และปริมาณของมอนอเมอร์แต่ละชนิดต่างกันไป นอกจากนี้แต่ละบริษัทยังมีการปรับสภาพพื้นผิววัสดุอัดแทรกเพื่อให้เกิดการยึดติดกับเรซินเมทริกซ์ที่แตกต่างกัน ทำให้เรซินคอมโพสิตมีโครงสร้างระดับโมเลกุลต่างกัน จึงส่งผลต่อคุณสมบัติการต้านทานการสึกของเรซินคอมโพสิตด้วย (61)

ผลการทดสอบการสึกและความหยาบผิวในการทดลองครั้งนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ เรซินคอมโพสิตที่เกิดการสึกมากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวมาก และเรซินคอมโพสิตที่เกิดการสึกน้อยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวน้อยตามไปด้วย ตรงกันข้ามกับการทดลองของ Teixeira (11) และคณะในปี ค.ศ. 2005 พบว่าฟิลเทคซี250 ซึ่งมีปริมาณวัสดุอัดแทรกมากกว่าและมีขนาดใหญ่กว่าฟิลเทคสุพรีม แต่เกิดการสึกหลังการแปรงมากกว่าและเกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวที่น้อยกว่าอีกด้วย การทดลองของ Teixeira แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติในการต้านทานการสึกไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต

นอกจากนี้ผลการทดลองที่เหมือนหรือต่างกันออกไปของแต่ละการทดลองยังขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือที่ใช้วัดการสึกและความหยาบผิว ชนิดของเครื่องแปรงอัตโนมัติ แรงที่ใช้ในการแปรง จำนวนรอบการแปรง ชนิดและลักษณะของขนแปรงสีฟัน รวมถึงชนิดและความเข้มข้นของสารขัดสีในสารละลายยาสีฟันที่ใช้ในการทดลองด้วย

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่อการสึกของเรซินคอมโพสิตพบว่าเซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิงทำให้เรซินคอมโพสิตทุกชนิดเกิดการสึกมากที่สุด โดยเฉพาะทำให้เฮอร์คูไลท์อัลตราและฟิลเทคซี350เอกซ์ทีเกิดการสึกมากกว่ายาสีฟันชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยาสีฟันทุกชนิดทำให้ดูราฟิลวีเอสเกิดการสึกมากไม่แตกต่างกัน ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิงทำให้เกิดการสูญเสียวัสดุบริเวณพื้นผิวที่สัมผัสกับการแปรงมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากส่วนประกอบของยาสีฟันแต่ละผลิตภัณฑ์พบว่าเซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิงประกอบด้วยสารขัดสีชนิดซิลิกาปริมาณร้อยละ 21 โดยน้ำหนัก สปาร์คเคิลไวท์และคอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิงประกอบด้วยสารขัดสีชนิดซิลิกาเช่นเดียวกันแต่ไม่ทราบถึงปริมาณสารขัดสีจากบริษัทผู้ผลิต ยาสีฟันสามผลิตภัณฑ์นี้ทำให้เรซินคอมโพสิตส่วนใหญ่เกิดการสึกมากกว่าฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิงซึ่งประกอบด้วยสารขัดสีชนิดซิลิกาปริมาณร้อยละ 14.5 โดยน้ำหนัก และแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก จะเห็นได้ว่ายาสีฟันที่มีสารขัดสีชนิดซิลิกาเพียงอย่างเดียว ทำให้เรซินคอมโพสิตเกิดการสึกมากกว่ายาสีฟันที่มีสารขัดสีชนิดซิลิการ่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนต จากการทดลองของ Camargo (63) และคณะในปี ค.ศ. 2001 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าการสึกของสารขัดสีต่างชนิดที่มีขนาดเท่ากัน ซิลิกามีค่าการสึกมาตรฐานของเนื้อฟันมากกว่าแคลเซียมคาร์บอเนต (63) และซิลิกามีค่าความแข็งผิวมากกว่าแคลเซียมคาร์บอเนตด้วย (64) ซึ่งเป็นผลให้เกิดการสึกของเรซินคอมโพสิตมากกว่า นอกจากค่าความแข็งผิวของสารขัดสีแล้วปัจจัยที่ทำให้เกิดการสึกของยาสีฟันยังขึ้นกับขนาด รูปร่าง การกระจาย และความเข้มข้นของสารขัดสีในยาสีฟันด้วย (27)

ผลการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวพบว่าเซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง สปาร์คเคิลไวท์ และคอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง ทำให้ดูราฟิลวีเอสและฟิลเทคซี250 เกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวแตกต่างจากฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิงและคอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิงทำให้เฮอร์คูไลท์อัลตราเกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวไม่แตกต่างกัน และสปาร์คเคิลไวท์และคอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิงทำให้ฟิลเทคซี350เอกซ์ทีเกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวไม่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิงทำให้เรซินคอมโพสิตส่วนใหญ่เกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวน้อยกว่ายาสีฟันผลิตภัณฑ์อื่น แสดงให้เห็นว่ายาสีฟันที่มีส่วนประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับซิลิกาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวน้อยกว่าซิลิกาเพียงอย่างเดียว ซึ่งให้ผลการทดลอง

เช่นเดียวกับการทดลองของ Amaral (52) และคณะ ในปีค.ศ. 2006 ซึ่งพบว่ายาสีฟันที่มีสารขัดสีชนิดแคลเซียมคาร์บอเนตทำให้เรซินคอมโพสิตเกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวน้อยกว่าซิลิกา แต่อย่างไรก็ตามการทดลองในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ จึงทำให้มีสภาวะต่างจากสภาวะที่แท้จริงในช่องปาก และผลการทดลองที่ได้บ่งบอกถึงการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตที่เกิดจากยาสีฟันชนิดที่ใช้ในการทดลองนี้เท่านั้น ไม่สามารถเป็นตัวแทนของเรซินคอมโพสิตและยาสีฟันชนิดอื่นที่ไม่ได้นำมาศึกษาในครั้งนี้ได้ เนื่องจากเรซินคอมโพสิตและยาสีฟันแต่ละชนิดจะมีส่วนประกอบที่แตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

ดูราฟิลวีเอสเกิดการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวมากที่สุดหลังแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวทุกผลิตภัณฑ์ เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง สปาร์คเคิลไวท์ และคอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิงทำให้เรซินคอมโพสิตส่วนใหญ่เกิดการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวมากกว่าฟลูโอคารีลเฮลท์ตี้ไวท์เทนนิง จึงปฏิเสธสมมติฐานการวิจัยครั้งนี้ทั้งหมดเนื่องจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชนิดของเรซินคอมโพสิตและชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟันเพื่อฟันขาวมีผลต่อการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตหลังการแปรง การสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตต่างชนิดเมื่อแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวผลิตภัณฑ์เดียวกันมีค่าแตกต่างกัน และการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตชนิดเดียวกันเมื่อแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่างผลิตภัณฑ์มีค่าแตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงการสึกและความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตต่างชนิดหลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยการดำเนินงานหลายขั้นตอนเกี่ยวข้องกัน จึงควรปฏิบัติทุกขั้นตอนด้วยความระมัดระวัง ขั้นตอนการเตรียมชิ้นตัวอย่างควรวางแถบใสให้แนบกับเรซินคอมโพสิตทีละน้อย และค่อยๆไล่จนแนบสนิททั้งพื้นผิวเพื่อไม่ให้เกิดฟองอากาศบนผิววัสดุ ไม่ควรวางแถบใสเซลลูลอยด์ครั้งเดียวให้แนบทั้งหมดเนื่องจากจะทำให้เกิดฟองอากาศจำนวนมาก การใส่เรซินคอมโพสิตในแบบหล่อโลหะไม่ควรใส่ปริมาณมากหรือน้อยเกินไป เนื่องจากการใส่มากเกินไปจะมีเรซินคอมโพสิตเกินออกมามาก ทำให้ขอบของเรซินคอมโพสิตไม่พอดีกับขอบของแบบหล่อโลหะ หรือการใส่น้อยเกินไปจะทำให้บริเวณกึ่งกลางชิ้นตัวอย่างมีลักษณะเว้าเมื่อถูกแปรงจะได้รับแรงน้อยกว่าขอบด้านข้าง ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้ ขั้นตอนการเตรียมแปรงสีฟันโดยการเจาะรูนั้นต้องมีระยะห่างเท่ากันทุกด้าม เนื่องจากเกี่ยวข้อง

กับปริมาณแรงที่วัสดุได้รับมากน้อยต่างกัน และถ้าระยะห่างระหว่างรูห่างหรือชิดกันจนเกินไปจะไม่สามารถยึดแปรงสีฟันกับเครื่องแปรงอัตโนมัติได้ นอกจากนี้สารละลายยาสีฟันที่กวนจนเข้ากันแล้วต้องทำการทดลองทันที เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปสารละลายยาสีฟันจะตกตะกอนทำให้ผงขัดและส่วนประกอบต่างๆกระจายไม่สม่ำเสมอกัน

เครื่องแปรงอัตโนมัติควรมีการสอบเทียบและมีการตรวจสอบคุณภาพของสปริงทั้ง 8 ตำแหน่งก่อนการทดลองให้อยู่ในสภาพดี เครื่องแปรงอัตโนมัติที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นเครื่องแปรงอัตโนมัติที่ตั้งค่าแรงในการแปรงด้วยเครื่องวัดปริมาณความตึงของสปริง ดังนั้นเครื่องวัดปริมาณความตึงควรมีการสอบเทียบก่อนการใช้งาน นอกจากนี้ควรมีการกำหนดจุดการวัดขนาดแรงดึงที่หัวแปรงสีฟันแต่ละด้ามให้เป็นตำแหน่งเดียวกันคืออยู่กึ่งกลางของหัวแปรงและตรงกับตำแหน่งชิ้นตัวอย่างเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มีความแม่นยำถูกต้อง

การตรวจวัดพื้นผิวเรซินคอมโพสิตก่อนและหลังการแปรงควรเป็นตำแหน่งเดียวกัน เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการถอดเข้าออกน้อยที่สุด โดยฐานพลาสติกที่ยึดชิ้นตัวอย่างกับฐานของเครื่องวัดความหยาบผิว ควรยึดกับเครื่องวัดความหยาบผิวตลอดการทดลองไม่มีการถอดเข้าออก นอกจากนี้การวัดพื้นผิวของเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในการทดลองอาจมีขนาดเล็กกว่าขนาดจริงที่บูรณะในช่องปาก ดังนั้นการทดลองต่อไปควรทำการวัดพื้นผิวให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้ได้ข้อมูลใกล้เคียงความจริง และควรมีการศึกษาเปรียบเทียบกับยาสีฟันชนิดอื่นร่วมด้วย

รายการอ้างอิง

(1) Ritter, A. V. Direct resin-based composites: current recommendations for optimal clinical results. Compend Contin Educ Dent 26 (Jul 2005): 481-90.

(2) Setcos, J. C., Tarim, B. and Suzuki, S. Surface finish produced on resin composites by new polishing systems. Quintessence Int 30 (Mar 1999): 169-73.

(3) Yap, A. U. Occlusal contact area (OCA) wear of two new composite restoratives. J Oral Rehabil 29 (Feb 2002): 194-200.

(4) Noort, R. V. Resin composites and polymodified resin composites. Introduction to Dental Materials, 3th ed. pp. 99-121. St. Louis: Mosby, 2008.

(5) Rawls, H. R. and Equivel-Upshaw, J. Restorative Resins. In Anusavice, K. J. (ed.), Phillips' science of dental materials, 11th ed. pp. 399-406. St. Louis: Saunders, 2003.

(6) Mitra, S. B., Wu, D. and Holmes, B. N. An application of nanotechnology in advanced dental materials. J Am Dent Assoc 134 (Oct 2003): 1382-90.

(7) Beun, S., Glorieux, T., Devaux, J., Vreven, J. and Leloup, G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. Dent Mater 23 (Jan 2007): 51-9.

(8) Macdonald, E., North, A., Maggio, B., Sufi, F., Mason, S., Moore, C., et al. Clinical study investigating abrasive effects of three toothpastes and water in an in situ model. J Dent 38 (Jun 2010): 509-16.

(9) Asmussen, E. Clinical relevance of physical, chemical, and bonding properties of composite resins. Oper Dent 10 (Spring 1985): 61-73.

(10) Sakaguchi, R. L., Douglas, W. H., DeLong, R. and Pintado, M. R. The wear of a posterior composite in an artificial mouth: a clinical correlation. Dent Mater 2 (Dec 1986): 235-40.

(11) Teixeira, E. C., Thompson, J. L., Piascik, J. R. and Thompson, J. Y. In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of two restorative composites. J Esthet Restor Dent 17 (2005): 172-82.

(12) Pfarrer, A. M., White, D. J. and Featherstone, J. D. Anticaries profile qualification of an improved whitening dentifrice. J Clin Dent 12 (2001): 30-3.

(13) Gladwin, M. and Bagby, M. Clinical aspect of dental materials. 3rd ed. pp. 60-5. Philadelphia: thePoint, 2009.

(14) Chen, M. H. Update on dental nanocomposites. J Dent Res 89 (Jun 2010): 549-60.

(15) Beun, S., Glorieux, T., Devaux, J., Vreven, J. and Leloup, G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. dental materials 23 (Jan 2007): 51-9.

(16) Schmid, M. O. and Perry, D. A. Palque control. In Carranza, F. A. (ed.), Glickman's Clinical Periodontology, 7 th ed. pp. 684-711. Philadelphia: W.B. Saunders, 1990.

(17) ผการัตน์ นิติสิริ. สรรพคุณยาสีฟัน [ออนไลน์]. 2546. แหล่งที่มา: http://advisor.anamai.moph.go.th/263/26302.html [2553, มิถุนายน 25]

(18) Perry, D. A. Plaque control for the periodontal patient. In Newman, M. G., Takei, H. H. and Klokkevold, P. R. (eds.), Carranza's Clinical Periodontology, 10th ed. pp. 651-74. Philadelphia: W.B. Saunders, 2002.

(19) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ยาสีฟัน. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2552): 1-15.

(20) Anusavice, K. J. and Antonson, S. A. Finishing and Polishing Materials. In Anusavice, K. J. (ed.), Phillips' Science of Dental Materials, 11th ed. pp. 351-77. St. Louis: Saunders, 2003.

(21) Craig, R. G., Powers, J. M., and Wataha, J. C. Finishing, polishing, and cleansing materials. Dental Materials: properties and manipulation, 8th ed. pp. 110-24. Philadelphia, 2004.

(22) Attin, T., and Hellwig, E. Salivary fluoride content after toothbrushing with a sodium fluoride and an amine fluoride dentifrice followed by different mouthrinsing procedures. J Clin Dent 7 (1996): 6-8.

(23) Moran, J., Addy, M., Newcombe, R. G., and Marlow, I. A study to assess the plaque inhibitory action of a newly formulated triclosan toothpaste. J Clin Periodontol 28 (Jan 2001): 86-9.

(24) Claydon, N., and Addy, M. The use of plaque area and plaque index to measure the effect of fluoride and chlorhexidine toothpastes on 24-h plaque regrowth. J Clin Periodontol 22 (Jul 1995): 540-2.

(25) West, N. X., Addy, M., Jackson, R. J., and Ridge, D. B. Dentine hypersensitivity and the placebo response. A comparison of the effect of strontium acetate, potassium nitrate and fluoride toothpastes. J Clin Periodontol 24 (Apr 1997): 209-15.

(26) Joiner, A. Whitening toothpastes: A review of the literature. J Dent 38 suppl 2 (May 2010): e17-24.

(27) Nathoo, S., Singh, S., Petrone, D. M., Wachs, G. N., Chaknis, P., DeVizio, W., et al. Clinical studies to assess the extrinsic stain prevention and stain removal efficacy of a variant of a commercially available dentifrice containing a new dual silica system. J Clin Dent 19 (2008): 95-101.

(28) Sreenivasan, P., DeVizio, W., Prasad, K. V., Rajesh, G., Kalyanpur, R., and Bhasker Rao, C. Clinical stain removal efficacy of two dentifrices after one and two weeks of use. J Clin Dent 20 (2009): 227-30.

(29) De Boer, P., Duinkerke, A. S., and Arends, J. Influence of tooth paste particle size and tooth brush stiffness on dentine abrasion in vitro. Caries Res 19 (1985): 232-9.

(30) International Organization for Standardization. Dentistry-Toothpaste-Requirements, test methods and marking ISO 11609. 1st ed. (ISO, Switzerland), 1995.

(31) Kleber, C. J., Putt, M. S., and Nelson, B. J. In vitro tooth whitening by a sodium bicarbonate/peroxide dentifrice. J Clin Dent 9 (1998): 16-21.

(32) White, D. J. A new and improved "dual action" whitening dentifrice technology-sodium hexametaphosphate. J Clin Dent 13 (2002): 1-5.

(33) Joiner, A., Philpotts, C. J., Alonso, C., Ashcroft, A. T., and Sygrove, N. J. A novel optical approach to achieving tooth whitening. J Dent 36 Suppl 1 (2008): S8-14.

(34) Collins, L. Z., Naeeni, M., and Platten, S. M. Instant tooth whitening from a silica toothpaste containing blue covarine. J Dent 36 Suppl 1 (2008): S21-5.

(35) Sulong, M. Z., and Aziz, R. A. Wear of materials used in dentistry: a review of the literature. J Prosthet Dent 63 (Mar 1990): 342-9.

(36) Hu, X., Shortall, A. C., and Marquis, P. M. Wear of three dental composites under different testing conditions. J Oral Rehabil 29 (Aug 2002): 756-64.

(37) Senawongse, P., and Pongprueksa, P. Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. J Esthet Restor Dent 19 (2007): 265-75.

(38) Wattanapayungkul, P., Yap, A. U., Chooi, K. W., Lee, M. F., Selamat, R. S., and Zhou, R. D. The effect of home bleaching agents on the surface roughness of tooth-colored restoratives with time. Oper Dent 29 (Jul-Aug 2004): 398-403.

(39) Hotta, M., Hirukawa, H., and Aono, M. The effect of glaze on restorative glass-ionomer cements. J Oral Rehabil 22 (Mar 1995): 197-201.

(40) Bollen, C. M., Lambrechts, P., and Quirynen, M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. Dent Mater 13 (Jul 1997): 258-69.

(41) Jones, C. S., Billington, R. W., and Pearson, G. J. The in vivo perception of roughness of restorations. Br Dent J 196 (Jan 2004): 42-5.

(42) Fagundes, T. C., Barata, T. J., Bresciani, E., Cefaly, D. F., Jorge, M. F., and Navarro, M. F. Clinical evaluation of two packable posterior composites: 2 year follow-up. Clin Oral Investig 10 (Sep 2006): 197-203.

(43) Conry, J. P., Pintado, M. R., and Douglas, W. H. Quantitative changes in fissure sealant six months after placement. Pediatr Dent 12 (May-Jun 1990): 162-7.

(44) Rees, J. S. The role of drinks in tooth surface loss. Dent Update 31 (Jul-Aug 2004): 318- 26.

(45) Taylor Hobson. User's manual: TalyScan 150. version 1.0.1. 1999. (Mimeographed)

(46) Barbour, M. E., and Rees, J. S. The laboratory assessment of enamel erosion: a review. J Dent 32 (Nov 2004): 591-602.

(47) Talor Hobson. User's manual:Surface Finish Metrology.Iss 3, 2003.(Mimeographed)

(48) Rodriguez, J. M., and Bartlett, D. W. A comparison of two-dimensional and three-dimensional measurements of wear in a laboratory investigation. Dent Mater 26 (Oct 2010): 221-5.

(49) Wang, L., Garcia, F. C., Amarante de Araujo, P., Franco, E. B., and Mondelli, R. F. Wear resistance of packable resin composites after simulated toothbrushing test. J Esthet Restor Dent 16 (2004): 303-15.

(50) Suzuki, T., Kyoizumi, H., Finger, W. J., Kanehira, M., Endo, T., Utterodt, A., et al. nanofill and nanohybrid resin composites to toothbrush abrasion with calcium carbonate slurry. Dent Mater J 28 (Nov 2009): 708-16.

(51) da Costa, J., Adams-Belusko, A., Riley, K., and Ferracane, J. L. The effect of various dentifrices on surface roughness and gloss of resin composites. J Dent 38 Suppl 2 (Mar 2010): e123-8.

(52) Amaral, C. M., Rodrigues, J. A., Erhardt, M. C., Araujo, M. W., Marchi, G. M., Heymann, H. O., et al. Effect of whitening dentifrices on the superficial roughness of esthetic restorative materials. J Esthet Restor Dent 18 (2006): 102-9.

(53) Ganss, C., Schlueter, N., Preiss, S., and Klimek, J. Tooth brushing habits in uninstructed adults--frequency, technique, duration and force. Clin Oral Investig 13 (Jun 2009): 203-8.

(54) Goldstein, G. R., and Lerner, T. The effect of toothbrushing on a hybrid composite resin. J Prosthet Dent 66 (Oct 1991):498-500.

(55) McCracken, G. I., Janssen, J., Swan, M., Steen, N., de Jager, M., and Heasman, P. A. Effect of brushing force and time on plaque removal using a powered toothbrush. J Clin Periodontol 30 (May 2003): 409-13.

(56) Hasegawa, K., Machida, Y., Matsuzaki, K., and Ichinohe, S. The most effective toothbrushing force. Pediatric Dental Journal 2 (1992): 139-43.

(57) O'Brien, W. J., and Yee, J., Jr. Microstructure of posterior restorations of composite resin after clinical wear. Oper Dent 5 (Summer 1980): 90-4.

(58) Neme, A. L., Frazier, K. B., Roeder, L. B., and Debner, T. L. Effect of prophylactic polishing protocols on the surface roughness of esthetic restorative materials. Oper Dent 27 (Jan-Feb 2002): 50-8.

(59) Jorgensen, K. D. Restorative resins: abrasion vs. mechanical properties. Scand J Dent Res 88 (Dec 1980): 557-68.

(60) Kon, M., Kakuta, K., and Ogura, H. Effects of occlusal and brushing forces on wear of composite resins. Dent Mater J 25 (Mar 2006): 183-94.

(61) Tanoue, N., Matsumura, H., and Atsuta, M. Wear and surface roughness of current prosthetic composites after toothbrush/dentifrice abrasion. J Prosthet Dent 84 (Jul 2000): 93-7.

(62) Chung, K. H. The relationship between composition and properties of posterior resin composites. J Dent Res 69 (Mar 1990): 852-6.

(63) Camargo, I. M., Saiki, M., Vasconcellos, M. B., and Avila, D. M. Abrasiveness evaluation of silica and calcium carbonate used in the production of dentifrices. J Cosmet Sci 52 (May-Jun 2001): 163-7.

(64) Minerals Technologies. Specialty Minerals Calcium Carbonates in Toothpaste and Oral Care Products. Specialty Minerals [Online]. 2011. Available from : http://www.specialtymineralscom/specialty-applications/specialty-markets-for-minerals/personal-care-and-cosmetics/toothpaste/. [2011, May 3]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ค่าการสึกในแต่ละชิ้นตัวอย่างของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด

ตารางแสดงค่าการสึกในแต่ละชิ้นตัวอย่างของฟิลเทคซี350เอกซ์ที (ลูกบาศก์ไมโครเมตร)

ชิ้นตัวอย่างที่	สปาร์คเคิลไวท์	ฟลูโอคารีลเฮลท์ตี ไวท์เทนนิง	คอลเกตแอดวานส์ ไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ ไวท์เทนนิง
1	12.90	4.67	8.20	32.53
2	11.47	3.5	6.50	26.60
3	20.26	7.13	6.88	15.62
4	18.64	5.67	9.81	34.85
5	12.68	3.78	15.15	31.65
6	16.72	5.85	16.99	25.10
7	10.28	4.12	14.77	33.46
8	10.96	5.02	13.08	23.32
9	8.68	3.26	6.99	38.17
10	12.61	7.85	7.06	14.95
11	15.03	6.02	8.03	41.46
12	9.37	5.52	10.26	52.83
13	10.03	12.13	12.71	21.32
14	17.45	10.75	16.36	21.05
15	10.89	8.35	10.84	38.32
16	18.95	6.73	6.11	34.97
ค่าเฉลี่ย	13.56	6.27	10.61	30.39

ตารางแสดงค่าการสึกในแต่ละชิ้นตัวอย่างของเฮอร์คูไลท์อัลตรา (ลูกบาศก์ไมโครเมตร)

ชิ้นตัวอย่างที่	สปาร์คเคิลไวท์	ฟลูโอคารีลเฮลท์ตี ไวท์เทนนิง	คอลเกตแอดวานส์ ไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ ไวท์เทนนิง
1	34.95	10.04	32.72	74.16
2	14.36	16.95	21.47	83.29
3	28.33	15.22	35.03	48.69
4	28.17	20.79	39.38	69.28
5	21.53	20.66	23.04	78.21
6	13.21	18.02	15.91	54.95
7	22.26	9.65	31.28	74.03
8	12.18	16.04	41.85	56.39
9	11.02	26.47	16.04	74.05
10	12.86	19.96	19.09	104.65
11	24.89	20.53	18.26	59.6
12	19.96	16.32	14.48	85.53
13	17.81	10.85	16.48	102.04
14	11.57	18.83	17.9	52.48
15	16.68	28.08	25.61	100.3
16	15.46	27.42	12.12	53.80
ค่าเฉลี่ย	19.08	18.49	23.79	73.22

ตารางแสดงค่าการสึกในแต่ละชิ้นตัวอย่างของดูราฟิลวีเอส (ลูกบาศก์ไมโครเมตร)

ชิ้นตัวอย่างที่	สปาร์คเคิลไวท์	ฟลูโอคารีลเฮลท์ตี ไวท์เทนนิง	คอลเกตแอดวานส์ ไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ ไวท์เทนนิง
1	119.22	103.09	89.89	147.51
2	135.17	89.52	140.44	100.69
3	115.35	87.38	131.50	222.11
4	131.28	65.17	133.41	139.37
5	102.59	176.21	125.05	162.22
6	89.33	189.77	161.15	117.58
7	156.41	162.43	94.71	207.02
8	130.51	142.18	122.36	162.58
9	125.28	125.13	61.15	148.05
10	233.62	128.69	69.22	214.65
11	137.50	123.50	78.03	137.33
12	156.92	89.15	121.82	102.47
13	114.49	99.60	131.59	174.72
14	162.78	109.62	189.21	61.09
15	129.48	124.91	71.89	97.62
16	116.22	94.94	109.59	81.46
ค่าเฉลี่ย	134.76	119.46	114.44	142.28

ตารางแสดงค่าการสึกในแต่ละชิ้นตัวอย่างของฟิลเทคซี250 (ลูกบาศก์ไมโครเมตร)

ชิ้นตัวอย่างที่	สปาร์คเคิลไวท์	ฟลูโอคารีลเฮลท์ตี ไวท์เทนนิง	คอลเกตแอดวานส์ ไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ ไวท์เทนนิง
1	12.66	1.39	2.83	10.15
2	13.95	2.35	2.06	8.55
3	12.90	0.80	2.09	12.31
4	11.75	1.06	1.65	18.78
5	9.34	4.09	1.34	12.96
6	10.42	3.07	2.87	7.87
7	11.17	0.46	2.02	6.3
8	9.37	1.82	3.29	6.95
9	11.76	2.19	2.32	13.29
10	12.02	2.81	1.38	14.49
11	12.16	2.23	1.32	13.05
12	12.41	1.13	1.24	11.18
13	9.56	0.26	3.22	16.98
14	5.18	1.72	3.42	3.46
15	13.43	1.31	1.85	10.99
16	8.78	2.11	1.41	12.79
ค่าเฉลี่ย	11.05	1.80	2.14	11.26

ภาคผนวก ข. ค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวในแต่ละชิ้นตัวอย่างของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด

ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวในแต่ละชิ้นตัวอย่างของฟิลเทคซี350เอกซ์ที (ไมโครเมตร)

ชิ้นตัวอย่างที่	สปาร์คเคิลไวท์	ฟลูโอคารีลเฮลท์ตี ไวท์เทนนิง	คอลเกตแอดวานส์ ไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ ไวท์เทนนิง
1	0.1197	0.0308	0.1820	0.0675
2	0.0793	0.0402	0.1956	0.1293
3	0.1086	0.1443	0.2376	0.1662
4	0.1947	0.1150	0.2156	0.2064
5	0.2386	0.0580	0.1394	0.1361
6	0.2926	0.0591	0.3018	0.0424
7	0.1590	0.0457	0.2563	0.2397
8	0.1857	0.0872	0.2137	0.1669
9	0.2145	0.1584	0.1528	0.5606
10	0.2019	0.1532	0.2221	0.4036
11	0.1621	0.1270	0.1690	0.4032
12	0.1582	0.1599	0.2296	0.3873
13	0.2334	0.0719	0.1962	0.1400
14	0.2661	0.0894	0.2855	0.1646
15	0.3469	0.0565	0.1318	0.2830
16	0.3803	0.0598	0.2166	0.2420
ค่าเฉลี่ย	0.2089	0.0910	0.2054	0.2337

ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวในแต่ละชิ้นตัวอย่างของเฮอร์คูไลท์อัลตรา (ไมโครเมตร)

ชิ้นตัวอย่างที่	สปาร์คเคิลไวท์	ฟลูโอคารีลเฮลท์ตี ไวท์เทนนิง	คอลเกตแอวานส์ ไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ ไวท์เทนนิง
1	0.2664	0.4457	0.4479	0.8712
2	0.2070	0.2353	0.1697	0.9915
3	0.2374	0.4056	0.4812	0.6028
4	0.2140	0.2771	0.1814	0.6414
5	0.2398	0.3382	0.6279	0.5537
6	0.1949	0.3101	0.5867	0.7192
7	0.2211	0.3625	0.5551	0.3107
8	0.3357	0.3555	0.4996	0.3662
9	0.1279	0.2903	0.5568	0.8992
10	0.1220	0.1484	0.4563	0.9594
11	0.2107	0.3041	0.3670	1.0324
12	0.2024	0.3457	0.3870	1.3567
13	0.2271	0.4808	0.5760	0.4849
14	0.2221	0.4494	0.4707	0.6981
15	0.1500	0.3082	0.6208	0.8100
16	0.1793	0.4029	0.4671	0.8728
ค่าเฉลี่ย	0.2260	0.3662	0.4720	0.7606

ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวในแต่ละชิ้นตัวอย่างของดูราฟิลวีเอส (ไมโครเมตร)

ชิ้นตัวอย่างที่	สปาร์คเคิลไวท์	ฟลูโอคารีลเฮลท์ตี ไวท์เทนนิง	คอลเกตแอวานส์ ไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ ไวท์เทนนิง
1	3.6920	2.4068	3.8247	2.1571
2	4.4785	1.9317	3.4427	2.0226
3	4.8909	1.1878	2.5497	2.6760
4	5.1874	0.9649	2.6928	2.9920
5	5.2818	1.7281	3.8466	4.1673
6	5.2461	2.1767	3.6802	3.5968
7	3.6453	1.9588	1.5419	4.0483
8	4.7790	1.7427	1.7441	3.8940
9	4.8667	2.1521	3.7291	2.4376
10	6.2588	1.8718	2.9326	2.6413
11	4.0992	1.8689	1.9693	2.4297
12	4.2817	1.3776	1.9517	2.5350
13	0.5885	1.5128	2.4302	2.6755
14	0.7582	1.4319	2.6761	2.5872
15	5.1651	1.5892	2.9529	3.0894
16	5.8012	1.4971	2.8744	3.1767
ค่าเฉลี่ย	3.3084	1.8056	2.9337	2.9628

ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวในแต่ละชิ้นตัวอย่างของฟิลเทคซี250 (ไมโครเมตร)

ชิ้นตัวอย่างที่	สปาร์คเคิลไวท์	ฟลูโอคารีลเฮลท์ตี ไวท์เทนนิง	คอลเกตแอวานส์ ไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ ไวท์เทนนิง
1	0.0511	0.0145	0.0700	0.0757
2	0.0481	0.0150	0.1082	0.0287
3	0.0301	0.0213	0.0607	0.0415
4	0.0507	0.0052	0.0918	0.1322
5	0.0777	0.1302	0.1637	0.0877
6	0.0214	0.0322	0.1821	0.0611
7	0.0264	0.0408	0.1110	0.1494
8	0.1598	0.0827	0.0713	0.0809
9	0.0781	0.0590	0.0373	0.0492
10	0.0130	0.0298	0.1374	0.0397
11	0.0593	0.0452	0.1867	0.0636
12	0.0468	0.0544	0.1554	0.0238
13	0.0583	0.0059	0.1392	0.0690
14	0.0219	0.1342	0.0572	0.1145
15	0.2366	0.0744	0.1083	0.0715
16	0.0423	0.0451	0.0663	0.0033
ค่าเฉลี่ย	0.0714	0.0519	0.1304	0.0707

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์การกระจายข้อมูล

ตารางแสดงการวิเคราะห์การกระจายข้อมูลของแต่ละกลุ่มการทดลอง

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			
เรซินคอมโพสิต	ยาสีฟัน	Asymp. Sig. (2-tailed)	
		การสึก	ความหยาบผิว
ฟิลเทคซี350เอกซ์ที	Sparkle	0.380	0.990
	Fluocaril	0.679	0.596
	Colgate	0.701	0.997
	Sensodyne	0.944	0.664
เฮอร์คูไลท์อัลตรา	Sparkle	0.727	0.823
	Fluocaril	0.832	0.997
	Colgate	0.721	0.556
	Sensodyne	0.656	0.998
ดูราฟิลวีเอส	Sparkle	0.467	0.472
	Fluocaril	0.958	0.998
	Colgate	0.889	0.958
	Sensodyne	0.880	0.423
ฟิลเทคซี250	Sparkle	0.633	0.158
	Fluocaril	0.162	0.763
	Colgate	0.846	0.785
	Sensodyne	0.850	0.934

จากตารางแสดงให้เห็นว่าค่าการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของทุกกลุ่มการทดลองมีการกระจายปกติ

ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าการสึกของเรซินคอมโพสิต

ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าการสึกของเรซินคอมโพสิต

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.391E6[a]	15	92704.670	83.633	.000
Intercept	755913.741	1	755913.741	681.946	.000
Composite	1068444.957	3	356148.319	321.298	.000*
toothpaste	90512.120	3	30170.707	27.218	.000*
Composite * toothpaste	231612.968	9	25734.774	23.217	.000*
Error	266031.856	240	1108.466		
Total	2412515.642	256			
Corrected Total	1656601.900	255			

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

จากตารางแสดงให้เห็นว่าชนิดของเรซินคอมโพสิต และชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟันเพื่อฟันขาวมีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติต่อการสึกของเรซินคอมโพสิต และพบการมีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติของชนิดของเรซินคอมโพสิตเมื่อพิจารณาร่วมกับชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่อการสึกของเรซินคอมโพสิต

ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสึกของเรซินคอมโพสิต

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
15.522	15	240	.000*

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

จากตารางแสดงให้เห็นว่าผลการทดลองมีค่าความแปรปรวนของการสึกแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1390570.044	15	92704.670	83.633	.000*
Within Groups	266031.856	240	1108.466		
Total	1656601.900	255			

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

จากตารางแสดงให้เห็นว่ามีค่าการสึกของแต่ละกลุ่มแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

ภาคผนวก จ. การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	414.611[a]	15	27.641	116.203	.000
Intercept	212.569	1	212.569	893.653	.000
Composite	357.113	3	119.038	500.441	.000*
toothpaste	14.249	3	4.750	19.968	.000*
Composite * toothpaste	43.248	9	4.805	20.202	.000*
Error	57.088	240	.238		
Total	684.268	256			
Corrected Total	471.698	255			

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

จากตารางแสดงให้เห็นว่าชนิดของเรซินคอมโพสิต และชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟันเพื่อฟันขาวมีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต และพบการมีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติของชนิดของเรซินคอมโพสิตเมื่อพิจารณาร่วมกับชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟันเพื่อฟันขาวต่อการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต

ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิต

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
14.309	15	240	.000*

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

จากตารางแสดงให้เห็นว่าผลการทดลองมีค่าความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	414.611	15	27.641	116.203	.000*
Within Groups	57.088	240	.238		
Total	471.698	255			

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

จากตารางแสดงให้เห็นว่ามีค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของแต่ละกลุ่มแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

ภาคผนวก ฉ. ค่าโอกาสความน่าจะเป็น

ค่าโอกาสความน่าจะเป็นของค่าการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด หลังการแปรงด้วยยาสีฟันสปาร์คเคิลไวท์ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดของเรซินคอมโพสิต		Sig.	
		ค่าการสึก	ค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิว
ฟิลเทคซี350เอกซ์ที	เฮอร์คูไลท์อัลตรา	0.750	1.000
ฟิลเทคซี350เอกซ์ที	ดูราฟิลวีเอส	0.000*	0.000*
ฟิลเทคซี350เอกซ์ที	ฟิลเทคซี250	0.976	0.001*
เฮอร์คูไลท์อัลตรา	ดูราฟิลวีเอส	0.000*	0.000*
เฮอร์คูไลท์อัลตรา	ฟิลเทคซี250	0.049*	0.000*
ดูราฟิลวีเอส	ฟิลเทคซี250	0.000*	0.000*

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ค่าโอกาสความน่าจะเป็นของค่าการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด หลังการแปรงด้วยยาสีฟันฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดของเรซินคอมโพสิต		Sig.	
		ค่าการสึก	ค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิว
ฟิลเทคซี350เอกซ์ที	เฮอร์คูไลท์อัลตรา	0.000*	0.000*
ฟิลเทคซี350เอกซ์ที	ดูราฟิลวีเอส	0.000*	0.000*
ฟิลเทคซี350เอกซ์ที	ฟิลเทคซี250	0.000*	0.820
เฮอร์คูไลท์อัลตรา	ดูราฟิลวีเอส	0.000*	0.000*
เฮอร์คูไลท์อัลตรา	ฟิลเทคซี250	0.000*	0.000*
ดูราฟิลวีเอส	ฟิลเทคซี250	0.000*	0.000*

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ค่าโอกาสความน่าจะเป็นของค่าการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิว ของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด หลังการแปรงด้วยยาสีฟันคอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดของเรซินคอมโพสิต		Sig.	
		ค่าการสึก	ค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิว
ฟิลเทคซี350เอกซ์ที	เฮอร์คูไลท์อัลตรา	0.005*	0.000*
ฟิลเทคซี350เอกซ์ที	ดูราฟิลวีเอส	0.000*	0.000*
ฟิลเทคซี350เอกซ์ที	ฟิลเทคซี250	0.000*	0.052
เฮอร์คูไลท์อัลตรา	ดูราฟิลวีเอส	0.000*	0.000*
เฮอร์คูไลท์อัลตรา	ฟิลเทคซี250	0.000*	0.000*
ดูราฟิลวีเอส	ฟิลเทคซี250	0.000*	0.000*

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ค่าโอกาสความน่าจะเป็นของค่าการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด หลังการแปรงด้วยยาสีฟันเซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดของเรซินคอมโพสิต		Sig.	
		ค่าการสึก	ค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิว
ฟิลเทคซี350เอกซ์ที	เฮอร์คูไลท์อัลตรา	0.000*	0.000*
ฟิลเทคซี350เอกซ์ที	ดูราฟิลวีเอส	0.000*	0.000*
ฟิลเทคซี350เอกซ์ที	ฟิลเทคซี250	0.000*	0.039*
เฮอร์คูไลท์อัลตรา	ดูราฟิลวีเอส	0.004*	0.000*
เฮอร์คูไลท์อัลตรา	ฟิลเทคซี250	0.000*	0.000*
ดูราฟิลวีเอส	ฟิลเทคซี250	0.000*	0.000*

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ค่าโอกาสความน่าจะเป็นของค่าการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตฟิลเทคซี350เอกซ์ที หลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟัน		Sig.	
		ค่าการสึก	ค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิว
สปาร์คเคิลไวท์	ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง	0.000*	0.006*
สปาร์คเคิลไวท์	คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง	0.985	1.000
สปาร์คเคิลไวท์	เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง	0.001*	1.000
ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง	คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง	0.082	0.000*
ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง	0.000*	0.131
คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง	0.000*	1.000

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ค่าโอกาสความน่าจะเป็นของค่าการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตเฮอร์คูไลท์อัลตรา หลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟัน		Sig.	
		ค่าการสึก	ค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิว
สปาร์คเคิลไวท์	ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง	1.000	0.000*
สปาร์คเคิลไวท์	คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง	1.000	0.000*
สปาร์คเคิลไวท์	เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง	0.000*	0.000*
ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง	คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง	1.000	0.805
ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง	0.000*	0.003*
คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง	0.000*	0.106

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ค่าโอกาสความน่าจะเป็นของค่าการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตดูราฟิลวีเอส หลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟัน		Sig.	
		ค่าการสึก	ค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิว
สปาร์คเคิลไวท์	ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง	1.000	0.000*
สปาร์คเคิลไวท์	คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง	1.000	0.000*
สปาร์คเคิลไวท์	เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง	1.000	0.000*
ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง	คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง	1.000	0.004*
ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง	1.000	0.001*
คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง	1.000	1.000

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ค่าโอกาสความน่าจะเป็นของค่าการสึกและการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวของเรซินคอมโพสิตฟิลเทคซี250 หลังการแปรงด้วยยาสีฟันเพื่อฟันขาวแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ชนิดผลิตภัณฑ์ของยาสีฟัน		Sig.	
		ค่าการสึก	ค่าการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิว
สปาร์คเคิลไวท์	ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง	0.000*	1.000
สปาร์คเคิลไวท์	คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง	0.000*	0.190
สปาร์คเคิลไวท์	เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง	1.000	1.000
ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง	คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง	1.000	0.019
ฟลูโอคารีลเฮลท์ตีไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง	0.000*	1.000
คอลเกตแอดวานส์ไวท์เทนนิง	เซ็นโซดายน์ไวท์เทนนิง	0.000*	0.228

(*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวณัฐกานต์ วงษ์ประทีปศิริ เกิดเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดอุตรดิตถ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาทันตแพทยศาสตรบัณฑิต จากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2550 ได้เข้ารับราชการตำแหน่งทันตแพทย์ที่โรงพยาบาลพิจิตร จังหวัดพิจิตร ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2550-2554

ปัจจุบันศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย