การเปรียบเทียบเสถียรภาพของสีเฟลสปาติกพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ

นางสาว วัลลภัทน์ แสนทวีสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-586-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19516352

A COMPARISON OF THE COLOR STABILITY OF FELDSPATHIC PORCELAIN TREATED WITH DIFFERENT SURFACE FINISHING TECHNIQUES

Miss Wallapat Santawisuk

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Prosthodontics
Faculty of Dentistry
Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-346-586-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบเสถียรภาพของสีเฟลสปาติกพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ
โดย	นางสาว วัลลภัทน์ แสนทวีสุข
ภาควิชา	ทันตกรรมประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง อิศราวัลย์ บุญศิริ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สุรสิทธิ์ เกียรติพงษ์สาร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง รำไพ โรจนกิจ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง อิศราวัลย์ บุญศิริ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.ไพฑูรย์ สังวรินทะ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.มโน คูรัตน์)

วัลลภัทน์ แสนทวีสุข : การเปรียบเทียบเสถียรภาพของสีเฟลสปาติกพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ (A COMPARISON OF THE COLOR STABILITY OF FELDSPATHIC PORCELAIN TREATED WITH DIFFERENT SURFACE FINISHING TECHNIQUES) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ทญ. อิศราวัลย์ บุญศิริ . 55 หน้า. ISBN 974-346-586-3

พอร์ซเลนที่ใช้ในงานฟันปลอมชนิดติดแน่นหลังการกรอแต่ง จำเป็นจะต้องขัดผิวและเคลือบผิว แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดทำให้ไม่สามารถนำชิ้นงานไปเคลือบผิวซ้ำได้ ทางเลือกอีกทางหนึ่งคือการขัดผิวด้วยวิธีการที่เหมาะสม ถึงแม้ว่าวิธีการขัดผิวพอร์ซเลนได้มีการพัฒนาให้สามารถขัดผิวได้เรียบมันเทียบเท่ากับการเคลือบผิว แต่ก็ต้องคำนึงถึงการติดคราบสีของพอร์ซเลนที่ไม่ได้เคลือบผิวด้วย การวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบเสถียรภาพของสีเฟลสปาติกพอร์ซเลน วิต้า โอเมก้า 900 ที่ขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ และประเมินเสถียรภาพของสี ตามข้อกำหนดเลขที่ 69 ว่าด้วยเซรามิกทางทันตกรรม ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา โดยเตรียมชิ้นงานพอร์ซเลนเป็นแผ่นรูปวงกลม จำนวน 80 ชิ้น แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 20 ชิ้น กลุ่มหนึ่งนำไปเคลือบผิวแบบธรรมชาติ และอีก 3 กลุ่มนำไปขัดผิว 3 วิธี (หัวขัดเซราโพล , ชุดหัวขัดโซฟุและครีมขัดผสมกากเพชร , ชุดหัวขัดโซฟุและหัวขัดไดฟินิช) แบ่งชิ้นงานในแต่ละกลุ่ม 10 ชิ้น จุ่มในสารละลายเมทธิลีนบลู อีก 10 ชิ้น จุ่มในน้ำกลั่นเพื่อเป็นกลุ่มควบคุม วัดค่าสีในระบบสีซีไออี (CIE L*a*b*) ก่อนและหลังจุ่มสารละลายโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แล้วคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ผลการประเมินความเรียบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดสองกราด พบว่าการเคลือบผิวแบบธรรมชาติจะให้ผิวเรียบที่สุด และการขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุและหัวขัดไดฟินิชจะให้ผิวที่เรียบกว่าวิธีอื่น จากการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของสีของแต่ละกลุ่มด้วยสถิติ ANOVA และ Tukey's HSD test พบว่า กลุ่มที่เคลือบผิวแบบธรรมชาติไม่มีการเปลี่ยนสี แต่กลุ่มที่ขัดผิวด้วยหัวขัดเซราโพลมีการเปลี่ยนสีที่สามารถสังเกตเห็นได้ โดยมีความแตกต่างของสีมากกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุแล้วขัดตามด้วยครีมขัดผสมกากเพชร และหัวขัดไดฟินิช โดยการเปลี่ยนสีของพอร์ซเลนทั้งสองกลุ่มสามารถยอมรับได้ทางคลินิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ทันตกรรมประดิษฐ์ ลายมือชื่อนิสิต วัลลภัทน์ แสนทวีสุข

สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อ. ทญ. อิศราวัลย์ บุญศิริ

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C865200 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEYWORD : COLOR / FELDSPATHIC PORCELAIN / OMEGA 900 / GLAZE / POLISHING

WALLAPAT SANTAWISUK : A COMPARISON OF THE COLOR STABILITY OF FELDSPATHIC PORCELAIN TREATED WITH DIFFERENT SURFACE FINISHING TECHNIQUES. THESIS - ADVISOR : ASSOC. PROF. ISSARAWAN BOONSIRI. 55 pp. ISBN 974-346-586-3

The adjusted surface of porcelain used in fixed prosthesis need to be polished and glazed. However, reglazing is not always possible, due to the limitations in certain clinical situation. An alternative method is polishing with suitable technique. Although the polishing techniques were improved to be comparable with glazing, the color stability of unglazed restoration should be considered. This study evaluated the color stability of feldspathic porcelain, Vita Omega 900, treated with different surface finishing techniques. The color stability was evaluated in consistence with ADA Specification No.69 for dental ceramic. Eighty porcelain disks were divided into four groups of twenty. One group was autoglazed and three groups were subjected to three polishing methods (Cerapol, Shofu adjustment kit and diamond polishing paste, Shofu adjustment kit and Dia Finish). Ten specimens of each group were immersed in methylene blue, and the other ten were immersed in distilled water as a controlled group. The color values (CIE L*a*b*) for each sample were recorded using a computerized spectrophotometer before and after immersion in the staining medium, and the color difference value (ΔE) was calculated. The surface smoothness evaluation using scanning electron microscope (SEM) revealed that autoglazing appeared to give the best result, while polishing with Shofu and Dia Finish produced a smoother surface when compared with other polishing methods. The color difference values of each group were analyzed using ANOVA and Tukey's HSD test. No color deviation was found in the autoglazed group, but was clinically detectable in those polished with Cerapol. Significant difference in color deviation was also seen between the group polished with Cerapol and other groups ($p<0.05$), but no differences were found between the groups which were polished with Shofu followed by diamond polishing paste and Dia Finish. However, the color deviations of these two groups were clinically acceptable.

Department Prosthodontics ..... Student's signature Wallapat Santawisuk

Field of study Prosthodontics ..... Advisor's signature Issarawan Boonsiri

Academic year 2000 ..... Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ทันตแพทย์หญิง อิศราวัลย์ บุญศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทันตแพทย์ รุจ จำเดิมเผด็จศึก สำหรับคำแนะนำในการเขียนบทคัดย่อฉบับภาษาอังกฤษ ขอขอบคุณภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เตาเผาพอร์ซเลน ขอขอบคุณศูนย์วิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และขอขอบคุณภาควิชาทันตกรรมบดเคี้ยว ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องทำความสะอาดอุลตราโซนิก และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

กราบขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ และสุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งได้เป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1. บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

สมมุติฐานของการวิจัย 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 6

พอร์ซเลนทางทันตกรรม 6

คุณสมบัติของพอร์ซเลน 6

เฟลสปาติกพอร์ซเลนวิต้า โอเมก้า 900 7

ปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบของผิวพอร์ซเลน 9

การเคลือบผิว 10

งานวิจัยเกี่ยวกับการขัดผิวพอร์ซเลน 11

วิธีประเมินการติดคราบสีของพอร์ซเลน 13

ระบบสี 13

การประเมินค่าความแตกต่างของสี 14

การวิเคราะห์ทางสเปกโตรโฟโตเมตริก 16

ปัจจัยที่มีผลต่อสีของพอร์ซเลน 17

3. วิธีดำเนินการวิจัย 19

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ 19

การวัดสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ 28

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 29

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด 37

5. อภิปรายผล สรุปผล และข้อเสนอแนะ 42

อภิปรายผล 42

สรุปผล 48

ข้อเสนอแนะ 48

รายการอ้างอิง 49

ภาคผนวก 52

ประวัติผู้เขียน 55

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 แสดงระดับความแตกต่างของสีเมื่อประเมินโดยใช้ค่าหน่วย NBS 15

ตารางที่ 3-1 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ สี ($L^* a^* b^*$) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของชิ้นงานพอร์ซเลนทั้ง 4 กลุ่ม 28

ตารางที่ 4-1 แสดงค่า L^*, a^*, b^*, ΔE ก่อนและหลังจุ่มสารละลาย (น้ำกลั่นและเมทธิลีนบลู) ของชิ้นงานพอร์ซเลนกลุ่มที่ 1 ที่เคลือบผิว 30

ตารางที่ 4-2 แสดงค่า L^*, a^*, b^*, ΔE ก่อนและหลังจุ่มสารละลาย (น้ำกลั่นและเมทธิลีนบลู) ของชิ้นงานพอร์ซเลนกลุ่มที่ 2 ที่ขัดผิวด้วยหัวขัดเซราโพล 31

ตารางที่ 4-3 แสดงค่า L^*, a^*, b^*, ΔE ก่อนและหลังจุ่มสารละลาย (น้ำกลั่นและเมทธิลีนบลู) ของชิ้นงานพอร์ซเลนกลุ่มที่ 3 ที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ และครีมขัดผสมกากเพชร 32

ตารางที่ 4-4 แสดงค่า L^*, a^*, b^*, ΔE ก่อนและหลังจุ่มสารละลาย (น้ำกลั่นและเมทธิลีนบลู) ของชิ้นงานพอร์ซเลนกลุ่มที่ 4 ที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ และหัวขัดไดฟีนิซ ... 33

ตารางที่ 4-5 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสี (L^*, a^*, b^*) และความแตกต่างของสี (ΔE) ก่อนจุ่มสารละลาย ของชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิวและขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ 34

ตารางที่ 4-6 แสดงค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของความแตกต่างของสี (ΔE) ของชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิว และขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ ก่อนจุ่มสารละลาย 34

ตารางที่ 4-7 แสดงค่าทางสถิติของความแตกต่างของสี (ΔE) หลังจุ่มสารละลาย ของชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิว และขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ 34

ตารางที่ 4-8 แสดงค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของความแตกต่างของสี (ΔE) ของชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิว และขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ หลังจุ่มสารละลาย 36

ตารางที่ 4-9 แสดงการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Tukey's HSD 36

ตารางที่ 5-1 แสดงการประเมินเสถียรภาพของสี และความเรียบของการขัดผิววิธีต่างๆ กับการเคลือบผิว 47

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
รูปที่ 2-1	แสดงลักษณะของผลึกที่จัดเรียงตัวในแก้วแมทริกซ์ของวิต้า วีเอ็มเค 68 และ วิต้า โอเมก้า 900	8
รูปที่ 2-2	แสดงการจัดเรียงตัวของตัวแปรสีในระบบสีซีไออี เปรียบเทียบกับ ระบบสีมันเซล	15
รูปที่ 3-1	แสดงวัสดุอุปกรณ์ในการเตรียมชิ้นงานได้แก่ ผงพอร์ซเลนวิต้า โอเมก้า 900, น้ำกลั่น, แม่แบบซิลิโคน, ตุ้มน้ำหนักขนาด 200 กรัม, เลอครอน คาร์เวอร์	20
รูปที่ 3-2	แสดงเตาเผาพอร์ซเลนยูนิเทค (Unitek รุ่น Ultra-mat CDF)	20
รูปที่ 3-3	แสดงหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบและละเอียด	21
รูปที่ 3-4	แสดงแป้นจับชิ้นงาน	21
รูปที่ 3-5	แสดงเครื่องกรอชิ้นงาน ซึ่งมีด้ามจับหัวกรอยึดกับแกนแนวดิ่ง และฐานยึดแป้นจับชิ้นงาน	22
รูปที่ 3-6	แสดงวิธีการกรอชิ้นงาน	22
รูปที่ 3-7	แสดงเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (รุ่น Ultrascan XE)	24
รูปที่ 3-8	แสดงหัวขัดเซราโพล รูปทรงกระบอกสีขาว สีชมพู สีน้ำตาล และสีเทา	24
รูปที่ 3-9	แสดงชุดหัวขัดโชฟุ	25
รูปที่ 3-10	แสดงครีมขัดผสมกากเพชร และหัวขัดรูปวงล้อ	25
รูปที่ 3-11	แสดงหัวขัดไดพินิช	26
รูปที่ 3-12	แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด (JEOL รุ่น JSM-5800 LV)	26
รูปที่ 4-1	แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่เคลือบผิวแบบธรรมชาติ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 200 เท่า	38
รูปที่ 4-2	แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่เคลือบผิวแบบธรรมชาติ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 1,000 เท่า	38
รูปที่ 4-3	แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยหัวขัดเซราโพล ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 200 เท่า	39
รูปที่ 4-4	แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยหัวขัดเซราโพล ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 1,000 เท่า	39
รูปที่ 4-5	แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโชฟุ และครีมขัดผสมกากเพชร ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 200 เท่า	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 4-6 แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ และครีมขัดผสมกากเพชร ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 1,000 เท่า 40

รูปที่ 4-7 แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ และหัวขัดไดฟินิซ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 200 เท่า 41

รูปที่ 4-8 แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ และหัวขัดไดฟินิซ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 1,000 เท่า 41

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

การบูรณะฟันในปัจจุบันได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างมาก ซึ่งในการบูรณะฟันนั้นนอกจากจะรักษาสภาพฟันให้กลับสู่สภาวะปกติ สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังต้องให้ความสำคัญกับความสวยงามด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการบูรณะฟันหน้า วัสดุบูรณะฟันที่มีสีเหมือนฟันธรรมชาติที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ เรซินคอมโพสิต (composite resin) และพอร์ซเลน (porcelain)

เรซินคอมโพสิต เป็นวัสดุจำพวกพอลิเมอร์ (polymer) ชนิดหนึ่ง ซึ่งนิยมใช้ในการอุดบูรณะฟัน โดยเฉพาะฟันหน้า เนื่องจากมีสีใกล้เคียงฟันธรรมชาติ สามารถใช้บูรณะในช่องปากโดยตรงได้ง่าย แต่มีข้อด้อยคือ ทนต่อการสึกกร่อนได้น้อย มีการหดตัวจากการเกิดพอลิเมอร์(polymerization shrinkage) ซึ่งอาจทำให้เกิดการรั่วซึมตามขอบได้ ทำให้เกิดผลเสียตามมาหลายประการเช่น เกิดการเสียวฟัน การผุต่อ และการติดคราบสีตามขอบ เป็นต้น และอาจเกิดการเปลี่ยนสีได้เมื่อสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมในช่องปาก เช่น ติดสีจากอาหาร หรือ ชา กาแฟ[1] ดังนั้นเรซินคอมโพสิตจึงไม่เหมาะสมในการบูรณะฟันที่สูญเสียเนื้อฟันไปมากเกือบทั้งซี่ หรือ บริเวณที่รับแรงมากๆ

พอร์ซเลน เป็นวัสดุบูรณะฟันที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากพอร์ซเลนมีคุณสมบัติเชิงกลและเคมีที่ดี มีสีและความสวยงามคล้ายคลึงฟันธรรมชาติ เข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อในช่องปาก (biocompatibility) ทนทานต่อสภาวะในช่องปาก และต้านทานต่อการสึกกร่อนสูง แต่พอร์ซเลนมีข้อด้อยที่สำคัญคือ เปราะและแตกหักง่าย[2] จึงมีการพัฒนาครอบฟันชนิดโลหะเคลือบพอร์ซเลน (porcelain-fused-to-metal restoration) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยโลหะที่มีความแข็งเหนียวจะช่วยลดการโค้งงอของพอร์ซเลนที่ได้รับแรงเค้น จึงลดโอกาสการแตกหักของพอร์ซเลน พอร์ซเลนที่นิยมใช้ในงานครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน คือ เฟลสปาติกพอร์ซเลน (feldspathic porcelain) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวด้วยความร้อน (coefficient of thermal expansion) ใกล้เคียงกับโลหะ แต่ครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลนมีข้อด้อยคือ โครงโลหะภายในจะลดการส่องผ่านของแสง ทำให้ฟันแลดูทึบ ไม่เป็นธรรมชาติ อย่างไรก็ตามในการบูรณะด้วยครอบฟันที่ต้องรับแรงบดเคี้ยวสูง หรือ สะพานฟันหลายซี่ ก็ยังนิยมบูรณะด้วยครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน

ในการบูรณะฟันด้วยพอร์ซเลน ชิ้นงานพอร์ซเลนที่เสร็จสมบูรณ์จะมีการเคลือบผิว (glazing) ซึ่งจะทำให้ผิวพอร์ซเลนเรียบมัน โดยสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การทาผงพอร์ซเลนที่ไม่มีสีเคลือบผิว แล้ว

เข้าเตาเผา (overglazed หรือ add-on technique) ซึ่งวิธีนี้เหมาะกับชิ้นงานที่ต้องแก้ไขสี แต่มีข้อเสียคือจะทำให้ผิวมีความมันเงาสะท้อนแสงมาก และมีความหนาเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อีกวิธีหนึ่งคือ การนำเอาชิ้นงานพอร์ซเลนที่เผาเสร็จแล้ว ไปเข้าเตาเผาอีกครั้งที่อุณหภูมิและเวลาตามกำหนด (autoglazed หรือ self-glazed หรือ natural glazed) ซึ่งจะให้ผิวที่ไม่มันเงามากเกินไป ดูเหมือนฟันธรรมชาติมากกว่า[3]

ในขั้นตอนการลองชิ้นงานพอร์ซเลนในปากของผู้ป่วย จำเป็นจะต้องมีการกรอแต่ง เพื่อแก้ไขการสบฟัน และจุดสัมผัสให้ถูกต้อง ตลอดจนปรับแต่งรูปร่างฟันให้เหมือนฟันธรรมชาติ ซึ่งผิวของชิ้นงานพอร์ซเลนหลังจากกรอขัดแต่งแล้วจะหยาบ จึงควรนำชิ้นงานไปเคลือบผิวซ้ำอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้ได้ผิวเรียบมัน และยังสามารถกำจัดรอยตำหนิ (flaw) บนผิวซึ่งอาจเป็นต้นกำเนิดรอยร้าวที่ทำให้ชิ้นงานพอร์ซเลนแตกเสียหายได้ในที่สุด การบูรณะด้วยพอร์ซเลนที่มีผิวหยาบจะก่อให้เกิดผลเสียหลายประการ ได้แก่ ฟันคู่สบมีอัตราการสึกเพิ่มขึ้น[4] และผิวที่หยาบจะทำให้มีการสะสมของคราบจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น[5] มีผลทำให้เกิดโรคเหงือกอักเสบ ตลอดจนมีการติดคราบสีได้ง่าย[6] แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดที่ทำให้ไม่สามารถนำชิ้นงานพอร์ซเลนไปเคลือบผิวซ้ำได้ เช่น เมื่อมีความจำเป็นต้องกรอแก้ไขการสบฟันเพิ่มเติมหลังจากยึดชิ้นงานพอร์ซเลนในปากผู้ป่วยแล้ว ซึ่งทันตแพทย์มักใช้วิธีการขัดเรียบแทนการเคลือบผิวซ้ำ ดังนั้นจึงมีการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาวิธีการขัดแต่งผิวพอร์ซเลนให้ได้ผิวเรียบใกล้เคียงกับการเคลือบผิว

Sulik และ Plekavich[7] ได้ศึกษาเปรียบเทียบผิวพอร์ซเลนที่เคลือบผิว กับการขัดเรียบด้วยหัวขัดยางรูปวงล้อ, ผงพัมมิซชนิดละเอียด และทินออกไซด์ตามลำดับ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด (SEM) พบว่าได้ผิวเรียบใกล้เคียงกัน ต่อมา Klausner, Cartwright และ Charbeneau[8] ก็ศึกษาเปรียบเทียบผิวพอร์ซเลนที่เคลือบผิว กับการขัดเรียบด้วยวิธีแตกต่างกัน 4 วิธี โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กับเครื่องวิเคราะห์ความขรุขระของพื้นผิว (surface roughness analyzer) พบว่าการขัดผิวด้วยวิธีต่างๆ รวมถึงชุดหัวขัดโซฟุให้ผิวเรียบไม่แตกต่างจากผิวเคลือบ และ Newitter, Schlissel และ Wolff [9] ได้ประเมินความเรียบของผิวพอร์ซเลนที่ขัดด้วยวิธีต่างๆ กัน 10 วิธี เปรียบเทียบกับการเคลือบผิว โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด พบว่าการขัดโดยใช้หัวขัดรูปวงล้อ ตามด้วยผงพัมมิซชนิดละเอียด หรือครีมขัดพอร์ซเลนจะให้ความเรียบมากที่สุด ต่อมา Haywood และคณะ[10] ได้เสนอวิธีขัดพอร์ซเลนในช่องปากที่พบว่าให้ผิวเรียบเท่ากับหรือมากกว่าการเคลือบผิวเมื่อประเมินจากกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด โดยมีขั้นตอนตามลำดับดังนี้ หัวกรอกากเพชรขนาด 2 ถึง 35 ไมโครเมตร, หัวกรอคาร์ไบด์ชนิด 30 ฟลุต (fluted) และครีมกากเพชรสำหรับขัดพอร์ซเลนขนาดอนุภาค 2 ถึง 5 ไมโครเมตร และ Raimondo, Richardson และ Wiedner[11] ก็ได้ศึกษาเปรียบเทียบการขัดผิวพอร์ซเลนด้วยวัสดุ 4 ชนิด กับการขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ

และการเคลือบผิว พบว่าจากการดูด้วยตา ครีมขัดพอร์ซเลนทรูลัสเตอร์ (Truluster) และไดมอนด์ดัสท์ (Diamond Dust) จะให้ผิวเรียบเท่ากับหรือมากกว่าผิวเคลือบ และเมื่อประเมินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด พบว่าผิวเคลือบและครีมขัดพอร์ซเลนทรูลัสเตอร์จะมีความเรียบมากที่สุด ส่วนการขัดด้วยชุดหัวขัดโซฟุจะเรียบน้อยกว่ามาก จึงควรพิจารณาใช้ครีมขัดพอร์ซเลนร่วมด้วย

จากการศึกษาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการขัดผิวพอร์ซเลนโดยไม่ได้เคลือบผิวซ้ำ สามารถให้ผิวเรียบเท่ากับหรือมากกว่าพอร์ซเลนที่เคลือบผิว แต่อย่างไรก็ตามยังมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกประการหนึ่ง คือ การติดคราบสีของพอร์ซเลนที่ไม่ได้เคลือบผิวซ้ำ ข้อกำหนดเลขที่ 69 ว่าด้วยเซรามิกทางทันตกรรมของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (ADA Specification No.69 - Dental Ceramic)[12] ได้กำหนดวิธีประเมินการติดคราบสีไว้ โดยการจุ่มชิ้นงานที่ไม่ได้เคลือบผิว ในสารละลายอิ่มตัวของเมทธิลีนบลูในเอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไม่ควรมีการติดคราบสีที่สังเกตได้ด้วยตา แต่การประเมินโดยวิธีดูด้วยตานี้ อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้จากความแตกต่างของแต่ละบุคคลในการรับรู้สี (color perception) จึงพิจารณาใช้วิธีการประเมินความแตกต่างของสีที่สามารถระบุเป็นค่าตัวเลขเพื่อให้ง่ายในการเปรียบเทียบ

ระบบสีซีไออี (CIE $L^*a^*b^*$)[13] เป็นระบบที่นิยมใช้ในการระบุสี ประกอบด้วยตัวแปรของสี 3 ค่า คือ L^*, a^* และ b^* ซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าสี (a^* และ b^*) เป็นค่าตัวเลขได้ และคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) โดยใช้สูตร $\Delta E = \{ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \}^{1/2}$ โดยค่า ΔL^*, Δa^* และ Δb^* คำนวณได้จากผลต่างของตัวแปร L^*, a^* และ b^* ของตัวอย่าง และค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่ได้ สามารถบอกถึงช่วงการยอมรับสีทางคลินิก O'Brien, Groh และ Boenke[14] ได้ประเมินค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ไว้ดังนี้ $\Delta E < 1$ ดีที่สุด, $\Delta E \leq 2$ ยอมรับได้ทางคลินิก, $\Delta E \geq 3.7$ แตกต่างอย่างเห็นได้ชัด

การประเมินสีทำได้หลายวิธี แต่เนื่องจากมีความหลากหลายของสภาพแสง และมีความแตกต่างในแต่ละบุคคล จึงอาจเกิดการบิดเบือนของสี (metamerism)[15] ได้ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สีต่างกันแต่สามารถมองเห็นเป็นสีเดียวกันได้ ภายใต้สภาวะแสงเฉพาะ ด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์ทางสเปกโตรโฟโตเมตริก (spectrophotometric analysis) จึงได้ถูกพัฒนาขึ้น และนำไปใช้ในการระบุสี โดยมีหลักการคือ วัดการสะท้อนแสงของสีต่างๆ และแปลงเป็นค่าตัวเลข แล้วเปรียบเทียบกับค่าการสะท้อนแสงมาตรฐานที่ทราบแล้ว[16] Seghi, Hewlett และ Kim[17] ได้เปรียบเทียบการประเมินสีด้วยเครื่องเทียบสี (colorimetric devices) กับการสังเกตด้วยตา พบว่าความแตกต่างของสีสามารถวัดได้โดยง่ายโดยใช้ระบบการเทียบสี CIE $L^*a^*b^*$ และพบว่าการสังเกตด้วยตาให้ผลไม่แน่นอน[18]

เป็นที่ทราบกันดีว่า พอร์ซเลนเป็นวัสดุบูรณะฟันที่มีเสถียรภาพของสีดีมาก การเคลือบผิวพอร์ซเลน นอกจากจะช่วยให้ผิวเรียบเป็นมัน ยังลดโอกาสที่จะติดคราบสีจากภายนอก เช่น กาแฟ และสารสีต่างๆ อีกด้วย ถึงแม้ว่าการขัดผิวหลายวิธีจะสามารถให้ผิวที่เรียบได้ใกล้เคียง หรือมากกว่าการเคลือบผิว แต่ถ้าติดคราบสีได้ง่าย ก็ไม่อาจยอมรับการขัดผิวนั้นได้ Esquivel, Chai และ Wozniak[4] ได้ศึกษาเปรียบเทียบการติดคราบสีของพอร์ซเลนที่เคลือบผิว กับ ไม่ได้เคลือบผิวซึ่งขัดผิวเคลือบออกด้วยหัวขัดวงล้อซิลิกอนคาร์ไบด์ ทดสอบการติดคราบสีตาม ข้อกำหนดเลขที่ 69 ว่าด้วยเซรามิกทางทันตกรรม ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (ADA Specification No.69 – Dental Ceramic) และวัดด้วยเครื่องเทียบสี (colorimeter) พบว่าพอร์ซเลนที่ไม่ได้เคลือบผิวจะมีสีแตกต่างจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตา ในขณะที่ผิวเคลือบต้านทานต่อการติดคราบสีได้ดีกว่า แต่ Rosenstiel, Baiker และ Johnston[19] ได้เปรียบเทียบการติดคราบสีของเฟลสปาติกพอร์ซเลนที่เคลือบผิว กับขัดผิวด้วยผงพัมมิซจนได้ความเรียบมันใกล้เคียงกับผิวเคลือบ ทดสอบการติดคราบสีโดยจุ่มในกาแฟ 8 สัปดาห์ แล้ววัดด้วยเครื่องเทียบสี พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่ายังไม่มีข้อสรุปแน่ชัดสำหรับเสถียรภาพของสีของพอร์ซเลนที่ขัดผิวโดยไม่ได้เคลือบผิวซ้ำ งานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้น เพื่อศึกษาถึงเสถียรภาพของสีเฟลสปาติกพอร์ซเลนชนิดวิต้า โอเมก้า 900 (Vita Omega 900)[20] ซึ่งมีขนาดของเกรนที่ละเอียดกว่า ชนิดวิต้า วีเอ็มเค 68 หรือ 95 (Vita VMK 68 หรือ 95) เมื่อขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ 3 วิธี ที่ยอมรับกันว่าขัดผิวได้เรียบมัน เปรียบเทียบกับการเคลือบผิวแบบธรรมชาติ โดยทดสอบการติดคราบสี ตามข้อกำหนดเลขที่ 69 ว่าด้วยเซรามิกทางทันตกรรม ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา แล้วประเมินสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความเรียบของผิวเฟลสปาติกพอร์ซเลนที่ขัดด้วยวิธีการต่างๆ กับการเคลือบผิว
2. เพื่อเปรียบเทียบเสถียรภาพของสีของเฟลสปาติกพอร์ซเลนที่ขัดด้วยวิธีการต่างๆ กับการเคลือบผิว

สมมุติฐานของการวิจัย

เฟลสปาติกพอร์ซเลนที่ขัดผิวเรียบ กับเคลือบผิว มีการติดคราบสีไม่แตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิก ในการเลือกใช้วิธีการขัดผิวพอร์ซเลน ที่ให้ผิวเรียบมันใกล้เคียงกับการเคลือบผิว และมีสีสันสวยงามคงทนตลอดอายุการใช้งาน โดยสามารถใช้วิธีการขัดผิวทดแทนการเคลือบผิวซ้ำได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

พอร์ซเลนได้ถูกนำมาใช้ในทางทันตกรรมตั้งแต่คริสตศตวรรษที่ 18 และยังคงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากพอร์ซเลนเป็นวัสดุบูรณะฟันที่มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ได้แก่ สีสวยงามและโปร่งแสงใกล้เคียงฟันธรรมชาติ มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในช่องปาก ทนทานต่อสภาวะในช่องปาก ความแข็งผิวสูง ต้านทานต่อการสึกกร่อนสูง และสามารถขัดแต่งและเคลือบผิวให้มีผิวเรียบมัน ทำให้ลดโอกาสการสะสมของคราบจุลินทรีย์ และยังมีการนำความร้อนต่ำทำให้ไม่เกิดการเสียวฟันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แต่พอร์ซเลนมีข้อด้อยที่สำคัญ คือ เปราะ (brittle) และมีความแข็งแรงดึง (tensile strength) ต่ำ จึงมีการพัฒนาครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน เพื่อเสริมความแข็งแรง ทำให้ชิ้นงานพอร์ซเลนแตกยากขึ้น นอกจากนี้ยังได้รับประโยชน์จากการเชื่อมของโลหะกับพอร์ซเลน ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวด้วยความร้อน (coefficient of thermal expansion) แตกต่างกันเล็กน้อยอีกด้วย[2] โดยโลหะมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวด้วยความร้อนเท่ากับ 13.5-14.5 x 10^{-6}ต่อองศาเซลเซียส ส่วนพอร์ซเลนมีค่าเท่ากับ 13-14 x 10^{-6}ต่อองศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อนำโลหะไปผ่านกระบวนการเคลือบพอร์ซเลนแล้วปล่อยให้เย็นตัวลง ชั้นโลหะซึ่งเย็นเร็วกว่าก็จะหดตัวได้เร็วกว่าชั้นพอร์ซเลน ก่อให้เกิดแรงเค้นอัดขึ้นที่ด้านของพอร์ซเลนบริเวณที่ติดกับโลหะ ดังนั้นเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำให้เกิดแรงเค้นดึงขึ้นที่ผิวของพอร์ซเลนบริเวณรอยต่อ แรงนี้จะถูกหักล้างไปได้ด้วยแรงเค้นอัดที่ค้างอยู่ ผลก็คือพอร์ซเลนจะมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น

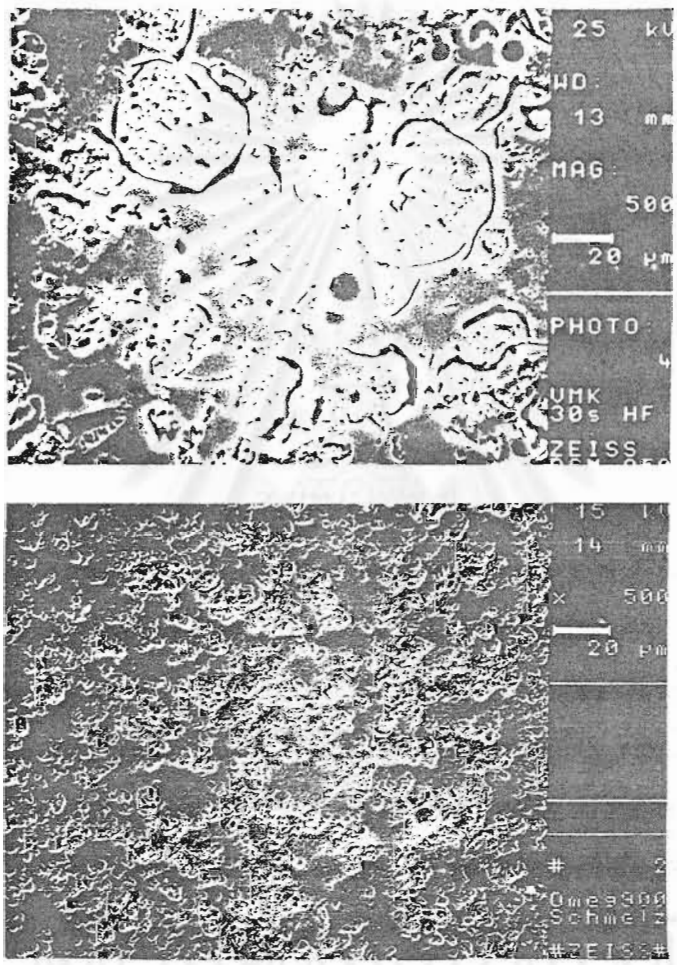
พอร์ซเลนที่ใช้สำหรับงานครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน คือ เฟลสปาติกพอร์ซเลน ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ ซิลิกา (SiO_2) ร้อยละ 64 อะลูมินา (Al_2O_3) ร้อยละ 18 โปแทช (K_2O) และ โซดา (N_2O) ร้อยละ 8-10 เฟลสปาติกพอร์ซเลนมีค่ากำลังดัดขวางต่ำ ประมาณ 60-70 เมกะปาสคาล ดังนั้นถ้านำมาใช้ทำครอบฟันจะต้องมีโลหะเป็นโครงเพื่อให้เกิดความแข็งแรง ซึ่งก็เป็นข้อด้อยของครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน นั่นคือ โครงโลหะภายในจะลดการส่องผ่านของแสง ทำให้ฟันแลดูทึบแสง สีไม่โปร่งแสงเหมือนฟันธรรมชาติ จึงมีการพัฒนาอะลูมินัสพอร์ซเลนที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการบูรณะด้วยพอร์ซเลนทั้งหมดโดยไม่มีโครงโลหะ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลนก็ยังเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ต้องทำครอบฟันที่ต้องรับแรงบดเคี้ยวสูง หรือ สะพานฟันหลายซี่

เฟลสปาติกพอร์ซเลนจึงมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง มีการปรับปรุงพัฒนาคุณสมบัติต่างๆ

ให้ดีขึ้น โดยในปี ค.ศ.1995 ได้มีการนำเสนอ วิต้า โอเมก้า 900 (Vita Omega 900, Vita Zahnfabrik, Germany)[20] ซึ่งเป็นพอร์ซเลนชนิดใหม่สำหรับเคลือบบนโลหะ โดยมีแนวคิดในการพัฒนามาจากความสำเร็จของการบูรณะด้วยพอร์ซเลนทั้งหมดโดยไม่มีโครงโลหะ เช่น เอ็มเพรส (Empress, Ivoclar) ซึ่งทำให้ทราบว่าเซรามิกที่ประกอบด้วยลูไซท์ (leucite) สามารถเพิ่มความแข็งแรงขึ้นได้เมื่อผลึกมีการกระจายตัว และจัดเรียงตัวเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) มากที่สุด ในแก้วแมทริกซ์ (glass matrix)

จากการเปรียบเทียบลักษณะของผลึกระหว่างวิต้า วีเอ็มเค 68 และวิต้า โอเมก้า 900 ดังแสดงในรูปที่ 2-1 พบว่า วิต้า วีเอ็มเค 68 มีผลึกที่เรียงตัวกันเป็นกลุ่มก้อน (cluster) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30 ไมโครเมตร ทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ของแก้วแมทริกซ์ปราศจากผลึก ดังนั้นเมื่อมีการเย็นตัวลง จึงมักเกิดรอยแตกรอบๆ กลุ่มก้อนผลึกเหล่านี้ ซึ่งมีการหดตัวอย่างรวดเร็ว เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวด้วยความร้อนของลูไซท์ กับแก้วแมทริกซ์มีความแตกต่างกันมาก ขณะที่ วิต้า โอเมก้า 900 มีผลึกลูไซท์เล็กๆ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 ไมโครเมตร กระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกันในแก้วแมทริกซ์ ซึ่งส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวด้วยความร้อน และความแข็งแรงของวิต้า โอเมก้า 900 เพิ่มมากขึ้นด้วย และจากลักษณะการจัดเรียงตัวของผลึกดังกล่าว พบว่าวิต้า โอเมก้า 900 มีค่ากำลังดัดขวาง (flexural strength) ประมาณ 140 เมกะปาสคาล โดยที่วิต้า วีเอ็มเค 68 มีค่าประมาณ 70-80 เมกะปาสคาล และเอ็มเพรส มีค่าประมาณ 140 เมกะปาสคาล ดังนั้นจึงสามารถอนุมานได้ว่า วิต้า โอเมก้า 900 น่าจะมีคุณสมบัติการสึกกร่อน เหมือนกับเอ็มเพรส นั่นคือ มีการสึกของฟันธรรมชาติคู่สบน้อย ในขณะที่วิต้า โอเมก้า 900 มีการสึกปานกลาง Metzler และคณะ[21] ได้ศึกษาการสึกของผิวเคลือบฟันมนุษย์ เมื่อสบกับเฟลสปาติกพอร์ซเลนดั้งเดิม ได้แก่ เซแรมโกทู (Ceramco II) และชนิดใหม่ที่มีขนาดเกรนละเอียดขึ้น ได้แก่ ไฟเนสส์ (Finesse) และ โอเมก้า 900 พบว่าพอร์ซเลนชนิดใหม่ทั้งสองทำให้ผิวเคลือบฟันสึกน้อยกว่า เซแรมโกทู อย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ได้มีการทดสอบความทนทานต่อสารเคมีตามมาตรฐานไอเอสโอ 6872 (ISO 6872) สำหรับเซรามิกทางทันตกรรม โดยแช่ในกรดอะซิติก 4 % (ระดับ pH ประมาณ 3) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง กำหนดให้ละลายได้สูงสุด 100 ไมโครกรัม / ซม.^{2} ซึ่งถ้าเกินระดับนี้ จะเกิดรอยหยาบบนผิวเคลือบของเซรามิก จากผลการทดสอบ พบว่าวิต้า โอเมก้า 900 มีค่าเพียง 9-16 ไมโครกรัม / ซม.^{2} ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับพอร์ซเลนสำหรับเคลือบบนโลหะชนิดอื่นๆ ที่มีค่าอยู่ในช่วง10-50 ไมโครกรัม / ซม.^{2}



รูปที่ 2-1 แสดงลักษณะของผลึกที่จัดเรียงตัวในแก้วแมทริกซ์ของวิต้า วีเอ็มเค 68 (บน) และ วิต้า โอเมก้า 900 (ล่าง)

โดยสรุปแล้ว วิต้า โอเมก้า 900 มีคุณสมบัติที่ดีมากมาย ได้แก่ ขนาดเกรนละเอียดทำให้มีความแข็งแรงสูง (กำลังดัดขวางสูงขึ้น) ไม่ทำให้ฟันคู่สบสึกกร่อน ทนทานต่อสารเคมีทำให้ผิวคงความเรียบได้เป็นระยะเวลานานทำให้ลดการสะสมของคราบจุลินทรีย์ และเนื่องจากมีอุณหภูมิในการเผาต่ำคือ 900 องศาเซลเซียส ทำให้ไม่เกิดการบิดเบี้ยวของโครงโลหะผสม[22] กรอและขัดแต่งผิวให้เรียบมันได้ง่าย และเนื่องจากมีเกรนละเอียดและโปร่งแสง มีสีสันให้เลือกมากมายตามระบบเทียบสีของวิต้า จึงให้ความสวยงามคล้ายคลึงฟันธรรมชาติ จากคุณสมบัติที่ดีข้างต้น วิต้า โอเมก้า 900 น่าจะเป็นพอร์ซเลนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายได้ในปัจจุบัน และต่อไปในอนาคต

ความเรียบของผิวพอร์ซเลนมีผลจากปัจจัยหลายประการ เริ่มตั้งแต่ การเตรียมโลหะรองรับพอร์ซเลน (metal substructure) การพอกพอร์ซเลน การเผาพอร์ซเลน รวมถึงการขัดแต่ง และการเคลือบผิวซึ่งมีผลโดยตรงต่อความเรียบของผิวพอร์ซเลน ในขั้นตอนการเตรียมโลหะรองรับพอร์ซเลน[24] ถ้าผิวโลหะมีลักษณะขรุขระมาก มีร่องลึกและรอยคอด จะทำให้มีอากาศไปค้างอยู่ เมื่อพอร์ซเลนที่หลอมเหลวไม่สามารถไหลลงไปเชื่อมกับร่องที่ลึกได้ ก็จะเกิดฟองอากาศขึ้น ดังนั้นจึงควรขัดโลหะให้เรียบ ไม่ขรุขระมากนัก และถ้ามีสิ่งที่ทำให้เกิดก๊าซ ตกค้างอยู่ที่ผิวของโลหะ อาจจะเป็นไขมันจากมือของช่างทันตกรรมที่สัมผัสผิวของโลหะระหว่างการกรอแต่ง หรือสารอินทรีย์ เช่น ขี้ผึ้งและน้ำมันที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ หรือในระหว่างการกรอแต่ง ถ้ามีส่วนของหัวกรอตกค้างอยู่บนผิวของโลหะ ก็จะทำให้เกิดก๊าซระหว่างเผา ทำให้มีฟองอากาศได้ ในขั้นตอนการพอกพอร์ซเลน ถ้าควบคุมการอัดแน่น (condensation) ของผงพอร์ซเลนได้ไม่ดี จะมีโอกาสเกิดรูพรุนสูง เป็นผลให้ผิวพอร์ซเลนไม่เรียบ ความพรุนที่เกิดขึ้นจะทำให้ชิ้นงานไม่แข็งแรง และไม่สวยงาม ช่องอากาศที่มีจะทำให้ขาดสี และความโปร่งแสงลดลง และการอัดแน่นของผงพอร์ซเลนยังทำให้ลดการหดตัวของพอร์ซเลนหลังการเผาได้ การพอกพอร์ซเลนมีหลายวิธี แต่วิธีที่ง่าย และนิยมใช้ คือ วิธีการเขย่า (vibration) โดยใช้เครื่องมือเลอครอน คาร์เวอร์ (Lecron carver) ด้านที่มีลักษณะเป็นฟันปลา ถูไปมาบนส่วนคอของปากคีบที่จับชิ้นงานอยู่ หรือการเคาะเบาๆ ที่คอของปากคีบ เพื่อให้น้ำที่มากเกินไปออกมาที่ผิว แล้วใช้กระดาษซับออก หรืออาจเขย่าด้วยเครื่องเขย่าอุลตราโซนิก (ultrasonic condenser) ก็ได้ การเผาพอร์ซเลนในเตาเผาที่มีอากาศ (air firing) มักทำให้เกิดฟองอากาศมากกว่าการเผาพอร์ซเลนในเตาเผาสุญญากาศ (vacuum firing) นอกจากนี้การเผาพอร์ซเลนภายใต้สุญญากาศจะทำให้พอร์ซเลนมีความโปร่งแสงเพิ่มขึ้น และมีกำลังแรงกระแทก (impact strength) มากขึ้นด้วย การขัดแต่ง หมายถึงการกำจัดวัสดุส่วนเกิน ปรับปรุง ตกแต่งขอบและรูปร่างของชิ้นงาน และทำให้พื้นผิวมีความเรียบ ซึ่งจะช่วยให้ชิ้นงานเข้ากันได้กับฟันและเนื้อเยื่อในช่องปาก

ชิ้นงานพอร์ซเลนที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว จะมีการเคลือบผิว (glazing) ซึ่งจะทำให้ผิวพอร์ซเลนเรียบมัน โดยสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ การเคลือบผิวแบบธรรมชาติ (autoglazed, self-glazed หรือ natural glazed technique) หมายถึง การที่ชิ้นงานถูกเผาที่อุณหภูมิเท่า หรือสูงกว่าอุณหภูมิเผาเริ่มต้นเล็กน้อย ตามที่บริษัทแนะนำ เมื่อถึงอุณหภูมิแล้ว อาจนำชิ้นงานออกจากเตาทันที หรือทิ้งไว้ในเตาที่อุณหภูมิเคลือบผิว ประมาณ 1-2 นาที จนกระทั่งผิวด้านนอกมีลักษณะมันเงา ผิวพอร์ซเลนควรจะถูกเผาที่อุณหภูมิสูงเพียงพอที่จะทำให้ผิวพอร์ซเลนเชื่อมเข้าด้วยกัน ขั้นตอนนี้จะไม่ใช้การเผาภายใต้สูญญากาศ แต่จะเผาที่ความดันบรรยากาศ ระหว่างการเผานี้ผิวพอร์ซเลนจะหลอมและเชื่อมกัน เกิดการถมผิวที่ขรุขระเพียงเล็กน้อยหรือรูพรุนเล็กๆ ทำให้ได้ผิวที่เรียบเป็นมัน การเคลือบผิวแบบธรรมชาติจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เผา ถ้าอุณหภูมิสูง หรือเผานานขึ้นจะทำให้ผิวเรียบมากขึ้น ซึ่งอุณหภูมิและเวลาในการเผานี้จะเลือกตามชนิดของพอร์ซเลน โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ทำให้หลอมตัว ถ้าเผานานเกินไปหรืออุณหภูมิสูงมากเกินไป จะทำให้พอร์ซเลนเสียคุณสมบัติ ชิ้นงานจะเสียรูปร่าง เกิดการตกผลึกใหม่และมีสีทึบขึ้น อีกวิธีหนึ่งคือ การเคลือบผิวโดยวิธีโอเวอร์เกลซ (overglazed หรือ add-on technique) เหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีการแต่งสีภายนอกเพิ่มมาก หรือเลือกขอบของชิ้นงานเป็นพอร์ซเลน และไม่ต้องการที่จะใช้อุณหภูมิสูงในการเผาเหมือนการเคลือบผิวแบบธรรมชาติ เพราะจะทำให้เสียรูปร่างของขอบ และสีที่แต่งไว้อาจเสียไป วิธีโอเวอร์เกลซนี้ จะใช้ผงพอร์ซเลนชนิดอุณหภูมิเผาสุกต่ำ (low temperature maturing porcelain) ซึ่งต่ำกว่าผงเนื้อฟัน (body porcelain) ประมาณ 20-60 องศาเซลเซียส เคลือบทับทำให้เกิดชั้นพอร์ซเลนใสและบางเคลือบผิวเป็นมันเงา แต่การเคลือบผิววิธีนี้มีข้อเสียคือ จะทำให้ผิวมีความมันเงาสะท้อนแสงมากเกินไป และอาจมีความหนาเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทำให้เกิดการสบสูงได้

ในขั้นตอนการลองชิ้นงานพอร์ซเลนในปากของผู้ป่วย จำเป็นจะต้องมีการกรอแต่ง เพื่อแก้ไขการสบฟัน หรือกรอแต่งขอบและจุดสัมผัสให้ได้ความแนบสนิทที่ดี ตลอดจนปรับแต่งรูปร่างฟันให้ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ ซึ่งผิวของชิ้นงานพอร์ซเลนหลังจากกรอขัดแต่งแล้วจะหยาบ จึงควรนำชิ้นงานไปเคลือบผิวซ้ำอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้ได้ผิวเรียบมัน และยังสามารถกำจัดรอยตำหนิ (flaw) บนผิวซึ่งอาจเป็นต้นกำเนิดรอยร้าวที่ทำให้ชิ้นงานพอร์ซเลนแตกเสียหายได้ในที่สุด การบูรณะด้วยพอร์ซเลนที่มีผิวหยาบจะก่อให้เกิดผลเสียหลายประการ Monasky และ Taylor[4] ได้ศึกษาอัตราการสึกของพอร์ซเลน ผิวเคลือบฟัน และทอง พบว่าผิวพอร์ซเลนที่หยาบ จะทำให้เกิดการสึกของฟันคู่สบมากขึ้น และการขัดผิวพอร์ซเลนจะช่วยลดอัตราการสึกของฟันคู่สบ และผิวที่หยาบของพอร์ซเลน จะทำให้เพิ่มโอกาสการสะสมของคราบจุลินทรีย์[5] Esquivel และคณะ[6] ก็ได้ศึกษาถึงเสถียรภาพของสีของพอร์ซเลนชนิดหลอมตัวที่อุณหภูมิต่ำ (low fusing porcelain) พบว่าพอร์ซเลนที่ถูกขัดผิวโดยไม่ได้เคลือบผิวซ้ำ จะมี

การติดคราบสีมากกว่าพอร์ซเลนที่เคลือบผิวอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนสีได้ด้วยตา

ถึงแม้จะเป็นที่ทราบกันว่า การบูรณะฟันด้วยพอร์ซเลนนั้น ผิวของพอร์ซเลนควรจะได้รับการเคลือบผิวหลังจากการขัดแต่ง แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดที่ทำให้ไม่สามารถนำชิ้นงานพอร์ซเลนไปเคลือบผิวซ้ำได้ เช่น เมื่อมีความจำเป็นต้องกรอแก้ไขการสบฟันเพิ่มเติม หลังจากยึดชิ้นงานพอร์ซเลนในปากผู้ป่วยแล้ว หรือในการบูรณะด้วยชิ้นงานพอร์ซเลนทั้งหมดโดยไม่มีโครงโลหะ ซึ่งจำเป็นต้องยึดชิ้นงานในปากก่อน จึงจะทำการกรอแต่งได้ รวมถึงการกรอแก้ไขเล็กน้อย ซึ่งทันตแพทย์มักใช้วิธีการขัดเรียบแทนการเคลือบผิวซ้ำ ดังนั้นจึงมีการศึกษาค้นคว้า เพื่อหาวิธีการขัดแต่งผิวพอร์ซเลนให้ได้ผิวเรียบใกล้เคียงกับการเคลือบผิว

Sulik และ Plekavich[7] ได้ศึกษาเปรียบเทียบผิวพอร์ซเลนที่เคลือบผิว กับการขัดเรียบด้วยหัวขัดยางรูปวงล้อ, ผงพัมมิซชนิดละเอียด และทินออกไซด์ตามลำดับ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด (SEM) พบว่าได้ผิวเรียบใกล้เคียงกัน

Klausner และคณะ[8] ศึกษาเปรียบเทียบผิวพอร์ซเลนที่เคลือบผิว กับการขัดเรียบด้วยวิธีการแตกต่างกัน 4 วิธี ดังนี้ วิธีที่ 1 หัวกรอกากเพชรชนิดละเอียดมาก (superfine diamond) ตามด้วยหัวขัดยางรูปวงล้อดีเดโก้ (Dedeco rubber wheel) และครีมขัดผสมอะลูมินา วิธีที่ 2 ชุดหัวขัดโชฟุ วิธีที่ 3 หัวกรอกากเพชรชนิดละเอียดมาก ตามด้วยหัวขัดยางฝังอนุภาคขัดขนาดกลาง (Cratex polishing wheel) และหัวขัดยางรูปดิสก์ของเบอร์ลิว (Burlew rubber sulci disk) วิธีที่ 4 หัวกรอรูปวงล้อเจเลนโก (Jelenko porcelain carving wheel) และขัดด้วยหัวขัดรูปวงล้อเจเลนโก (Jelenko porcelain polishing wheel) แล้วทดสอบความเรียบด้วยเครื่องวิเคราะห์ความขรุขระของพื้นผิว (surface roughness analyzer) พบว่าค่าความขรุขระของพื้นผิวของการขัดผิวทั้ง 4 วิธี กับการเคลือบผิว ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Newitter และคณะ[9] ได้ประเมินความเรียบของผิวพอร์ซเลนที่ขัดด้วยวิธีต่างๆ กัน 10 วิธี โดยใช้หัวขัดชนิดต่างๆ ร่วมกัน ได้แก่ หัวขัดยางรูปวงล้อดีเดโก้ ผงพัมมิซชนิดละเอียด หัวขัดรูปวงล้อชนิดละเอียดเบอร์ 3 และชนิดละเอียดมากเบอร์ 5 ของเดนท์สพลาย (Dentsply) และเจเลนโก และชุดหัวขัดโชฟุ แล้วเปรียบเทียบกับการเคลือบผิวที่ไม่ได้รับการขัดแต่ง โดยดูจากกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด พบว่า วิธีขัดที่ใช้หัวขัดรูปวงล้อ ตามด้วยผงพัมมิซชนิดละเอียด หรือครีมขัดพอร์ซเลน จะทำ

ให้ผิวเรียบมากที่สุด ส่วนวิธีที่ใช้ชุดหัวขัดโชฟุ แม้ไม่ใช้ร่วมกับผงพัมมิซ หรือครีมขัดพอร์ซเลน ก็ให้ผิวเรียบที่พอจะเทียบกันได้

Haywood และคณะ[10] ได้เสนอวิธีขัดพอร์ซเลนในช่องปากที่พบว่าให้ผิวเรียบเท่ากับหรือมากกว่าการเคลือบผิวเมื่อประเมินจากกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด โดยมีขั้นตอนตามลำดับดังนี้ หัวกรอกากเพชร (Micron Finishing System) ขนาดตั้งแต่ 2 ถึง 35 ไมโครเมตร, หัวกรอคาร์ไบด์ชนิด 30 ฟลุต (fluted) และครีมกากเพชรสำหรับขัดพอร์ซเลนขนาดอนุภาค 2 ถึง 5 ไมโครเมตร และ Haywood, Heymann และ Scurria[25] ก็ศึกษาเพิ่มเติมและได้แนะนำการขัดด้วยวิธีข้างต้นว่า เมื่อใช้หัวกรอกากเพชรควรใช้ความเร็วปานกลางและมีน้ำร่วมด้วย แต่เมื่อใช้หัวกรอคาร์ไบด์ควรใช้ความเร็วสูงและไม่ต้องใช้น้ำ

Raimondo และคณะ[11] ได้ศึกษาเปรียบเทียบการขัดผิวพอร์ซเลนด้วยวัสดุ 4 ชนิด กับชุดหัวขัดโชฟุโดยไม่ใช้ครีมขัดพอร์ซเลน และการเคลือบผิว โดยประเมินผลด้วยตา และ จากกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด พบว่าเมื่อประเมินด้วยตา ครีมขัดพอร์ซเลนทรูลัสเตอร์ (Truluster) และไดมอนดัสท์ (Diamond Dust) จะให้ผิวเรียบเท่ากับหรือมากกว่าผิวเคลือบ ในขณะที่เกลซเอ็นชายน์ (Glaze 'N Shine) และไดกลอสส์ (Dia Gloss) จะขัดผิวไม่ได้เรียบเท่าผิวเคลือบ ส่วนชุดหัวขัดโชฟุที่ไม่ได้ขัดตามด้วยครีมขัดพอร์ซเลนจะได้ผิวเรียบน้อยมาก แต่เมื่อประเมินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด จะพบว่าผิวเคลือบ และครีมขัดพอร์ซเลนทรูลัสเตอร์จะมีความเรียบมากที่สุด ส่วนชุดหัวขัดโชฟุที่ไม่ได้ขัดตามด้วยครีมจะมีความเรียบมากกว่าที่ประเมินด้วยตา ดังนั้นในการขัดด้วยชุดหัวขัดโชฟุจึงควรพิจารณาใช้ครีมขัดพอร์ซเลนร่วมด้วย

Scurria และ Powers[26] ศึกษาถึงความขรุขระของผิวเฟลด์สปาติกพอร์ซเลนชนิด เซแรมโกทู (Ceramco II) กับ CAD-CAM ชนิดไดคอร์ เอ็มจีซี (Dicor MGC) เมื่อขัดผิวโดยใช้วัสดุต่างๆ ดังนี้ หัวกรอกากเพชรขนาด 45, 25 และ 10 ไมโครเมตร หัวกรอคาร์ไบด์ชนิด 30 ฟลุต หัวขัดยางผสมซิลิกอนคาร์ไบด์ (silicon carbide-impregnated rubber point) เจลกากเพชรขนาด 4 และ 1 ไมโครเมตร หัวขัดอะลูมินัมออกไซด์ (aluminum oxide point) และครีมอะลูมินัมออกไซด์ พบว่า เซแรมโกทูสามารถขัดได้เรียบกว่าผิวเคลือบ และไดคอร์ เอ็มจีซีสามารถขัดได้เรียบกว่าเซแรมโกทู โดยวิธีขัดที่ใช้หัวกรอกากเพชรตามด้วยเจลกากเพชร จะทำให้ได้ผิวเรียบมากที่สุด

จากการศึกษาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการขัดผิวพอร์ซเลนโดยไม่ได้เคลือบผิวซ้ำ สามารถให้ผิว

เรียบเท่ากับหรือมากกว่าพอร์ซเลนที่เคลือบผิว แต่อย่างไรก็ตามยังมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกประการหนึ่ง คือ การติดคราบสีของพอร์ซเลนที่ไม่ได้เคลือบผิวซ้ำ ข้อกำหนดเลขที่ 69 ว่าด้วยเซรามิกทางทันตกรรม ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (ADA Specification No.69 – Dental Ceramic) [12] ได้กำหนดวิธีประเมินการติดคราบสีไว้ โดยการจุ่มชิ้นงานที่ไม่ได้เคลือบผิวในสารละลายอิ่มตัวของเมทธิลีนบลูในเอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไม่ควรมีการติดคราบสีที่สังเกตได้ด้วยตา แต่การประเมินโดยวิธีดูด้วยตานี้ อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้จากความแตกต่างของแต่ละบุคคลในการรับรู้สี ซึ่งมีความหลากหลายในแต่ละคน ทำให้มองเห็นสีได้แตกต่างกัน หรือแม้แต่ในบุคคลคนเดียวกัน ก็อาจมองเห็นสีได้ไม่เหมือนเดิม ในสภาวะแวดล้อม และเวลาต่างกัน

การรับรู้สี (color perception) [15] มีปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้อง 3 ประการ ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง (light source) วัตถุ (surface viewed) และ ผู้สังเกต (individual observer) เมื่อมีความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดแสง กับวัตถุ จะสร้างให้เกิดข้อมูลหรือสิ่งกระตุ้นไปยังตา การเปลี่ยนแปลงข้อมูลด้วยตาของผู้สังเกตแต่ละคน จะทำให้เกิดข้อมูลสุดท้าย ส่งไปยังสมอง ซึ่งจะเปลี่ยนข้อมูลที่ได้รับ ให้เป็นการรับรู้เรื่องสี หากมีการเปลี่ยนแปลงของแต่ละปัจจัย เช่น สภาวะแสง หรือ สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ก็จะมีผลต่อข้อมูลสุดท้ายที่ส่งไปยังสมองด้วย

ระบบสี (color systems) ที่นิยมใช้ในทางทันตกรรม ได้แก่ ระบบสีมันเซล และ ระบบสีซีไออี

ระบบสีมันเซล (Munsell)[26] วัดคุณสมบัติสี 3 อย่าง ดังนี้

Hue คือ สีต่างๆ ที่เราจำแนกแยกแยะได้เป็น แดง เหลือง เขียว น้ำเงิน

Value คือ ความสว่างของสี (lightness) ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการเลือกสี

Chroma คือ ความเข้มของสี (color intensity) หรือ ความอิ่มตัวของสี โดย Chroma จะแสดงปริมาณของ Hue ในสีนั้นๆ

ระบบสีซีไออี (CIE หรือ Commission Internationale de l'Eclairage) [13] เป็นระบบสีที่นิยมใช้ในการระบุสี ระบบสีซีไออี ในปีค.ศ.1931 หรือ CIE(X,Y,Z) ใช้ค่าสี (parameter) 3 ค่า คือ X Y และ Z เป็นพื้นฐานการตอบสนองของแถบสี ที่กำหนดโดยผู้สังเกตซีไออี ซึ่งอาจใช้แผนภูมิสี (chromaticity diagram) ในการกำหนดสี และ ระบบสีซีไออี ในปีค.ศ.1978 หรือ CIE $L^*a^*b^*$ เป็นระบบสีซีไออีที่พัฒนาขึ้นมาในภายหลัง โดยใช้ค่าสี 3 ค่าเช่นเดียวกัน คือ L^*, a^* และ b^* ซึ่งสามารถคำนวณจากค่า X, Y และ Z ได้ ระบบสี CIE $L^*a^*b^*$ นี้มีบริเวณการเรียงตัวของสีเป็น 3 มิติ โดยมีองค์ประกอบใกล้เคียงกับการรับรู้สีด้วยตา[27] ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

การรับรู้สีด้วยตา ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนแรก คือ ความสว่าง (lightness) หรือ ขาว-ดำ จะตอบสนองโดยเซลล์รูปแท่ง (rods) ในเรตินา (retina) และเซลล์รูปกรวย (cones) 3 ชนิด จะตอบสนองต่อสีแดง เขียว น้ำเงิน

ขั้นตอนที่สอง คือ เซลปมประสาท (ganglion cells) จะแปลงสัญญาณการตอบสนองต่อสีไป ใน 2 ช่องทาง คือ เหลือง-น้ำเงิน กับ แดง-เขียว และสัญญาณจะส่งไปยังสมองส่วนการมองเห็น (visual cortex) แปลผลได้เป็น ขาว-ดำ , เหลือง-น้ำเงิน , แดง-เขียว

ระบบสีซีไออี (CIE $L^*a^*b^*$) ประกอบด้วย ตัวแปรของสี 3 ค่า ดังนี้

L^* คือ ตัวแปรความสว่าง (lightness) มีช่วงค่าตั้งแต่ 0 (ดำที่สุด) ถึง 100 (ขาวที่สุด)

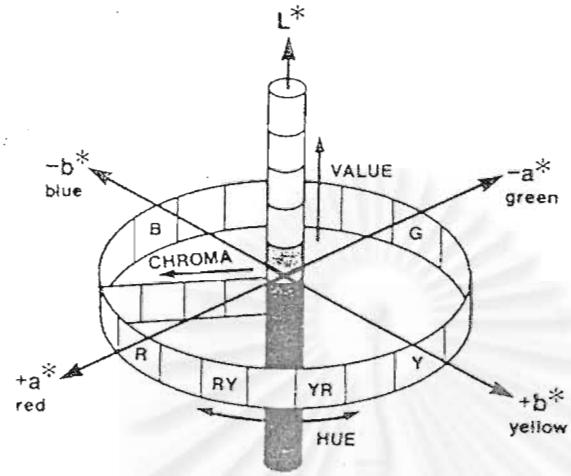
a^* คือ ตัวแปรของสีในแกนแดงเขียว โดย a^* ค่าบวก สัมพันธ์กับปริมาณความแดง

a^* ค่าลบ สัมพันธ์กับปริมาณความเขียว

b^* คือ ตัวแปรของสีในแกนเหลืองน้ำเงิน โดย b^* ค่าบวก สัมพันธ์กับปริมาณความเหลือง

b^* ค่าลบ สัมพันธ์กับปริมาณความน้ำเงิน

ระบบสีซีไออี (CIE $L^*a^*b^*$) สามารถแสดงได้เป็น 3 มิติ ดังรูปที่ 2-2 ซึ่งในแกนนอนจะมี 2 แกนสี a^* กับ b^* และมี L^* ในแกนตั้ง ซึ่งจะเห็นได้ว่า ตัวแปร L^* ในระบบสีซีไออี จะเทียบได้กับความสว่างของสี (Value) ในระบบสีมันเซล ส่วน a^* กับ b^* ช่วยอธิบายเกี่ยวกับส่วนประกอบของสี โดยระบบสีซีไออีนี้มีข้อดี คือ สามารถเปลี่ยนตัวแปรของสี (a^* กับ b^*) เป็นค่าตัวเลขได้ และคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) โดยใช้สูตร $\Delta E = \{ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \}^{1/2}$ โดยค่า ΔL^*, Δa^* และ Δb^* คำนวณได้จากผลต่างของตัวแปร L^*, a^* และ b^* ของตัวอย่าง และค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่ได้ สามารถบอกถึงช่วงการยอมรับสีทางคลินิก O'Brien และคณะ[14] ได้ประเมินค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ไว้ดังนี้ $\Delta E < 1$ ดีที่สุด (สีมีความเหมือนกันมากจนไม่สามารถเห็นความแตกต่างเลย) , $\Delta E \leq 2$ ยอมรับได้ในทางคลินิก (สีมีความเหมือนกันในระดับที่ยอมรับได้ แลดูไม่แตกต่างกัน) , $\Delta E \geq 3.7$ แตกต่างอย่างเห็นได้ชัด หรือ อาจประเมินความแตกต่างของสีได้อีกวิธีหนึ่ง โดยแปลงค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เป็นค่าหน่วยเอ็นบีเอส (NBS - National Bureau of Standards units)[29] โดย NBS units = $\Delta E \times 0.92$ ซึ่งจะประเมินระดับความแตกต่างของสีดังตารางที่ 2-1



CIELAB and Munsell color space arrangement.

รูปที่ 2-2 แสดงการจัดเรียงตัวของตัวแปรสีในระบบสีซีไออี เปรียบเทียบกับ ระบบสีมันเซล

ตารางที่ 2-1 แสดงระดับความแตกต่างของสีเมื่อประเมินโดยใช้ค่าหน่วย NBS

ระดับความแตกต่างของสี	หน่วย NBS
น้อยมาก (trace)	0 – 0.5
เล็กน้อย (slight)	0.5 – 1.5
สังเกตเห็น (noticeable)	1.5 – 3.0
เห็นได้ชัด (appreciable)	3.0 – 6.0
มาก (much)	6.0 – 12.0
มากเหลือเกิน (very much)	12.0 -

การประเมินสีทำได้หลายวิธี แต่เนื่องจากมีความหลากหลายของสภาพแสง และมีความแตกต่างในแต่ละบุคคล จึงอาจเกิดการบิดเบือนของสี (metamerism)[15] ได้ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สีต่างกันแต่สามารถมองเห็นเป็นสีเดียวกันได้ ภายใต้สภาวะแสงเฉพาะ ด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์ทางสเปกโตรโฟโตเมตริก (spectrophotometric analysis) จึงได้ถูกพัฒนาขึ้น ให้เป็นวิธีสากลในการระบุสีและเทียบสี โดยมีหลักการคือวัดการสะท้อนแสงของสีต่างๆ และแปลงเป็นค่าตัวเลข แล้วเปรียบเทียบกับค่าการสะท้อนแสงมาตรฐานที่ทราบแล้ว[16] ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ทางสเปกโตรโฟโตเมตริกนี้ เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการระบุสีและเทียบสี เนื่องจากข้อมูลที่ได้จะเป็นค่าตัวเลข ทำให้ง่ายในการแปลผล และสามารถเทียบสีได้ โดยการคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE)

Seghi, Hewlett และ Kim[17] ได้เปรียบเทียบการประเมินสีด้วยเครื่องเทียบสี (colorimetric devices) กับการสังเกตด้วยตา พบว่าความแตกต่างของสีสามารถวัดได้โดยง่ายโดยใช้ระบบการเทียบสี CIE $L^*a^*b^*$ และพบว่าการสังเกตด้วยตาให้ผลไม่แน่นอน[18] Seghi, Johnston และ O'Brien[16] ใช้การวิเคราะห์ทางสเปกโตรโฟโตเมตริกในการประเมินความแตกต่างของสีของพอร์ซเลน 3 ชนิด (Vita VMK 68, Shofu Crystar และ Dentsply Biobond) โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Beckman ACTA C-3 UV-Visible Spectrophotometer) พบว่าพอร์ซเลนสีเดียวกันแต่ต่างชนิดกัน จะมีค่าสีทั้ง 3 ตัวแปร ($L^*a^*b^*$) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าความหนาของพอร์ซเลนที่แตกต่างกัน จะมีค่าสีแตกต่างกันด้วย Rosenstiel และ Johnston[30] ได้ศึกษาถึงผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อสีของพอร์ซเลน โดยใช้เครื่องเทียบสี (Chroma Meter CR-121) ทดสอบผลของตัวแปร 4 อย่าง โดยพบว่าพอร์ซเลนชนิดวิต้า วีเอ็มเค 68 สี A2 ที่ใช้อุณหภูมิในการเผาแตกต่างกัน (930, 960, 990 ^{0}C) วิธีการอัดแน่นโดยเคาะและเขย่าแตกต่างกัน (น้อย, ปกติ, มาก) ใช้น้ำยาในการขึ้นรูปแตกต่างกัน (Vita modelling liquid, น้ำกลั่น, Carv-Eze, Rainbow liquid) จะมีค่าสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และในพอร์ซเลนสีเดียวกันแต่ต่างชนิดกัน (Vita VMK 68, Will-Ceram, Crystar, Jelenko) พบว่ามีค่าสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ Evans และคณะ[31] ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของวิธีการอัด (condensation) ที่มีต่อ การเกิดรูพรุน และสีของพอร์ซเลนชั้นเนื้อฟัน โดยประเมินสีด้วยเครื่องเทียบสี (HunterLab Colorimeter D25-2) พบว่า เมื่อใช้วิธีการอัดแตกต่างกัน 4 วิธี คือ ป้ายและเขย่า (brush with vibration), เขย่าด้วยเครื่องอุลตราโซนิก (ultrasonic vibration), ตบด้วยพาย (spatulation) และ ไม่อัดแน่น จะมีผลให้เกิดรูพรุนไม่แตกต่างกัน แต่พบว่ามีผลต่อสีโดยค่า a^*b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่า L^* ไม่แตกต่างกัน Jorgenson และ Goodkind[32] ได้ใช้การวิเคราะห์ทางสเปกโตรโฟโตเมตริก ในการศึกษาว่าความหนาของพอร์ซเลน (1, 2 และ 3 มม.) และจำนวนครั้งในการเผาซ้ำ (2, 5 และ 10 ครั้ง) มีผลต่อสีของพอร์ซเลนหรือไม่ โดยประเมินสีโดยใช้ค่าสีในระบบสีมันเซล พบว่าความหนาของพอร์ซเลนมีผลต่อสี

อย่างมีนัยสำคัญ แต่จำนวนครั้งในการเผาไม่มีผลต่อสีของพอร์ซเลน Obregon, Goodkind และ Schwabacher[33] ได้ศึกษาถึงผลของชั้นทึบแสง (มันเงา, ด้าน) และลักษณะพื้นผิวของพอร์ซเลน (หยาบ, เรียบ) ที่มีต่อสีของครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน โดยประเมินสีด้วยระบบสีมันเซล พบว่าชั้นทึบแสงมีผลต่อสีของพอร์ซเลนทั้ง 3 ค่าสี ส่วนลักษณะพื้นผิวมีผลต่อค่าสี Value และ Chroma Brewer และคณะ[34] และ Crispin, Seghi และ Globe[35] ก็ได้ศึกษาผลของชนิดของโลหะผสมที่มีต่อสีของครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน โดยใช้การวิเคราะห์ทางสเปกโตรโฟโตเมตริก ได้ผลสรุปสอดคล้องกันว่าชนิดของโลหะผสมมีผลต่อสีของพอร์ซเลน โดยโลหะชนิดปริมาณทองสูง (high gold alloy) จะมีเสถียรภาพของสีที่ดี ในขณะที่โลหะผสมแพลเลเดียม-เงิน (palladium-silver alloy) มีการเปลี่ยนสีมากที่สุด และโลหะผสมนิกเกิล-โครเมียม (nickel-chromium alloy) ก็มีการเปลี่ยนสีเช่นกัน แต่ไม่มากเท่ากับโลหะผสมแพลเลเดียม-เงิน

จากผลสรุปของการศึกษาข้างต้น พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อสีของพอร์ซเลน ได้แก่ ชนิดของพอร์ซเลน ความหนาของพอร์ซเลน วิธีการอัดแน่น (condensation) ลักษณะพื้นผิวของพอร์ซเลน ลักษณะของชั้นทึบแสง และชนิดของโลหะ

เป็นที่ทราบกันดีว่า พอร์ซเลนเป็นวัสดุบูรณะฟันที่มีเสถียรภาพของสีดีมาก การเคลือบผิวพอร์ซเลน นอกจากจะช่วยให้ผิวเรียบเป็นมัน ยังลดโอกาสที่จะติดคราบสีจากภายนอก เช่น กาแฟ และสารสีต่างๆ อีกด้วย ถึงแม้ว่าการขัดผิวหลายวิธีจะสามารถให้ผิวที่เรียบได้ใกล้เคียง หรือมากกว่าการเคลือบผิว แต่ถ้าติดคราบสีได้ง่าย ก็ไม่อาจยอมรับการขัดผิวนั้นได้ Esquivel และคณะ[6] ได้ศึกษาเสถียรภาพของสีพอร์ซเลน โดยเปรียบเทียบการติดคราบสีของพอร์ซเลนชนิดหลอมตัวในอุณหภูมิต่ำ (Procera และ Duceratin) และเฟลสปาติกพอร์ซเลน (Vita VMK 68) ที่เคลือบผิว กับ ไม่ได้เคลือบผิวซึ่งขัดผิวเคลือบออกด้วยหัวขัดวงล้อซิลิกอนคาร์ไบด์ แล้วทดสอบการติดคราบสีตามข้อกำหนดเลขที่ 69 ว่าด้วยด้วยเซรามิกทางทันตกรรม ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (ADA Specification No.69 – Dental Ceramic) วัดด้วยเครื่องเทียบสี (Minolta Chroma Meter CR-100/CR-110) พบว่าพอร์ซเลนที่ไม่ได้เคลือบผิวจะมีสีแตกต่างจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตา ในขณะที่ผิวเคลือบต้านทานต่อการติดคราบสีได้ดีกว่า แต่ Rosenstiel และคณะ[19] ได้เปรียบเทียบการติดคราบสีของเฟลสปาติกพอร์ซเลน (Vita VMK 68) ที่เคลือบผิว กับขัดผิวด้วยผงพัมมิซจนเรียบมันใกล้เคียงกับผิวเคลือบ ทดสอบการติดคราบสีโดยจุ่มในกาแฟเป็นเวลา 8 สัปดาห์ แล้ววัดด้วยเครื่องเทียบสี (Minolta Chroma Meter CR-121) พบว่าไม่มีความแตกต่างของสีอย่างมีนัยสำคัญ

จากการปริทรรศน์วรรณกรรมทั้งหมดที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่า ยังไม่มีผลสรุปที่ชัดเจนเกี่ยวกับเสถียรภาพของสีพอร์ซเลนที่ขัดผิวเรียบ โดยที่ไม่ได้เคลือบผิวซ้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เฟลสปาติกพอร์ซเลนชนิดวิต้า โอเมก้า 900 ที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่ให้มีขนาดเกรนที่ละเอียดมากขึ้น ซึ่งน่าที่จะขัดผิวได้เรียบมากขึ้น และมีเสถียรภาพของสีที่ดี จึงได้จัดทำการวิจัยเพื่อศึกษาถึงเสถียรภาพของสีเฟลสปาติกพอร์ซเลนชนิดวิต้า โอเมก้า 900 เมื่อขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ 3 วิธีที่ยอมรับกันว่าขัดได้เรียบมัน ได้แก่ การขัดด้วยหัวขัดเซราโพล (NTI) , ชุดหัวขัดโซฟุและครีมขัดผสมกากเพชร , ชุดหัวขัดโซฟุและหัวขัดไดฟินิช เปรียบเทียบกับการเคลือบผิวแบบธรรมชาติ ประเมินความเรียบของผิวพอร์ซเลนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด ทดสอบการติดคราบสีตามข้อกำหนดเลขที่ 69 ว่าด้วยเซรามิกทางทันตกรรมของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (ADA Specification No.69 – Dental Ceramic) แล้วประเมินสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

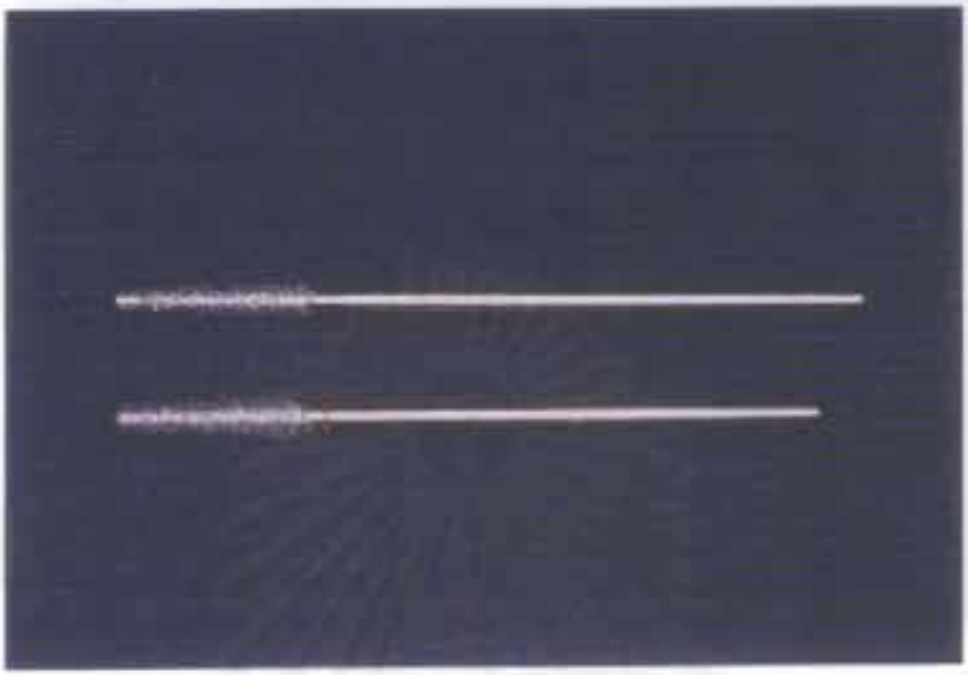
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมชิ้นงานเฟลสปาติกพอร์ซเลน (Vita Omega 900, Vita Zahnfabrik, Germany) สี A1 โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ดังรูปที่ 3-1 ได้แก่ แม่แบบซิลิโคนรูปวงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 17 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร ทำชิ้นงานจำนวน 92 ชิ้น โดยผสมส่วนผงของชั้นเนื้อฟัน (Dentine) 1 กรัม กับน้ำกลั่น 9 หยดจากหลอดหยด (ประมาณ 0.4 มิลลิลิตร) ผสมให้ได้ลักษณะครีมข้น พอกลงในแม่แบบซิลิโคน เขย่าด้วยเลอครอน คาร์เวอร์ (Lecron carver) พอกให้เกินแม่แบบขึ้นมาเล็กน้อย ซับน้ำส่วนเกินด้วยกระดาษทิชชู และอัดให้แน่น (condensation) ด้วยแป้นโลหะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับแม่แบบ กดทับด้วยตุ้มน้ำหนักขนาด 200 กรัม จำนวน 5 ครั้งๆ ละ 10 วินาที แล้วปาดให้เรียบเสมอแม่แบบ ทิ้งไว้ให้แห้ง 10 นาทีที่อุณหภูมิหน้าเตาเผา นำไปเผาภายใต้ความดันสุญญากาศ (vacuum firing) ด้วยเตาเผาพอร์ซเลนยูนิเทค (Unitek รุ่น Ultra-mat CDF) ดังรูปที่ 3-2 ตามอุณหภูมิที่บริษัทกำหนด โดยเริ่มเผาจากอุณหภูมิห้องจนถึง 600 องศาเซลเซียสในสภาวะอากาศ เป็นเวลา 6 นาที และเพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 50 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 900 องศาเซลเซียสในภาวะสุญญากาศ และคงที่ไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 1 นาที เมื่อเผาเสร็จแล้ว ทิ้งไว้ให้เย็น 30 นาที

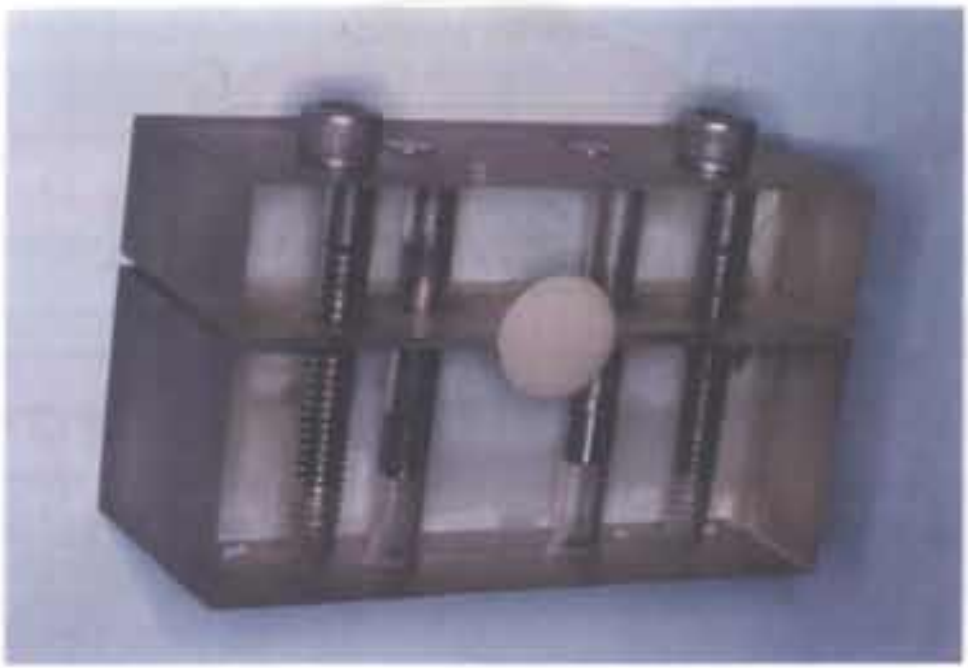
นำชิ้นงานมากรอด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบรูปทรงกระบอกขนาด 60 ไมโครเมตร (Shofu Dental Corp.) ดังรูปที่ 3-3 โดยใช้เครื่องกรอความเร็วช้า 5,000 รอบต่อนาที ร่วมกับการขัดด้วยกระดาษทราย (3M) แบบหยาบ (เบอร์ 180) และละเอียด (เบอร์ 800) จนพื้นผิวมีความเรียบสม่ำเสมอเมื่อดูด้วยตา วัดความหนาของชิ้นงานที่กรอแต่งแล้วด้วยเวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ (Vernier calipers) ให้ได้ความหนา 1.6 $\pm$ 0.05 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 $\pm$ 0.05 มิลลิเมตร นำชิ้นงานมายึดกับแป้นจับให้แน่นโดยการขันสกรู ดังรูปที่ 3-4 แล้วยึดแป้นจับชิ้นงานบนฐานยึดของเครื่องกรอชิ้นงาน (เครื่อง Milling machine) ดังรูปที่ 3-5 จัดระนาบของผิวหน้าชิ้นงานให้ขนานกับหัวกรอ ซึ่งด้ามจับหัวกรอยึดกับแกนแนวดิ่งของเครื่องกรอ ดังแสดงในรูปที่ 3-6 กรอผิวพอร์ซเลนด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดละเอียดรูปทรงกระบอกขนาด 40 ไมโครเมตร (Shofu Dental Corp.) โดยใช้ความเร็วในการกรอ 5,000 รอบต่อนาที กรอต่อเนื่องเป็นจังหวะในทิศทางเดียวกัน เป็นเวลา 1 นาที ทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำกลั่นในเครื่องทำความสะอาดอุลตราโซนิก (ultrasonic cleaner) เป็นเวลา 5 นาที แล้วเคลือบผิว (autoglazed) โดยเริ่มเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส และเพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 75 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 900 องศาเซลเซียส และคงที่ไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 2 นาที ตามที่บริษัทกำหนด

รูปที่ 3-1 แสดงวัสดุอุปกรณ์ในการเตรียมชิ้นงานได้แก่ ผงพอร์ซเลนวิต้า โอเมก้า 900,น้ำกลั่น, แม่แบบซิลิโคน, ตุ้มน้ำหนักขนาด 200 กรัม, เลอครอน คาร์เวอร์

รูปที่ 3-2 แสดงเตาเผาพอร์ซเลนยูนิเทค (Unitek รุ่น Ultra-mat CDF)



รูปที่ 3-3 แสดงหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบและละเอียด (Shofu Dental Corp.)



รูปที่ 3-4 แสดงแป้นจับชิ้นงาน

รูปที่ 3-5 แสดงเครื่องกรอชิ้นงาน ซึ่งมีด้ามจับหัวกรอยึดกับแกนแนวดิ่ง และฐานยึดเป็นจับชิ้นงาน

รูปที่ 3-6 แสดงวิธีการกรอชิ้นงาน

แบ่งชิ้นงานออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 23 ชิ้น โดยการสุ่มตัวอย่าง แล้วนำไปวัดสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer รุ่น Ultrascan XE, HunterLab,U.S.A) ดังรูปที่ 3-7 วัดสีชิ้นละ 5 ครั้ง โดยหมุนชิ้นงาน 5 มุม แล้วหาค่าเฉลี่ยของ L^*, a^*, b^* เมื่อวัดครบทุกชิ้นในแต่ละกลุ่มแล้วให้กลับมาวัดซ้ำอีกรอบหนึ่ง จากค่าสีที่วัดได้ทั้งสองรอบ จะนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย แล้วบันทึกผลเป็นค่าสีมาตรฐานเริ่มต้นของชิ้นงาน

แล้วนำชิ้นงานทั้ง 4 กลุ่มมากรอด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดละเอียดรูปทรงกระบอกขนาด 40 ไมโครเมตร โดยใช้ความเร็วในการกรอ 5,000 รอบต่อนาที ตามวิธีดังที่กล่าวไว้ในข้อ 2. วัดความหนาของชิ้นงานให้ได้ความหนา 1.5 $\pm$ 0.05 มิลลิเมตร แล้วนำชิ้นงานแต่ละกลุ่มไปขัดแต่งผิวด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

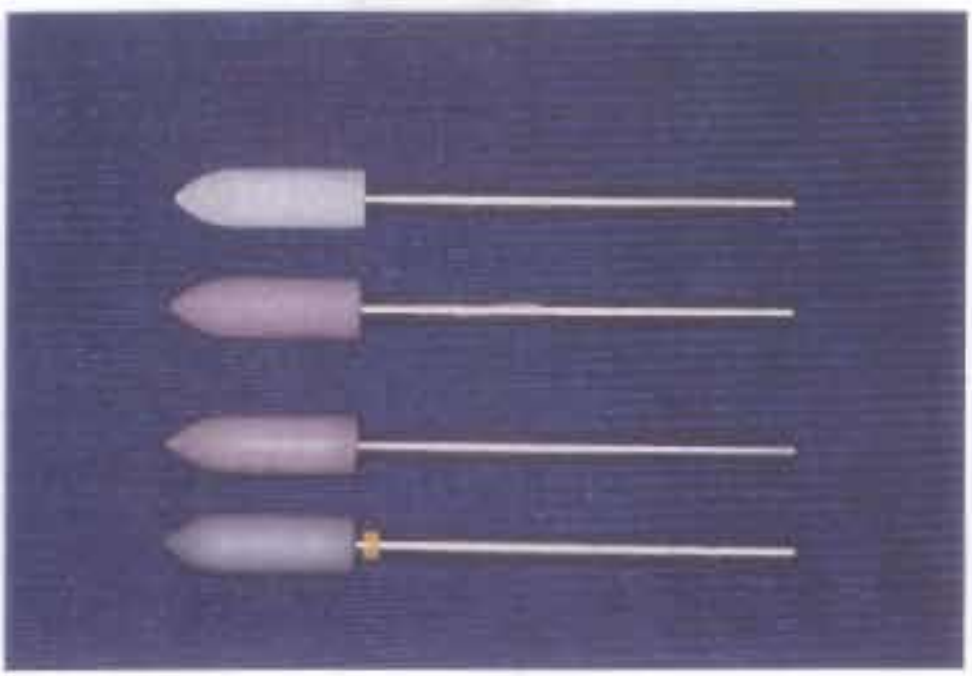
กลุ่มที่ 1 ขัดเรียบด้วยหัวขัดเซราโพล (Cerapol, NTI) รูปทรงกระบอกสีขาวและสีชมพู โดยใช้ความเร็วในการกรอ 10,000 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการขัด หัวขัดละ 1 นาที ทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นในเครื่องทำความสะอาดอุลตราโซนิก เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปเคลือบผิว (autoglazed)

กลุ่มที่ 2 ขัดเรียบด้วยหัวขัดเซราโพล (Cerapol, NTI) รูปทรงกระบอกสีขาว สีชมพู สีน้ำตาล และสีเทา ดังรูปที่ 3-8 โดยใช้ความเร็วในการกรอ 10,000 , 10,000 , 10,000 และ 5,000 รอบต่อนาที ตามลำดับ โดยใช้เวลาในการขัด หัวขัดละ 1 นาที

กลุ่มที่ 3 ขัดด้วยชุดหัวขัดโชฟุ (Shofu porcelain adjustment kit , Shofu Dental Corp.) ซึ่งประกอบด้วยหัวขัด 4 ชนิด โดยใช้ความเร็วในการกรอ 10,000 รอบต่อนาที ตามลำดับดังต่อไปนี้ หัวกรอหินดูราไวท์ (Dura White Stone), หัวขัดเซรามิสต์มาตรฐาน (Standard Ceramiste Point), หัวขัดเซรามิสต์อุลตรา (Ultra Ceramiste Point), หัวขัดเซรามิสต์อุลตรา ทู (Ultra II Ceramiste Point) ดังรูปที่ 3-9 โดยใช้เวลาหัวขัดละ 1 นาที แล้วขัดด้วยครีมขัดผสมกากเพชร (Diamond polishing paste) ขนาดอนุภาค 2 ถึง 4 ไมโครเมตร (Jota) เป็นเวลา 1 นาที และขนาด 1.5 ไมโครเมตร (Temrex) เป็นเวลา 1 นาที ตามลำดับ โดยใช้หัวขัดสักหลาด ดังรูปที่ 3-10 ใช้ความเร็วในการกรอ 10,000 รอบต่อนาที

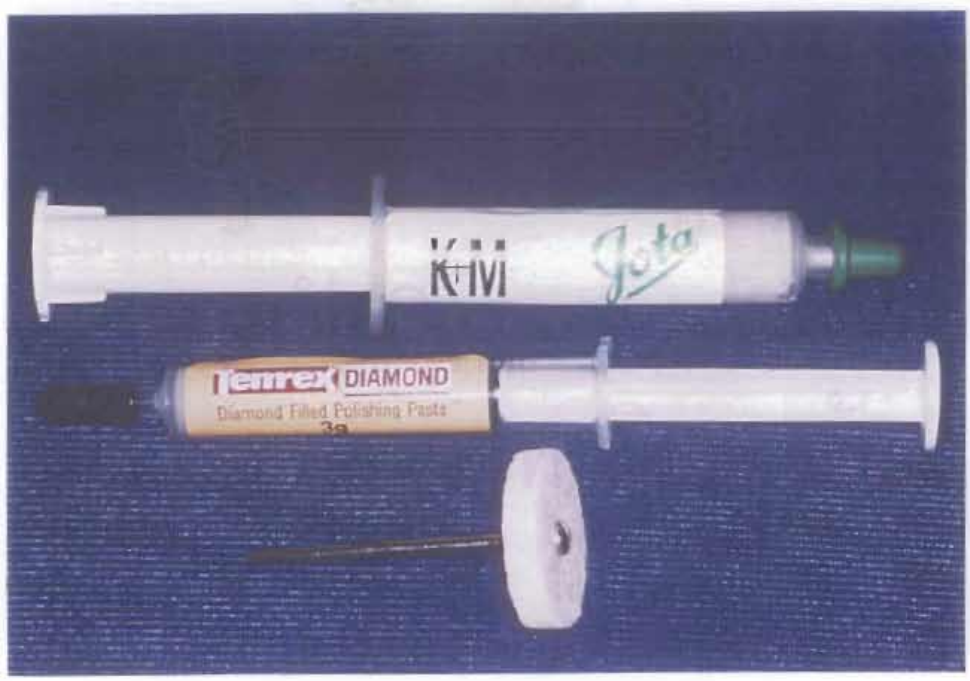
กลุ่มที่ 4 ขัดเรียบด้วยชุดหัวขัดโชฟุตามลำดับ เหมือนกับกลุ่มที่ 3 แล้วขัดด้วยหัวขัดไดฟินิช (Dia Finish, Renfert, Germany) ซึ่งเป็นหัวขัดสักหลาดที่มีผงกากเพชรผสมอยู่ ดังรูปที่ 3-11 โดยใช้ความเร็วในการกรอ 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที

รูปที่ 3-7 แสดงเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (รุ่น Ultrascan XE)



รูปที่ 3-8 แสดงหัวรัดเรราโพล รูปทรงกระบอกสีขาว สีชมพู สีน้ำตาล และสีเหา

รูปที่ 3-9 แสดงชุดหัวขัดโซฟุ



รูปที่ 3-10 แสดงครีมขัดผสมกากเพชร และหัวขัดรูปวงล้อ

รูปที่ 3-11 แสดงหัวขัดไดฟินิช

รูปที่ 3-12 แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด (JEOL รุ่น JSM-5800 LV)

ทำความสะอาดชิ้นงานทั้ง 4 กลุ่มด้วยน้ำกลั่นในเครื่องทำความสะอาดอุลตราโซนิก เป็นเวลา 5 นาที แล้วสุ่มชิ้นงาน 3 ชิ้นจากแต่ละกลุ่ม เพื่อนำไปเตรียมฉาบทอง และส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด (JEOL รุ่น JSM-5800 LV) ดังรูปที่ 3-12 โดยใช้กำลังขยาย 200 และ 1,000 เท่า เพื่อประเมินความเรียบของผิวชิ้นงานพอร์ซเลนในแต่ละกลุ่ม

นำชิ้นงานที่เคลือบผิว และขัดผิวแล้ว ทั้ง 4 กลุ่มๆ ละ 20 ชิ้น ไปวัดสีก่อนการทดลองด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ บันทึกข้อมูลเป็นค่าสีก่อนการทดลอง แล้วทดสอบการติดคราบสีตามข้อกำหนดเลขที่ 69 ว่าด้วยเซรามิกทางทันตกรรม ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา โดยแบ่งแต่ละกลุ่มครึ่งหนึ่งเท่ากับ 10 ชิ้น จุ่มในสารละลายอิ่มตัวของเมทธิลีนบลูในเอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง[12] อีกครึ่งหนึ่ง 10 ชิ้น จุ่มในน้ำกลั่น 24 ชั่วโมงเป็นกลุ่มควบคุม หลังจากนั้นนำชิ้นงานกลุ่มทดลองที่จุ่มในสารละลายเมทธิลีนบลู มาล้างด้วย methylated spirit (ซึ่งในการทดลองนี้ใช้เมทธานอล 99.8 เปอร์เซ็นต์) ในเครื่องทำความสะอาดอุลตราโซนิก เป็นเวลา 15 วินาที แล้วนำไปวัดสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ บันทึกข้อมูลเป็นค่าสีหลังการทดลอง

นำค่า L^*, a^*, b^* หลังการทดลองของกลุ่มควบคุม (น้ำกลั่น) กับกลุ่มทดลอง (จุ่มสารละลายเมทธิลีนบลู) มาคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ด้วยสูตร $\Delta E = \{ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \}^{1/2}$ แล้วนำค่า ΔE ที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบความแตกต่างของสีหลังจุ่มสารละลายเมทธิลีนบลูกับน้ำกลั่นระหว่างการขัดผิว 3 วิธี กับการเคลือบผิว ด้วยสถิติ analysis of variance (ANOVA) และ Tukey's HSD test

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวัดสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์รุ่น Ultrascan XE

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์รุ่น Ultrascan XE (HunterLab, U.S.A) เป็นเครื่องที่มี Xenon flash 2 ลำแสง มีช่วงความยาวคลื่น 360-750 นาโนเมตร ควบคุมการใช้งานด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้ซอฟท์แวร์ (HunterLab Universal Software Version 3.1) วัดสีเป็นระบบ CIE L^*,a^*,b^*

กำหนดใช้แหล่งกำเนิดแสง (Standard illuminant) D65 (daylight) ซึ่งใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์ และใช้ผู้สังเกตซีไออี (CIE 1931 Standard observer 2^0) ซึ่งใกล้เคียงกับการมองเห็นสีด้วยตาคน ขนาดของตัวอย่างที่จะวัดสีต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าช่องของแป้นวัด (Reflectance port) ซึ่งมีขนาด 0.357 นิ้ว หรือประมาณ 10 มิลลิเมตร เพื่อไม่ให้มีลำแสงเล็ดลอดออกมา

ในการวัดสี จะต้องปรับมาตรฐานของเครื่อง (standardization) ก่อนที่จะวัดสี และจะต้องปรับมาตรฐานใหม่ ทุกๆ 4 ชั่วโมง และเพื่อให้การวัดสีได้มาตรฐานเดียวกัน ควรมีชิ้นงานมาตรฐานสำหรับใช้ตรวจ และปรับค่าสีที่มีความคลาดเคลื่อนไปจากมาตรฐานเริ่มต้น

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์จะทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ วัดและระบุสีออกมาเป็นค่าตัวเลขในระบบ CIE L^*,a^*,b^* และสามารถคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ได้เมื่อวัดสีของตัวอย่างเทียบกับค่าสีมาตรฐานที่ได้บันทึกไว้แล้ว

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บข้อมูลจากค่า L^*, a^*, b^* ที่วัดได้จากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ บันทึกค่าลงในตาราง คำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) โดยใช้สูตร $\Delta E = \{ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \}^{1/2}$ แล้วหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของ ΔE เพื่อใช้เป็นตัวแทนของกลุ่ม นำข้อมูลไปเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติ ANOVA และการทดสอบ Tukey's HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 3-1 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ สี (L^*, a^*, b^*) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของชิ้นงานพอร์ซเลนทั้ง 4 กลุ่ม

กลุ่ม	n	น้ำกลั่น			n	เมทธิลีนบลู			ΔE
		L	a	b		L	a	b	
1.Glazed	10				10				
2.Cerapol (NTI)	10				10				
3.Shofu+Paste	10				10				
4.Shofu+Dia Finish	10				10				

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาโดยการวัดสีของชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิวและขัดผิวทั้ง 4 กลุ่มๆ ละ 20 ชิ้น โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วัดค่าสีของชิ้นงานก่อน และหลังจุ่มสารละลาย ซึ่งได้แบ่งชิ้นงานออกเป็นกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 10 ชิ้น โดยจุ่มในน้ำกลั่นกับสารละลายเมทธิลีนบลู เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำค่าสี L^*, a^*, b^* ที่วัดได้มาคำนวณค่าความแตกต่างของสีระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง โดยใช้สูตร $\Delta E = \{ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \}^{1/2}$ ได้ผลดังตารางที่ 4-1 ถึง 4-4

จากตารางที่ 4-1 ถึง 4-4 จะเห็นได้ว่า ชิ้นงานพอร์ซเลนก่อนจุ่มสารละลาย ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองของแต่ละกลุ่มมีค่าเฉลี่ยของสี (L^*, a^*, b^*) ที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของสี (ΔE) ดังแสดงในตารางที่ 4-5 ซึ่งเมื่อนำไปคำนวณทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ดังแสดงในตารางที่ 4-6 พบว่าค่าเฉลี่ย ΔE ของชิ้นงานพอร์ซเลนก่อนจุ่มสารละลาย ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองของทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

และเมื่อคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิวและขัดผิวทั้ง 4 กลุ่ม หลังการทดลองจุ่มในน้ำกลั่นกับสารละลายเมทธิลีนบลู พบว่ามีค่าสถิติดังตารางที่ 4-7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-1 แสดงค่า $L^*, a^*, b^*, \Delta E$ ก่อนและหลังจุ่มสารละลาย (น้ำกลั่น และเมทธิลีนบลู) ของชิ้นงานพอร์ซเลนกลุ่มที่ 1 ที่เคลือบผิว

ชิ้นที่	น้ำกลั่น			ชิ้นที่	เมทธิลีนบลู			ΔE(Before)	ΔE(Test)
	L	a	b		L	a	b	control-test	control-test
1	81.27	-0.59	15.76	11	81.45	-0.75	15.84	0.25	
	81.36	*-0.49*	*15.74*		*81.50*	*-0.69*	*15.82*		*0.26*
2	81.42	-0.10	15.98	12	81.51	-0.14	15.98	0.10	
	81.61	*-0.03*	*15.93*		*81.63*	*-0.10*	*15.89*		*0.08*
3	81.33	0.01	16.23	13	81.41	-0.07	16.35	0.16	
	81.53	*0.08*	*16.22*		*81.62*	*-0.04*	*16.20*		*0.15*
4	81.55	-0.04	16.34	14	81.44	-0.09	16.28	0.13	
	81.79	*0.03*	*16.32*		*81.57*	*-0.07*	*16.14*		*0.30*
5	81.74	-0.55	16.00	15	81.91	-0.49	15.83	0.25	
	82.08	*-0.50*	*15.94*		*81.95*	*-0.49*	*15.68*		*0.29*
6	81.56	-0.03	16.13	16	81.43	-0.06	16.35	0.26	
	81.87	*0.00*	*16.10*		*81.57*	*-0.04*	*16.12*		*0.30*
7	81.58	-0.07	16.10	17	81.51	-0.14	16.02	0.13	
	81.88	*-0.04*	*16.08*		*81.50*	*-0.19*	*15.69*		*0.56*
8	81.73	-0.27	16.12	18	81.61	-0.33	16.09	0.14	
	81.96	*-0.24*	*16.15*		*81.74*	*-0.28*	*15.92*		*0.32*
9	81.59	-0.07	15.98	19	81.74	-0.02	16.09	0.19	
	81.75	*-0.01*	*15.9*		*81.86*	*0.04*	*15.96*		*0.13*
10	81.52	-0.20	16.19	20	81.47	-0.23	15.89	0.31	
	81.75	*-0.13*	*16.14*		*81.64*	*-0.16*	*15.82*		*0.34*
M±	81.53±0.15	-0.19±0.22	16.08±0.16		81.55±0.16	-0.23±0.23	16.07±0.20	0.192±0.071	
SD	*81.76±0.21*	*-0.13±0.21*	*16.05±0.17*		*81.66±0.15*	*-0.20±0.23*	*15.92±0.18*		*0.273±0.135*

หมายเหตุ : ตัวตรง คือ ค่าก่อนจุ่มสารละลาย

ตัวเอียง คือ ค่าหลังจุ่มสารละลาย

ตารางที่ 4-2 แสดงค่า L^*, a^*, b^*, ΔE ก่อนและหลังจุ่มสารละลาย (น้ำกลั่น และเมทธิลีนบลู) ของชิ้นงานพอร์ซเลนกลุ่มที่ 2 ที่ขัดผิวด้วยหัวขัดเซราโพล

ชิ้นที่	น้ำกลั่น			ชิ้นที่	เมทธิลีนบลู			ΔE(Before)	ΔE(Test)
	L	a	b		L	a	b	control-test	control-test
21	80.38	-0.01	15.98	31	80.34	-0.10	16.01	0.10	
	80.47	*0.05*	*15.97*		*79.55*	*-1.06*	*14.59*		*2.00*
22	80.20	0.01	15.92	32	80.20	-0.07	15.93	0.08	
	80.33	*0.08*	*15.92*		*79.15*	*-1.13*	*14.27*		*2.36*
23	80.10	-0.49	15.81	33	80.18	-0.19	15.78	0.31	
	80.15	*-0.43*	*15.81*		*78.62*	*-1.33*	*14.05*		*2.50*
24	79.92	0.05	16.19	34	80.11	0.08	16.19	0.19	
	80.04	*0.10*	*16.15*		*79.48*	*-0.96*	*14.62*		*1.94*
25	80.61	0.02	16.25	35	80.36	0.03	16.35	0.27	
	80.79	*0.11*	*16.17*		*79.33*	*-0.92*	*14.85*		*2.22*
26	80.35	0.01	16.42	36	80.35	-0.04	16.24	0.19	
	80.47	*0.11*	*16.42*		*79.01*	*-1.36*	*14.31*		*2.96*
27	80.31	-0.25	15.85	37	80.16	-0.28	15.65	0.25	
	80.46	*-0.15*	*15.90*		*79.11*	*-1.20*	*14.22*		*2.40*
28	80.83	-0.01	16.12	38	80.76	-0.27	16.10	0.27	
	81.00	*0.07*	*16.13*		*80.19*	*-1.19*	*14.05*		*2.56*
29	80.44	-0.14	16.17	39	80.57	0.09	16.29	0.29	
	80.54	*-0.05*	*16.2*		*78.96*	*-1.40*	*13.98*		*3.04*
30	80.15	0.01	15.93	40	80.23	0.04	16.13	0.22	
	80.22	*0.09*	*15.92*		*78.98*	*-1.35*	*14.08*		*2.65*
M±	80.33±0.26	-0.08±0.17	16.06±0.20		80.33±0.20	-0.07±0.14	16.07±0.23	0.217±0.078	
SD	*80.45±0.29*	*0.00±0.17*	*16.06±0.19*		*79.24±0.43*	*-1.19±0.17*	*14.30±0.29*		*2.463±0.363*

หมายเหตุ : ตัวตรง คือ ค่าก่อนจุ่มสารละลาย

ตัวเอียง คือ ค่าหลังจุ่มสารละลาย

ตารางที่ 4-3 แสดงค่า L^*, a^*, b^*, ΔE ก่อนและหลังจุ่มสารละลาย (น้ำกลั่น และเมทธิลีนบลู) ของชิ้นงานพอร์ซเลนกลุ่มที่ 3 ที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ และครีมขัดผสมกากเพชร

ชิ้นที่	น้ำกลั่น			ชิ้นที่	เมทธิลีนบลู			ΔE(Before)	ΔE(Test)
	L	a	b		L	a	b	control-test	control-test
41	81.95	0.11	16.13	51	82.01	0.18	16.08	0.10	
	82.04	*0.23*	*16.13*		*81.38*	*-0.18*	*15.27*		*1.16*
42	81.83	0.07	16.25	52	82.03	0.11	16.17	0.22	
	81.96	*0.20*	*16.26*		*81.46*	*-0.29*	*15.35*		*1.15*
43	81.87	-0.31	15.99	53	81.90	-0.25	16.12	0.15	
	82.06	*-0.23*	*16.01*		*81.30*	*-0.59*	*15.41*		*1.03*
44	81.66	-0.01	16.11	54	81.87	-0.02	16.12	0.21	
	81.83	*0.06*	*16.11*		*81.13*	*-0.43*	*15.26*		*1.21*
45	82.26	0.13	16.12	55	82.12	0.06	16.24	0.20	
	82.27	*0.22*	*16.24*		*81.60*	*-0.23*	*15.69*		*0.98*
46	81.74	0.13	16.25	56	81.97	0.22	16.22	0.25	
	81.88	*0.21*	*16.25*		*81.39*	*-0.22*	*15.36*		*1.09*
47	81.97	-0.09	15.64	57	81.86	-0.15	15.89	0.28	
	82.08	*-0.04*	*15.70*		*81.21*	*-0.61*	*15.18*		*1.15*
48	82.03	0.13	16.23	58	82.00	0.10	16.10	0.14	
	82.18	*0.15*	*16.24*		*81.39*	*-0.27*	*15.30*		*1.29*
49	82.03	0.01	16.24	59	82.01	0.07	16.05	0.20	
	82.09	*0.05*	*16.33*		*81.66*	*-0.21*	*15.37*		*1.08*
50	82.23	-0.01	16.29	60	82.14	-0.01	16.01	0.29	
	82.32	*0.03*	*16.33*		*81.37*	*-0.48*	*14.88*		*1.80*
M±	81.96±0.19	0.02±0.14	16.13±0.19		81.99±0.10	0.03±0.14	16.10±0.10	0.204±0.061	
SD	*82.06±0.16*	*0.09±0.15*	*16.16±0.19*		*81.39±0.16*	*-0.35±0.16*	*15.31±0.20*		*1.194±0.231*

หมายเหตุ : ตัวตรง คือ ค่าก่อนจุ่มสารละลาย

ตัวเอียง คือ ค่าหลังจุ่มสารละลาย

ตารางที่ 4-4 แสดงค่า L*, a*, b* , ΔE ก่อนและหลังจุ่มสารละลาย (น้ำกลั่น และเมทธิลีนบลู) ของชิ้นงานพอร์ซเลนกลุ่มที่ 4 ที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโชฟุ และหัวขัดไดฟินิช

ชิ้นที่	น้ำกลั่น			ชิ้นที่	เมทธิลีนบลู			ΔE(Before)	ΔE(Test)
	L	a	b		L	a	b	control-test	control-test
61	81.85	0.17	15.91	71	82.03	0.19	15.72	0.26	
	81.99	*0.12*	*16.10*		*81.52*	*-0.26*	*15.08*		*1.19*
62	82.01	0.25	15.97	72	82.02	0.25	16.25	0.28	
	82.1	*0.20*	*16.08*		*81.49*	*-0.22*	*15.62*		*0.87*
63	82.01	0.20	16.26	73	82.00	0.21	16.17	0.09	
	82.18	*0.15*	*16.36*		*81.53*	*-0.21*	*15.57*		*1.08*
64	82.12	0.23	16.10	74	81.86	0.26	16.00	0.28	
	82.30	*0.18*	*16.29*		*81.39*	*-0.14*	*15.47*		*1.27*
65	82.04	-0.08	15.81	75	81.96	-0.36	15.70	0.31	
	82.18	*-0.12*	*15.96*		*81.34*	*-0.87*	*14.97*		*1.50*
66	82.09	0.19	15.95	76	82.02	0.20	16.02	0.10	
	82.25	*0.14*	*16.07*		*81.31*	*-0.39*	*15.16*		*1.41*
67	82.23	0.15	16.25	77	82.26	0.22	16.08	0.19	
	82.29	*0.13*	*16.48*		*81.79*	*-0.16*	*15.66*		*1.00*
68	82.36	-0.21	15.96	78	82.27	-0.21	16.14	0.20	
	82.53	*-0.25*	*16.07*		*81.68*	*-0.70*	*15.41*		*1.17*
69	82.55	0.21	15.76	79	82.39	0.22	16.01	0.30	
	82.73	0.18	15.86		81.80	-0.11	15.56		*1.02*
70	82.19	-0.27	16.17	80	82.40	-0.22	16.16	0.22	
	82.39	*-0.30*	*16.27*		*81.90*	*-0.62*	*15.53*		*0.94*
M±	82.15±0.20	0.08±0.19	16.01±0.17		82.12±0.19	0.08±0.24	16.03±0.18	0.223±0.079	
SD	*82.29±0.21*	*0.04±0.19*	*16.15±0.19*		*81.58±0.21*	*-0.37±0.27*	*15.40±0.24*		***1.145±0.204***

หมายเหตุ : ตัวตรง คือ ค่าก่อนจุ่มสารละลาย

ตัวเอียง คือ ค่าหลังจุ่มสารละลาย

ตารางที่ 4-5 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสี (L^*, a^*, b^*) และความแตกต่างของสี (ΔE) ก่อนจุ่มสารละลายของชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิวและขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ

กลุ่มที่	กลุ่มควบคุม			กลุ่มทดลอง			ΔE(Before)
	L	a	b	L	a	b	control-test
1. Glazed	81.53±0.15	-0.19±0.22	16.08±0.16	81.55±0.16	-0.23±0.23	16.07±0.20	0.192±0.071
2. Cerapol	80.33±0.26	-0.08±0.17	16.06±0.20	80.33±0.20	-0.07±0.14	16.07±0.23	0.217±0.078
3. Shofu+paste	81.96±0.19	0.02±0.14	16.13±0.19	81.99±0.10	0.03±0.14	16.10±0.10	0.204±0.061
4. Shofu+Dia	82.15±0.20	0.08±0.19	16.01±0.17	82.12±0.19	0.08±0.24	16.03±0.18	0.223±0.079

ตารางที่ 4-6 แสดงค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของความแตกต่างของสี (ΔE) ของชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิว และขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ ก่อนจุ่มสารละลาย

	แหล่งความแปรผัน	Sum Square	df	Mean Square	F	p-value
ความแตกต่างของสี ΔE	ระหว่างกลุ่ม	0.0057	3	0.0019	.364	.779
	ภายในกลุ่ม	.189	36	0.0053		
	รวม	.195	39			

ตารางที่ 4-7 แสดงค่าทางสถิติของความแตกต่างของสี (ΔE) หลังจุ่มสารละลายของชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิว และขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ

กลุ่มที่	จำนวนข้อมูล	ค่าเฉลี่ย (ΔE)	SD	SE
1. Glazed	10	0.273	0.1349	0.0427
2. Cerapol	10	2.463	0.3632	0.1149
3. Shofu+paste	10	1.194	0.2305	0.0729
4. Shofu+Dia	10	1.145	0.2036	0.0644

จากข้อมูลในตารางที่ 4-7 เมื่อนำไปคำนวณทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (ใช้สถิติ One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test) และค่าแปรปรวนของแต่ละกลุ่มเท่ากัน (ใช้สถิติ Levene's Test) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความแปรปรวน และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของสี (ΔE) ของทั้ง 4 กลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) จะได้ผลดังตารางที่ 4-8 ซึ่งพบว่าระดับนัยสำคัญของการทดสอบมีค่าเท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (.05) นั่นคือ การติดคราบสีของชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิวและขัดผิว (4 กลุ่ม) หลังจุ่มในน้ำกลั่นกับสารละลายเมทธิลีนบลู มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างน้อย 2 กลุ่ม ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) ดังนั้นจึงต้องทดสอบต่อไปว่ากลุ่มใดบ้างที่มีความแตกต่างของสี (ΔE) ต่างกัน โดยทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Tukey's HSD[36] ดังตารางที่ 4-9

จากการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Tukey's HSD สามารถสรุปผลได้ว่า

ชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิวมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) หลังจุ่มสารละลายเมทธิลีนบลูกับน้ำกลั่น แตกต่างจากชิ้นงานที่ขัดผิวทั้ง 3 วิธี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยมีการติดคราบสีน้อยกว่าการขัดผิวทั้ง 3 วิธี

ชิ้นงานพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยวิธีที่ใช้ชุดหัวขัดโซฟุแล้วขัดด้วยครีมขัดผสมกากเพชร กับ วิธีที่ใช้หัวขัดไดฟินิช มีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการขัดผิว 3 วิธี พบว่า หัวขัดเซราโพล (NTI) มีการติดคราบสีมากกว่าวิธีอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19515352

ตารางที่ 4-8 แสดงค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของความแตกต่างของสี (ΔE) ของชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิว และขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ หลังจุ่มสารละลาย

	แหล่งความแปรผัน	Sum Square	df	Mean Square	F	p-value
ความแตกต่างของสี ΔE	ระหว่างกลุ่ม	24.387	3	8.129	132.878	.000
	ภายในกลุ่ม	2.202	36	0.061		
	รวม	26.589	39			

ตารางที่ 4-9 แสดงการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Tukey's HSD

กลุ่มที่	เปรียบเทียบกับ	ผลต่างค่าเฉลี่ย(ΔE)	Std. Error	p-value
1. Glazed	Cerapol	-2.190*	.111	.000
	Shofu+paste	-.921*	.111	.000
	Shofu+Dia Finish	-.872*	.111	.000
2. Cerapol	Glazed	2.190*	.111	.000
	Shofu+paste	1.269*	.111	.000
	Shofu+Dia Finish	1.318*	.111	.000
3. Shofu+paste	Glazed	.921*	.111	.000
	Cerapol	-1.269*	.111	.000
	Shofu+Dia Finish	0.049	.111	.971
4. Shofu+Dia Finish	Glazed	.872*	.111	.000
	Cerapol	-1.318*	.111	.000
	Shofu+paste	-0.049	.111	.971

หมายเหตุ : * หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $p < 0.05$

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด

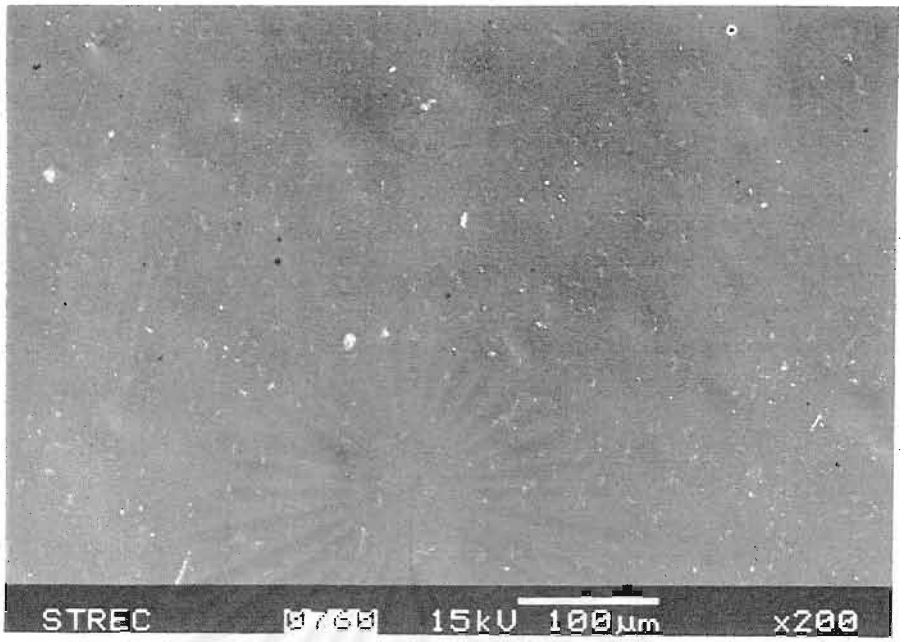
จากภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่เคลือบผิว และขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด (JEOL รุ่น JSM-5800 LV) กำลังขยาย 200 และ 1,000 เท่า ความต่างศักย์ 15 กิโลโวลต์ ถ่ายด้วยมุมเดียวกัน ได้ผลดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 (เคลือบผิวแบบธรรมชาติซ้ำ หลังจากการกรอแต่งด้วยหัวกรอกากเพชรขนาด 40 ไมโครเมตร และขัดด้วยหัวขัดเซราโพล (NTI) สีขาวและสีชมพู) จากรูปที่ 4-1 ซึ่งเป็นภาพถ่ายกำลังขยาย 200 เท่า พบว่า พื้นผิวมีความเรียบมาก แต่มีจุดขาวเล็กๆ ซึ่งอาจเกิดจากเศษของหัวขัดที่หลงเหลืออยู่ก่อนที่จะนำไปเคลือบผิว หรือเกิดจากหลุมร่องเล็กๆ บนผิวพอร์ซเลนที่ยังคงมีอยู่จากการหลอมเชื่อมตัวกันของผิวในขั้นตอนการเคลือบผิว จากรูปที่ 4-2 ซึ่งเป็นภาพถ่ายกำลังขยาย 1,000 เท่า พบว่า มีผิวไม่เรียบบ้างเล็กน้อย จากการหลอมเชื่อมตัวกันของหลุมร่อง และรูพรุน

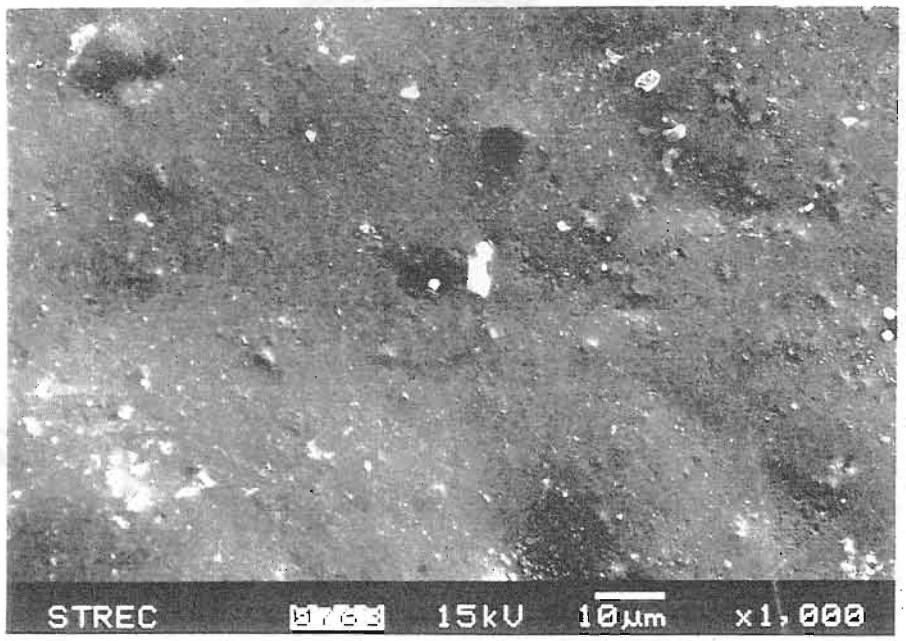
กลุ่มที่ 2 (ขัดผิวด้วยหัวขัดเซราโพล (NTI) สีขาว ชมพู น้ำตาล และ เทา) จากรูปที่ 4-3 ซึ่งเป็นภาพถ่ายกำลังขยาย 200 เท่า พบว่าพื้นผิวมีความขรุขระมาก มีรูพรุนอยู่ทั่วไป มีลักษณะเป็นรูปทรงกลมเล็กๆ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ถึง 15 ไมโครเมตร และมีร่องรอยสีขาวกระจายทั่วทั้งพื้นผิว ซึ่งน่าจะเกิดจากหลุมร่องบนผิวพอร์ซเลนที่หัวขัดไม่สามารถจะขัดลบรอยให้เรียบได้ หรืออาจมีเศษหัวขัดตกค้างอยู่ และเมื่อดูภาพถ่ายกำลังขยาย 1,000 เท่า จากรูปที่ 4-4 พบว่า มีผิวขรุขระอย่างมาก โดยไม่พบบริเวณที่ราบเรียบเลย

กลุ่มที่ 3 (ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ และครีมขัดผสมกากเพชร) จากรูปที่ 4-5 ซึ่งเป็นภาพถ่ายกำลังขยาย 200 เท่า พบว่าพื้นผิวบางบริเวณเรียบ แต่ก็มีเศษผงขัดตกค้างอยู่เป็นจำนวนมาก ลักษณะเป็นรอยสีขาว รูปร่างเป็นเหลี่ยมบ้าง มนบ้าง กระจายอยู่ทั่วพื้นผิว มีรูพรุนเล็กๆมากมาย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ถึง 10 ไมโครเมตร และเมื่อดูภาพถ่ายกำลังขยาย 1,000 เท่า จากรูปที่ 4-6 พบว่ามีเศษผงขัดกระจายอยู่ทั่วไปบนพื้นผิวที่เรียบ

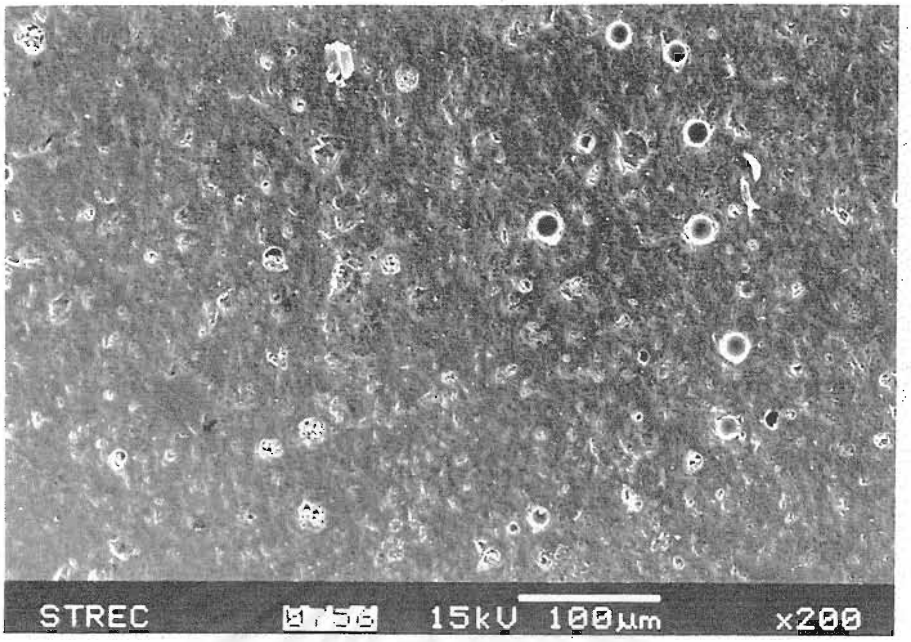
กลุ่มที่ 4 (ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ และหัวขัดไดฟินิช) เมื่อดูภาพถ่ายกำลังขยาย 200 เท่า จากรูปที่ 4-7 พบว่าพื้นผิวมีบริเวณที่เรียบมากกว่ากลุ่มที่ 2 และ 3 และมีเศษผงขัดตกค้างอยู่น้อยกว่า มีรูพรุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ถึง 15 ไมโครเมตรกระจายอยู่ทั่วไป และจากรูปที่ 4-8 ซึ่งเป็นภาพถ่ายกำลังขยาย 1,000 เท่า พบว่าพื้นผิวมีความเรียบมาก และมีเศษผงขัดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น



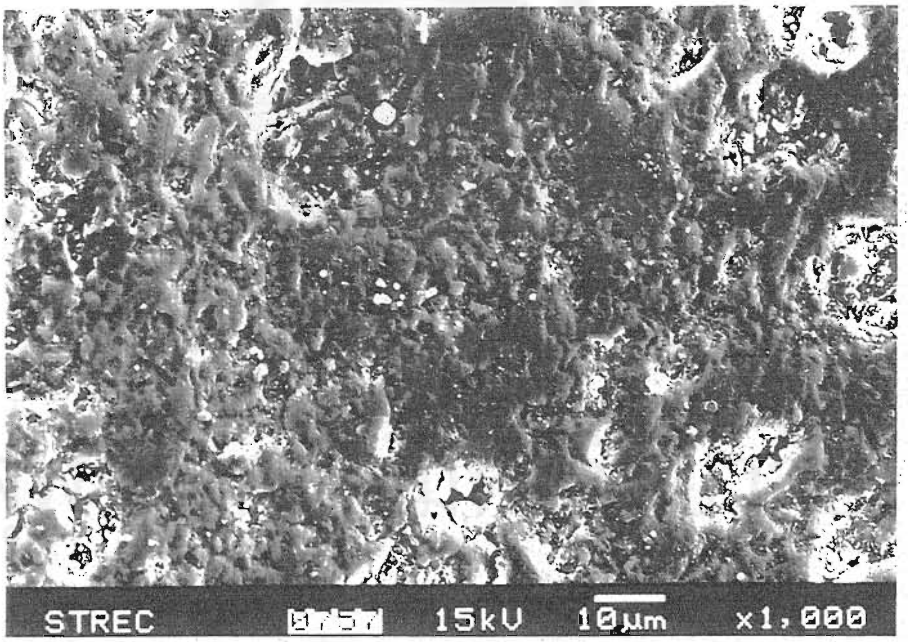
รูปที่ 4-1 แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่เคลือบผิวแบบธรรมชาติ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 200 เท่า



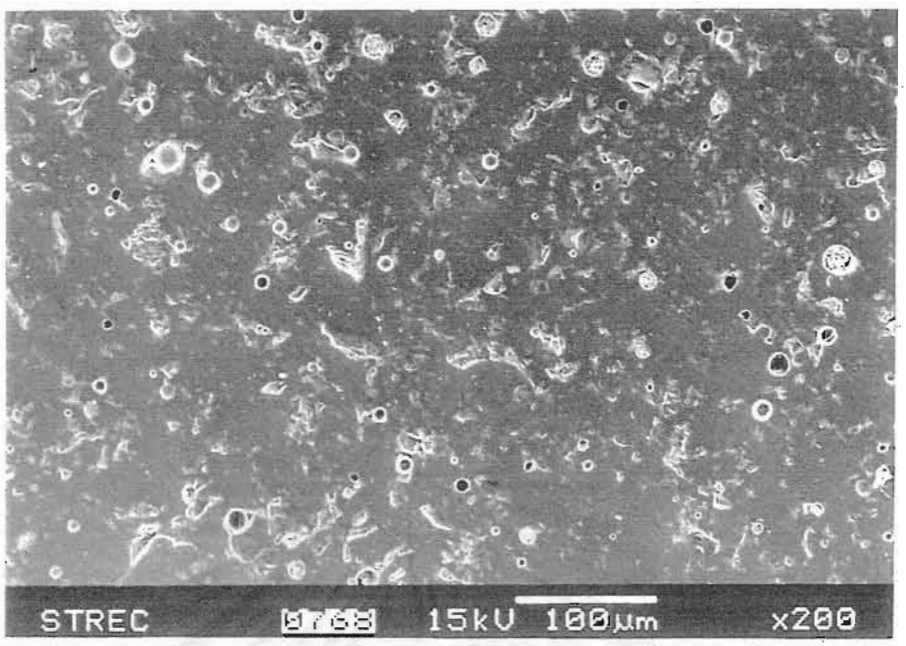
รูปที่ 4-2 แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่เคลือบผิวแบบธรรมชาติ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 1,000 เท่า



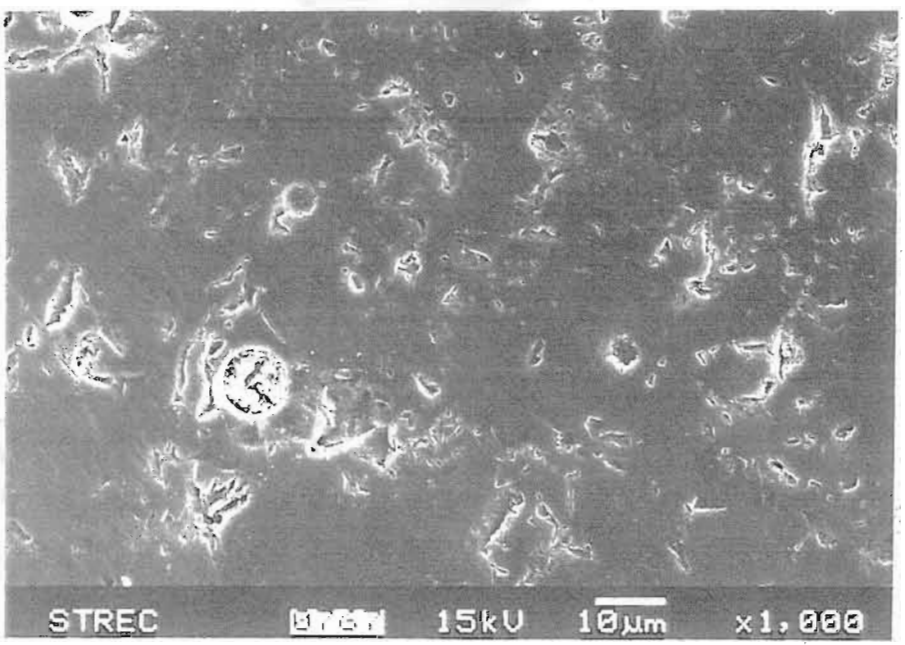
รูปที่ 4-3 แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยหัวขัดเซราโพล ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 200 เท่า



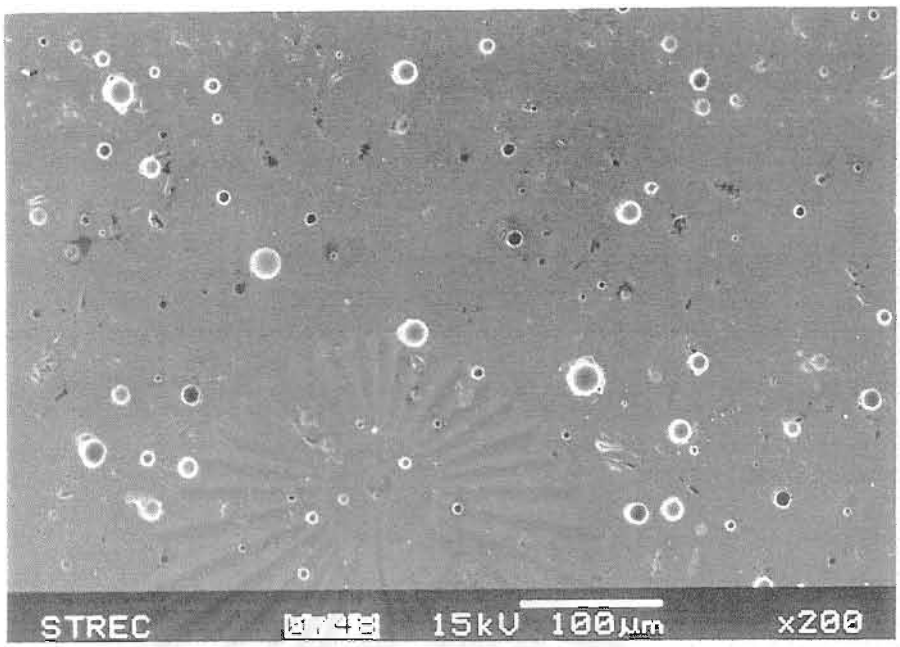
รูปที่ 4-4 แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยหัวขัดเซราโพล ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 1,000 เท่า



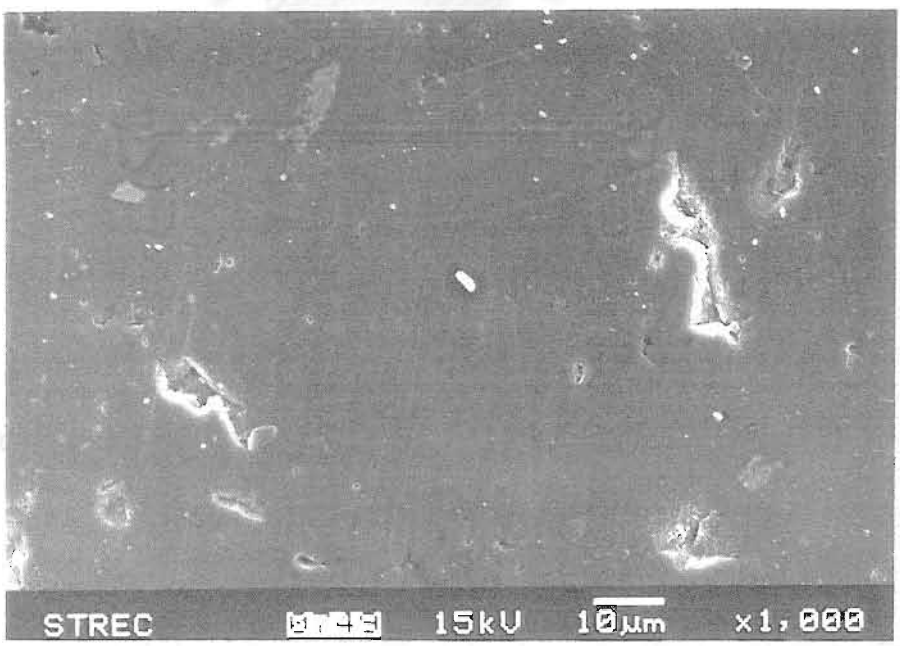
รูปที่ 4-5 แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ และครีมขัดผสมกากเพชร ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 200 เท่า



รูปที่ 4-6 แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ และครีมขัดผสมกากเพชร ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 1,000 เท่า



รูปที่ 4-7 แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ และหัวขัดไดฟินิช ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 200 เท่า



รูปที่ 4-8 แสดงภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ และหัวขัดไดฟินิช ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 1,000 เท่า

บทที่ 5
อภิปรายผล สรุปผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อเปรียบเทียบเสถียรภาพของสีของเฟลสปาติกพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ กับการเคลือบผิว โดยตัวแปรอิสระคือ การขัดผิววิธีการต่างๆ กับการเคลือบผิว และตัวแปรตามคือ ความเรียบ และ สีของพอร์ซเลน ซึ่งจะทดสอบการติดคราบสีตามข้อกำหนดเลขที่ 69 ว่าด้วยเซรามิกทางทันตกรรม ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา และประเมินความแตกต่างของสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ด้วยเหตุที่ความเรียบ และสีของพอร์ซเลน เป็นตัวแปรสำคัญในการวิจัยนี้ จึงได้ออกแบบการวิจัยเพื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด

เนื่องจากพอร์ซเลนมีหลายชนิด โดยบริษัทผู้ผลิตต่างๆ ได้ผลิตพอร์ซเลนออกมาจำหน่ายหลายผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ของพอร์ซเลนแต่ละชนิดก็ประกอบด้วย ผงหลายชนิด ซึ่งมีการศึกษาพบว่า พอร์ซเลนสีเดียวกันแต่ต่างชนิดกัน จะมีค่าสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ[16, 30] พอร์ซเลนบางชนิดจำเป็นต้องมีโลหะรองรับ ซึ่งชนิดของโลหะ[34, 35] พอร์ซเลนชั้นทึบแสง (opaque) [33] ความหนาของเนื้อพอร์ซเลน[16, 32] และความเรียบของผิวพอร์ซเลน[33] ล้วนมีผลทำให้สีของพอร์ซเลนแตกต่างกัน

ดังนั้นในการเตรียมชิ้นงานพอร์ซเลนทุกขั้นตอน จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อสีของพอร์ซเลน ได้แก่ ขนาดของชิ้นงานพอร์ซเลน ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นวงกลมที่ไม่มีโลหะรองรับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความหนาเท่ากันโดยตลอดทุกชิ้น และใช้พอร์ซเลนชนิดเฟลสปาติกพอร์ซเลนที่เป็นผลิตภัณฑ์จากบริษัทเดียวกัน (วิต้า โอเมก้า 900) สีเดียวกัน (สี A1) ผงพอร์ซเลนชนิดเดียวกัน (ผงชั้นเนื้อฟัน, Dentine) ในการวิจัยได้เลือกใช้พอร์ซเลนวิต้า โอเมก้า 900 เนื่องจากเป็นเฟลสปาติกพอร์ซเลนที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ โดยนำเสนอว่ามีคุณสมบัติที่ดีกว่าเฟลสปาติกพอร์ซเลนชนิดที่มีอยู่เดิม[20, 21, 22] คือ มีขนาดเกรนละเอียด มีความแข็งแรงสูงขึ้น ใช้อุณหภูมิในการเผาต่ำลง (900 ^{0}C) ไม่ทำให้ฟันคู่สบสึก และง่ายในการขัดผิวให้เรียบมัน

การผสมผงพอร์ซเลน กับน้ำกลั่น จะใช้อัตราส่วนระหว่างผงกับน้ำที่เท่ากัน โดยใช้ผงพอร์ซเลนน้ำหนัก 1 กรัม และน้ำกลั่นจากหลอดหยด 9 หยด เพื่อควบคุมให้มีปริมาณน้ำส่วนเกินใกล้เคียงกัน มิฉะนั้นอาจทำให้เกิดฟองอากาศ หรือรูพรุนมากน้อยแตกต่างกัน การพอกผงพอร์ซเลนด้วยวิธีที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเกิดรูพรุน แต่มีผลต่อสีของพอร์ซเลน[31] ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีเขย่าด้วยเลอครอนคาร์เวอร์ ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไป โดยใช้ด้านที่มีลักษณะเป็นฟันปลาถูไปมาให้เกิดการสั่นสะเทือน เขย่าผง

พอร์ซเลนให้อัดกันแน่น และได้น้ำส่วนเกินออกมา ซับน้ำให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู พร้อมกับกดทับด้วยตุ้มน้ำหนักขนาด 200 กรัม เป็นเวลา 10 วินาที ทำซ้ำจำนวน 5 ครั้ง แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง 10 นาทีที่อุณหภูมิหน้าเตาเผา ก่อนที่จะนำเข้าเตาเผา เตาเผาพอร์ซเลนที่ใช้ (เตายูนิเทค รุ่นUltra-mat CDF) เป็นเตาเผาแบบสุญญากาศ ที่มีโปรแกรมสำหรับกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการเผา จึงสามารถเผาพอร์ซเลนได้ในรูปแบบเดียวกันทุกครั้ง และทำให้เกิดรูพรุนอากาศน้อยกว่าการเผาแบบที่มีอากาศ

การกรอแต่งผิว จะใช้เครื่องกรอความเร็วช้าที่สามารถตั้งความเร็วรอบในการกรอได้ ควบคุมทิศทางและแรงที่ใช้ในการกรอ โดยยึดชิ้นงานให้แน่นกับแป้นจับ แล้วนำแป้นจับไปยึดกับฐานของเครื่องเซอร์เวย์ ปรับระนาบของชิ้นงานให้ขนานกับหัวกรอที่มีด้ามจับอยู่ในแนวดิ่ง กรอในทิศทางเดียวกันโดยใช้ความเร็วของเครื่องกรอตามที่บริษัทแนะนำในแต่ละหัวกรอ และใช้เวลากรอเท่ากัน ในขั้นตอนการขัดผิว ได้เลือกใช้วิธีการขัดผิว 3 วิธี ซึ่งทันตแพทย์นิยมใช้ในการขัดผิวพอร์ซเลน และเป็นที่ยอมรับกันว่าขัดได้เรียบมัน โดยในกลุ่มที่ 2 เลือกใช้หัวขัดเซราโพล ซึ่งเป็นชุดหัวขัดอีกแบบหนึ่งที่ใช้กันมาก ปกติแล้วชุดหัวขัดเซราโพล จะมี 3 หัวขัด คือ สีขาว (ขัดเรียบ) สีชมพู (ขัดมัน) และสีเทา (ขัดมันเงา) แต่ในการทดลองนี้จะเพิ่มหัวขัดสีน้ำตาลซึ่งผสมกากเพชร (ขัดเรียบมัน) เพื่อให้ได้ผิวที่เรียบมากยิ่งขึ้นตามที่บริษัทแนะนำ กลุ่มที่ 3 ใช้ชุดหัวขัดโซฟุและครีมขัดผสมกากเพชร ซึ่งได้มีการศึกษาพบว่าการขัดผิวพอร์ซเลนด้วยชุดหัวขัดโซฟุ ให้ผิวเรียบดีมาก[8, 9] และเมื่อใช้ร่วมกับครีมขัดผสมกากเพชร [9, 10, 11, 26] ก็จะทำให้ผิวเรียบมันมากยิ่งขึ้น โดยมีความเรียบใกล้เคียงหรือมากกว่าการเคลือบผิว และครีมขัดผสมกากเพชรที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ จะเห็นได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ต่างบริษัทกัน แต่มีขนาดอนุภาคของกากเพชร 2 ถึง 4 ไมโครเมตร (Jota) และ 1.5 ไมโครเมตร (Temrex) ซึ่งเทียบได้กับเจลกากเพชร ทู สทริเปอร์ (Two-striper) ที่มีขนาดอนุภาค 5 และ 1 ไมโครเมตร โดยทู สทริเปอร์มีราคาแพงกว่า จึงเลือกใช้ครีมขัดผสมกากเพชรผลิตภัณฑ์ดังกล่าว และกลุ่มที่ 4 ใช้ชุดหัวขัดโซฟุและหัวขัดไดฟินิช ซึ่งหัวขัดไดฟินิชเป็นหัวขัดสักหลาดที่ผสมกากเพชร ใช้งานได้สะดวก สามารถขัดได้เรียบ และเป็นมันเงาใกล้เคียงผิวเคลือบมาก

หัวขัดที่ขัดได้ความเรียบเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน อาจจะมีความแตกต่างกันในเรื่องของความสะดวกในการใช้งาน และวิธีการขัด ซึ่งควรเลือกชนิดที่ใช้งานได้สะดวกกว่า และ ขั้นตอนการใช้ง่ายกว่าชนิดอื่นๆ ราคาก็มีส่วนสำคัญในการเลือกใช้หัวขัดด้วย ถ้าขัดได้เรียบใกล้เคียงกัน ก็ควรเลือกหัวขัดที่มีราคาถูกกว่า และไม่ควรเลือกใช้หัวขัดที่มีการแตกหลุดง่าย หรือมีเศษผงขัดตกค้างบนผิวพอร์ซเลน

หลังจากเคลือบผิว และขัดผิวครบทั้ง 3 วิธี เมื่อประเมินความเรียบของผิวจากการดูด้วยตาพบว่า กลุ่มที่ 3 และ 4 ซึ่งใช้ชุดหัวขัดโซฟุร่วมกับครีมขัดผสมกากเพชร และหัวขัดไดฟินิช มีผิวที่เรียบมัน

ใกล้เคียงกับกลุ่มที่เคลือบผิว โดยหัวขัดไดฟินิชจะให้ผิวเป็นมันเงามากกว่าครีมขัดผสมกากเพชร และกลุ่มที่ 2 ซึ่งขัดด้วยหัวขัดเซราโพล จะมีความมันเงาน้อยที่สุด และพบว่าชิ้นงานที่ขัดผิวทั้ง 3 กลุ่มจะมีรูพรุนเล็กๆ ตามพื้นผิว ซึ่งอาจเกิดจากการอัดผงพอร์ซเลนให้แน่นไม่เพียงพอ

เมื่อประเมินความเรียบจากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด พบว่า กลุ่มที่ 4 ซึ่งขัดผิวด้วยหัวขัดโชฟุและหัวขัดไดฟินิช มีผิวเรียบใกล้เคียงกับกลุ่มที่เคลือบผิว (กลุ่มที่ 1) มากที่สุด กลุ่มที่ 3 ซึ่งใช้ชุดหัวขัดโชฟุและครีมขัดผสมกากเพชร มีผิวที่เรียบน้อยกว่าการใช้หัวขัดไดฟินิช โดยมีเศษผงขัดตกค้างอยู่มากกว่า และกลุ่มที่ 2 ซึ่งขัดด้วยหัวขัดเซราโพล จะมีผิวที่ขรุขระมากที่สุด และพบว่าชิ้นงานที่ขัดผิวทั้ง 3 กลุ่ม จะมีรูพรุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ถึง 15 ไมโครเมตรกระจายโดยทั่วไป ในขณะที่ผิวเคลือบจะไม่พบรูพรุน เนื่องจากเมื่อนำไปเผาเพื่อเคลือบผิว พอร์ซเลนจะหลอมตัวเชื่อมกันทั่วทั้งพื้นผิว ทำให้ผิวพอร์ซเลนไม่มีร่องรอยขีดข่วนขรุขระจากการกรอ หรือรูพรุน

การทำความสะอาดชิ้นงานพอร์ซเลนหลังจากการขัดแต่งผิว มีความสำคัญมาก เนื่องจากหากมีเศษหัวขัดตกค้างหลงเหลืออยู่บนพื้นผิว ก็จะทำให้ผิวไม่เรียบ อย่างไรก็ตามในการวิจัยนี้ได้ทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นในเครื่องทำความสะอาดอุลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาทีแล้ว แต่ก็ยังไม่สามารถกำจัดเศษหัวขัดได้ทั้งหมด และการที่ผิวของชิ้นงานมีรูพรุน อาจจะทำให้มีเศษหัวขัดตกค้าง ฝังแน่นได้มากขึ้น โดยเฉพาะกากเพชรที่มีขนาดเล็กมาก (1.5 ถึง 4 ไมโครเมตร) การที่มีรูพรุน และผิวที่ไม่เรียบจากเศษหัวขัดนี้ อาจส่งผลให้พอร์ซเลนที่ขัดผิวมีการติดคราบสีได้ง่ายขึ้น

ในการประเมินสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ มีการควบคุมวิธีการวัด โดยใช้แป้นวางชิ้นงานเป็นสีดำซึ่งไม่สะท้อนแสง ยึดไว้กับแป้นวัดในตำแหน่งคงที่ วางชิ้นงานให้ครอบคลุมช่องของแป้นวัดที่ลำแสงจะออกมาทั้งหมด ในขั้นตอนการวัดชิ้นงาน จะหมุนชิ้นงาน 5 มุม แล้วหาค่าเฉลี่ยของค่าสี L^*, a^*, b^* และเมื่อวัดสีครบทุกชิ้นในแต่ละกลุ่มแล้ว ก็จะกลับมาวัดซ้ำทั้งหมดอีกรอบหนึ่ง จากค่าที่วัดได้ทั้ง 2 รอบ จะนำมาบันทึกผลเป็นค่าเฉลี่ยของสีในแต่ละชิ้นงาน และพบว่า ค่าสีที่วัดได้จากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์นี้ กำหนดให้มีค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ เท่ากับ $\pm$ 0.05 (มีช่วงการผิดพลาดเท่ากับ 0.1) เมื่อนำมาคำนวณความแตกต่างของสีด้วยสูตร $\Delta E = \{ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \}^{1/2}$ พบว่าในชิ้นงานชิ้นเดียวกัน อาจมีความแตกต่างของสี (ΔE) ได้ โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.17 ซึ่งถือว่าเป็นความผิดพลาดของเครื่องวัดที่สามารถยอมรับได้

และเพื่อควบคุมความผิดพลาดดังกล่าวให้น้อยที่สุด จึงได้เตรียมชิ้นงานมาตรฐานไว้ 1 ชิ้น

สำหรับใช้เป็นค่าสีอ้างอิงในการวัดสีของชิ้นงาน ทำให้สามารถตรวจเปรียบเทียบค่าสีที่วัดได้ในแต่ละครั้งว่ามีความคลาดเคลื่อนไปมากน้อยเพียงใด แล้วปรับค่าสีที่คลาดเคลื่อนนี้ตามค่าที่วัดได้จากชิ้นงานมาตรฐาน เนื่องจากต้องใช้เวลามากในการวัดสี และจำเป็นต้องปิดเครื่องเพื่อปรับมาตรฐานการวัดสีของเครื่อง ทุก 4 ชั่วโมง ดังนั้นในการวัดสีของชิ้นงาน จึงต้องมีชิ้นงานมาตรฐานไว้เปรียบเทียบเสมอ เพื่อให้ค่าสีที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

ในการเปรียบเทียบเสถียรภาพของสี ได้ใช้การทดสอบการติดคราบสีตามข้อกำหนดเลขที่ 69 ว่าด้วยเซรามิกทางทันตกรรม ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริก และประเมินความแตกต่างของสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ด้วยเหตุที่การประเมินสีด้วยตา ตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนดนั้น จะให้ผลที่ไม่แน่นอน[17, 18] อาจมีอคติเกิดขึ้นได้ จึงพิจารณาใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในการวัดค่าสีด้วยระบบสีซีไออี ที่สามารถคำนวณค่าความแตกต่างของสี แล้วจึงประเมินผลจากระดับความแตกต่างของสี

จากผลของการวัดสี และคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของกลุ่มควบคุม (จุ่มน้ำกลั่น) และกลุ่มทดลอง (จุ่มสารละลายเมทธิลีนบลู) ของชิ้นงานพอร์ซเลนทั้ง 4 กลุ่ม เมื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว จากตารางที่ 4-8 พบว่า ค่าเฉลี่ย ΔE ของชิ้นงานพอร์ซเลนอย่างน้อย 2 กลุ่ม มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบเชิงซ้อนต่อไป ด้วยวิธีทดสอบ Tukey's HSD จากตารางที่ 4-9 สรุปได้ว่า

ชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิว (กลุ่มที่ 1) มีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) น้อยกว่าการขัดผิววิธีการอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย ΔE เท่ากับ 0.273

ชิ้นงานพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ กับครีมขัดผสมกากเพชร (กลุ่มที่ 3) และขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุ กับหัวขัดไดฟินิซ (กลุ่มที่ 4) มีค่าความแตกต่างของสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย ΔE เท่ากับ 1.194 และ 1.145 ตามลำดับ

และชิ้นงานพอร์ซเลนที่ขัดผิวด้วยหัวขัดเซราโพล (กลุ่มที่ 2) มีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) มากกว่ากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย ΔE เท่ากับ 2.463

จากค่า ΔE ที่คำนวณได้ เมื่อนำไปประเมินความแตกต่างของสี ตาม O'Brien และคณะ[14] ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ควรอยู่ในช่วงที่ไม่สามารถสังเกตเห็นด้วยตา นั่นคือ $\Delta E < 1$ จะดีที่สุด (ไม่เห็นการเปลี่ยนสี) , $\Delta E \leq 2$ ยอมรับได้ทางคลินิก (สีต่างกันในระดับที่ยอมรับได้, แลดูไม่แตกต่างกัน)

หรือ อาจประเมินความแตกต่างของสีได้อีกวิธีหนึ่ง โดยแปลงค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เป็นค่าหน่วยเอ็นบีเอส (NBS - National Bureau of Standards units) [29] โดย NBS units = $\Delta E \times 0.92$ ค่าหน่วยเอ็นบีเอส ที่ไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของสี ได้ คือ NBS < 0.5 ดีที่สุด และ NBS เท่ากับ 0.5 ถึง 1.5 จะไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตา และเมื่อนำผลการประเมินนี้ ไปพิจารณาประกอบกับการประเมินด้วยตา และกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด จะได้ผลดังตารางที่ 5.1

จากตารางที่ 5-1 จะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างผลของการประเมินด้วยตา การประเมินโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด โดยพบว่าชิ้นงานพอร์ซเลนที่เคลือบผิวจะมีผิวเรียบเป็นมันเงาที่สุด และมีเสถียรภาพของสีดีที่สุด นั่นคือไม่มีการติดคราบสี ชิ้นงานที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุและหัวขัดไดฟินิช จากการดูด้วยตาจะมีผิวเรียบเป็นมันเงาใกล้เคียงกับการเคลือบผิว และจากกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด ก็พบว่ามีความเรียบรองลงมาจากการเคลือบผิว และมีเสถียรภาพของสีที่ดี ไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนสี สามารถยอมรับได้ทางคลินิก ส่วนชิ้นงานที่ขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุและครีมขัดผสมกากเพชรนั้น จากการดูด้วยตาจะมีผิวเรียบเป็นมันเงาน้อยกว่าผิวที่ขัดด้วยหัวขัดไดฟินิชเล็กน้อย และเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด พบว่ามีความเรียบน้อยกว่าที่ขัดด้วยหัวขัดไดฟินิช และจากการประเมินการติดคราบสี พบว่าไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนสี สามารถยอมรับได้ทางคลินิก ในขณะที่ชิ้นงานที่ขัดผิวด้วยหัวขัดเซราโพล จากการดูด้วยตาพบว่ามีผิวเรียบแต่มีความมันเงาน้อยกว่าทุกกลุ่ม สามารถมองเห็นการติดคราบสีได้ และเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด พบว่ามีผิวที่ขรุขระมากที่สุด

จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด พบว่าการขัดผิวทั้ง 3 วิธี มีรูพรุนบนผิวพอร์ซเลนที่มีขนาดและปริมาณใกล้เคียงกัน แต่มีความเรียบของผิวแตกต่างกัน ซึ่งความเรียบของผิวน่าจะมีผลต่อการติดคราบสีมากกว่า โดยจะเห็นได้ว่า การขัดด้วยหัวขัดเซราโพลซึ่งมีผิวขรุขระมากที่สุดจะติดคราบสีมากที่สุด แต่อีก 2 วิธีที่มีผิวเรียบกว่า จะติดคราบสีน้อยกว่า แม้ว่าจะมีรูพรุนเท่าๆ กัน

ผลของการวิจัยนี้แตกต่างจากผลการศึกษาของ Esquivel และคณะ[6] ซึ่งพบว่าเฟลสปาติกพอร์ซเลน (วิต้า วีเอ็มเค 68) ที่ไม่ได้เคลือบผิวจะมีการติดคราบสีมากอย่างเห็นได้ชัด (ΔE = 6.11) เนื่องจากวิต้า วีเอ็มเค 68 มีขนาดเกรนใหญ่กว่า วิต้า โอเมก้า 900 มาก และไม่ได้ขัดผิวให้เรียบ เพียงแค่กรอเอาผิวเคลือบออกเท่านั้น จึงอาจทำให้ติดคราบสีได้มากกว่า และแตกต่างจากการศึกษาของ Rosenstiel และคณะ[19] ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการติดคราบสีของผิวเคลือบ กับผิวที่ขัดเรียบด้วยผงพัมมิซ โดยทดสอบการติดคราบสีด้วยกาแฟ ซึ่งมีคุณสมบัติในการติดสีแตกต่างจากสารละลายเมทธิลีนบลู และเวลาที่ใช้ทดสอบก็ไม่เท่ากัน จึงอาจทำให้วัดผลได้แตกต่างกัน

ตารางที่ 5-1 แสดงการประเมินเสถียรภาพของสี และความเรียบของการขัดผิววิธีต่างๆ กับการเคลือบผิว

กลุ่มที่	ค่าเฉลี่ย ΔE	ค่า NBS	ประเมิน ΔE	ประเมิน NBS	ประเมินด้วยตา	SEM
1. Glazed	0.273	0.251	+++	+++	+++	++++
2. NTI	2.463	2.266	--	--	+	+
3. Shofu+paste	1.194	1.098	++	++	++	++
4. Shofu+Dia	1.145	1.053	++	++	++	+++

หมายเหตุ : +++ (ดีที่สุด) ++ (ดี,สามารถยอมรับได้ทางคลินิก) + (พอใช้) -- (ไม่สามารถยอมรับได้)
สำหรับ SEM: ++++ (เรียบมากที่สุด) +++ (เรียบมาก) ++ (เรียบพอใช้) + (เรียบน้อยที่สุด)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผล

จากการเปรียบเทียบความเรียบ และเสถียรภาพของสีเฟลสปาติกพอร์ซเลนวิต้า โอเมก้า 900 ที่ขัดผิวด้วยวิธีการต่างๆ 3 วิธี กับการเคลือบผิวแบบธรรมชาติ พบว่า

การเคลือบผิวแบบธรรมชาติจะให้ผิวเรียบมันมากที่สุด และมีเสถียรภาพของสีดีที่สุด โดยมีการเปลี่ยนสีน้อยกว่าการขัดผิวทั้ง 3 วิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

เมื่อจำเป็นต้องกรอขัดแต่งในช่องปาก ซึ่งไม่สามารถนำชิ้นงานไปเคลือบผิวซ้ำได้ ควรเลือกใช้วิธีการขัดผิวที่ให้ผิวเรียบเป็นมันเงา ใกล้เคียงผิวเคลือบมากที่สุด และมีการติดคราบสีน้อยที่สุด ที่ไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนสีได้ ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า การขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุแล้วขัดตามด้วยหัวขัดไดฟินิชจะให้ผิวเรียบเป็นมันมากที่สุด มีเสถียรภาพของสีที่ดี ไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนสีได้ รองลงมา คือการขัดผิวด้วยชุดหัวขัดโซฟุแล้วขัดตามด้วยครีมขัดผสมกากเพชร ซึ่งให้ผิวเรียบเป็นมันน้อยกว่าการขัดด้วยหัวขัดไดฟินิชเล็กน้อย และมีเสถียรภาพของสีไม่แตกต่างกัน

การขัดผิวด้วยหัวขัดเซราโพล จะให้ผิวเรียบน้อยที่สุด และมีการติดคราบสีมากที่สุด ซึ่งสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนสีได้ จึงไม่อาจยอมรับได้ทางคลินิก

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยนี้ ได้ใช้พอร์ซเลนเพียงชนิดเดียวคือ เฟลสปาติกพอร์ซเลนวิต้า โอเมก้า 900 ซึ่งน่าจะมีการศึกษาเปรียบเทียบกับพอร์ซเลนชนิดอื่นต่อไปว่า วิต้า โอเมก้า 900 สามารถขัดผิวได้เรียบ และมีเสถียรภาพของสีดีกว่าหรือไม่

การทดสอบการติดคราบสีตามข้อกำหนดเลขที่ 69 ว่าด้วยเซรามิกทางทันตกรรม ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดให้จุ่มชิ้นงานพอร์ซเลนในสารละลายเมทธิลีนบลู ซึ่งมีความเข้มของสีมาก เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แต่ในความเป็นจริง สารสีในปากจะมีความเข้มของสีน้อยกว่า และใช้ระยะเวลายาวนานกว่า ดังนั้นจึงควรทำการวิจัยต่อไปโดยทดสอบการติดคราบสี เช่น ชา กาแฟ ในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น

และจากผลการวิจัยที่พบว่า มีรูพรุนบนผิวพอร์ซเลนที่ได้รับการขัดผิว โดยไม่ได้เคลือบผิวซ้ำ ซึ่งถึงแม้ว่ารูพรุนดังกล่าวจะไม่ทำให้พอร์ซเลนมีการติดคราบสีที่สามารถสังเกตเห็นได้ แต่รูพรุนเหล่านี้อาจมีผลต่อการสะสมของคราบจุลินทรีย์บนผิวพอร์ซเลน ซึ่งจะต้องทำการศึกษาวิจัยทางคลินิกต่อไป

รายการอ้างอิง

1. Khokhar, Z.A., Razzoog, M.E., and Yaman, P. : Color stability of restorative resins. *Quintessence Int.* 22 : 733-737, 1991.
2. Anusavice, K.J. : *Philip's Science of Dental Materials.* 10th ed., W.B.Saunders, Pennsylvania. 1996.
3. McLean, J.W. : *The Science and Art of Dental Ceramics. Vol.1 : The nature of dental ceramics and their clinical use.* Quintessence, Chicago. 1979.
4. Monasky, G.E., and Taylor, D.F. : Studies on the wear of porcelain, enamel, and gold. *J. Prosthet. Dent.* 25 : 299-306, 1971.
5. Clayton, J.A., and Green, E. : Roughness of pontic materials and dental plaque. *J. Prosthet. Dent.* 23 : 407-411, 1970.
6. Esquivel, J.F., Chai, J., and Wozniak, W.T. : Color stability of low - fusing porcelains for titanium. *Int. J. Prosthodont.* 8 : 479-485, 1995.
7. Sulik, W.D., and Plekavich, E.J. : Surface finishing of dental porcelain. *J. Prosthet. Dent.* 46 : 217-221, 1981.
8. Klausner, L.H., Cartwright, C.B., and Charbeneau, G.T. : Polished versus autoglazed porcelain surfaces. *J. Prosthet. Dent.* 47 : 157-162, 1982.
9. Newitter, D.A., Schlissel, E.R., and Wolff, M.S. : An evaluation of adjustment and postadjustment finishing techniques on the surface of porcelain-bonded-to-metal crowns. *J. Prosthet. Dent.* 48 : 388-395, 1982.
10. Haywood, V.B., Heymann, H.O., Kusy, R.P., Whitley, J.Q., and Andreaus, S.B. : Polishing porcelain veneers : an SEM and specular reflectance analysis. *Dent. Mater.* 4 : 116-121, 1988.
11. Raimondo, R.L., Richardson, J.T., and Wiedner B. : Polished versus autoglazed dental porcelain. *J. Prosthet. Dent.* 64 : 553-557, 1990.
12. American National Standard / American Dental Association. : *ANSI/ADA Specification No.69 for dental ceramic.* Council on Dental Materials, Instruments and Equipment, Chicago. 1991.

13. Wyszecki, G., and Stiles, W.S. : *Color Science : Concepts and methods, quantitative data and formulae*. 2nd ed., John Wiley & Sons, New York. 1982.

14. O'Brien, W.J., Groh, C.L., and Boenke, K.M. : A new small color difference equation for dental shades. *J. Dent. Res.* 69 : 1762-1764, 1990.

15. Sproull, R.C. : Color matching in dentistry. Part III. Color control. *J. Prosthet. Dent.* 31 146-154, 1974.

16. Seghi, R.R., Johnston, W.M., and O'Brien, W.J. : Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J. Prosthet. Dent.* 56 : 35-40, 1986.

17. Seghi, R.R., Hewlett, E.R., and Kim, J. : Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J. Dent. Res.* 68 : 1760-1764, 1989.

18. Okubo, S.R., Kanawati, A., Richards, M.W., and Childress, S. : Evaluation of visual and instrument shade matching. *J. Prosthet. Dent.* 80 : 642-648, 1998.

19. Rosenstiel, S.F., Baiker, M.A., and Johnston, W.M. : A comparison of glazed and polished dental porcelain. *Int. J. Prosthodont.* 2 : 524-529, 1989.

20. Kappert, H.F. : Modern metal ceramic systems with Omega 900. *Zahnarztliche Mitteilungen* 18 : 1-8, 1996.

21. Metzler, K.T., Woody, R.D., Miller III, A.W., and Miller, B.H. : In vitro investigation of the wear of human enamel by dental porcelain. *J. Prosthet. Dent.* 81 : 356-364, 1999.

22. Fischer, C. : Omega 900 - Ceramic at its best. *Quintessence Dent. Tech.* 22 : 179-191, 1999.

23. Craig, R.G. : *Restorative Dental Materials*. 10th ed., Mosby Year Book, Missouri. 1997.

24. Yamamoto, M. : *Metal-Ceramics : Principles and methods of Makoto Yamamoto.* Quintessence, Chicago. 1985.

25. Haywood, V.B., Heymann, H.O., and Scurria, M.S. : Effects of water, speed, and experimental instrumentation on finishing and polishing porcelain intra-orally. *Dent. Mater.* 5 : 185-188, 1989.

26. Scurria, M.S., and Powers, J.M. : Surface roughness of two polished ceramic materials. *J. Prosthet. Dent.* 71 : 174-177, 1994.

27. Sproull, R.C. : Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *J. Prosthet. Dent.* 29 : 416-424, 1973.

28. Hall, N.R. : Tooth color selection : The application of colour science to dental colour matching. *Aust. Pros. J.* 5 : 41-46, 1991.

29. Razzoog, M.E., Lang, B.R., Russell, M.M., and May, K.B. : A comparison of the color stability of conventional and titanium dental porcelain. *J. Prosthet. Dent.* 72 : 453-456, 1994.

30. Rosenstiel, S.F., and Johnston, W.M. : The effects of manipulative variables on the color of ceramic metal restorations. *J. Prosthet. Dent.* 60 : 297-303, 1988.

31. Evans, D.B., Barghi, N., Malloy, C.M., and Windeler, A.S. : The influence of condensation method on porosity and shade of body porcelain. *J. Prosthet. Dent.* 63 : 380-389, 1990.

32. Jorgenson, M.W., and Goodkind, R.J. : Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to the dimensions of color, porcelain thickness, and repeated firings. *J. Prosthet. Dent.* 42 : 96-105, 1979.

33. Obregon, A., Goodkind, R.J., and Schwabacher, W.B. : Effects of opaque and porcelain surface texture on the color of ceramometal restorations. *J. Prosthet. Dent.* 46 : 330-340, 1981.

34. Brewer, J.D., Akers, C.K., Garlapo, D.A., and Sorensen, S.E. : Spectrometric analysis of the influence of metal substrates on the color of metal-ceramic restorations. *J. Dent. Res.* 64 : 74-77, 1985.

35. Crispin, B.J., Seghi, R.R., and Globe, H. : Effect of different metal ceramic alloys on the color of opaque and dentin porcelain. *J. Prosthet. Dent.* 65 : 351-356, 1991.

36. Webster, A.L. : *Applied Statistics for Business and Economics.* 2 nd ed., McGraw-Hill, Chicago. 1995.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวขัดเซราโพล (Cerapol,NTI)

เป็นหัวสำหรับขัดพอร์ซเลน ประกอบด้วย 4 หัวขัด ซึ่งโดยปกติทั่วไปจะใช้เพียง 3 หัวขัดคือ สีขาว สีชมพู และ สีเทา ตามลำดับ แต่ในงานวิจัยนี้ ได้เพิ่มหัวขัดสีน้ำตาล โดยใช้ขัดเป็นลำดับที่ 3 ก่อนที่จะขัดผิวขั้นสุดท้ายด้วยหัวขัดสีเทา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ผิวเรียบมากยิ่งขึ้น ตามที่บริษัทผู้จัดจำหน่ายแนะนำ

1. หัวขัดสีขาว ใช้สำหรับขัดผิวให้เรียบ (smooth) โดยสามารถกำจัดรอยขีดข่วนต่างๆ ได้
2. หัวขัดสีชมพู ใช้สำหรับขัดมัน (smooth,shine)
3. หัวขัดสีน้ำตาล เป็นหัวขัดที่มีกากเพชรผสม ใช้สำหรับขัดให้เรียบ และมัน (high gross)
4. หัวขัดสีเทา ใช้สำหรับขัดผิวขั้นสุดท้ายให้เป็นมันเงา (lustre,high gross)

ชุดหัวขัดโชฟุ (Shofu porcelain adjustment kit)

ใช้ในการกรอแต่งพอร์ซเลน สามารถขัดแต่งได้ง่าย และได้ผิวเรียบมัน ประกอบด้วยหัวขัด 4 ชนิด โดยใช้ขัดตามลำดับดังนี้

1. หัวกรอหินดูราไวท์ (Dura-White Stones) ใช้สำหรับกรอแต่งละเอียด
2. หัวขัดเซรามิสต์มาตรฐาน (Standard Ceramiste Polishers) จะช่วยขัดให้เรียบขึ้น และเตรียมความเรียบสำหรับขัดขั้นต่อไป (prepolishing)
3. หัวขัดเซรามิสต์อุลตรา (Ultra Ceramiste Polishers) แถบเหลือง ใช้ขัดผิวให้เรียบมัน
4. หัวขัดเซรามิสต์อุลตรา ทู (Ultra II Ceramiste Polishers) แถบขาว ใช้ขัดผิวขั้นสุดท้าย ใช้ขัดผิวให้มีความมันเงามากขึ้น

หัวขัดไดฟินิช (Dia Finish)

เป็นหัวขัดสักหลาดที่ฝังผงกากเพชรในเนื้อหัวขัด ใช้สำหรับขัดเซรามิก อะคริลิก และโลหะ ให้มีผิวที่เรียบเป็นมันเงา ใช้งานได้สะดวก และขัดได้ความมันเงาสูง เทียบเท่ากับการเคลือบผิว เมื่อเทียบกับครีมขัด และหัวยางสำหรับขัดแล้ว หัวขัดไดฟินิชจะขัดได้สะอาดกว่า ไม่ค่อยมีคราบ หรือเศษหัวขัดหลงเหลืออยู่ที่ผิว การขัดควรใช้แรงเบาๆ และขัดวนในลักษณะเป็นวงกลม

ครีมขัดผสมกากเพชร

ครีมขัดผสมกากเพชรในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย ครีมขัด 2 ผลิตภัณฑ์ คือ โจต้า (Jota) ซึ่งมีขนาดอนุภาคของกากเพชรเท่ากับ 2 ถึง 4 ไมโครเมตร และ เทมเรกซ์ (Temrex) ซึ่งมีขนาดอนุภาคของกากเพชรเท่ากับ 1.5 ไมโครเมตร ใช้สำหรับขัดพอร์ซเลน รวมทั้ง เรซินคอมโพสิต ให้มีผิวเรียบเป็นมันเงาใกล้เคียงกับพอร์ซเลนที่เคลือบผิว โดยใช้ขัดร่วมกับหัวขัดยางรูปถ้วย (rubber cup) หรือแปรงขัด ซึ่งใช้สำหรับขัดในบริเวณจำกัดภายในช่องปาก หรือใช้ขัดร่วมกับหัวขัดสักหลาดในการขัดนอกช่องปาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาว วัลลภัทน์ แสนทวีสุข เกิดเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ.2515 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีทันตแพทยศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2 จากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538 เข้ารับราชการตำแหน่ง ทันตแพทย์ 4 สังกัดสำนักปลัด กระทรวงสาธารณสุข ปฏิบัติงานเป็นหัวหน้าฝ่ายทันตสาธารณสุข โรงพยาบาลชนแดน อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นเวลา 2 ปี แล้วจึงเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2541 ปัจจุบันรับราชการตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ 5 คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย