

ความต้านทานการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวของเคลือบฟันที่แทรกซึมโดยเรซิน
ต่อเครื่องดื่มน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด

นางสาวจินตนาลักษณีย์ พรโชติทวีทรัพย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมทันตการ ภาควิชาทันตกรรมทันตการ
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

EROSIVE RESISTANCE OF WHITE SPOT ENAMEL LESIONS INFILTRATED WITH RESIN
TO ACIDIC DRINKS

Miss Jintanaluk Pornchottaweessup

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Operative Dentistry

Department of Operative Dentistry

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ความต้านทานการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวของเคลือบ
ฟันที่แทรกซึมโดยเรซินต่อเครื่องดื่มน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด
โดย นางสาวจินตนาลักษณ์ พรโชติทวีทรัพย์
สาขาวิชา ทันตกรรมหัตถการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.สุชาติ พูลทอง

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

..... คณะบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วัชรารภรณ์ ทักจันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.สุชาติ พูลทอง)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วาสนา พัฒนพิธีเดช)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ทันตแพทย์ ดร.สุชาติ วงศ์ขันตี)

จินตนาลักษณ์ พรโชติทวีทรัพย์ : ความต้านทานการสีกร่อนของรอยโรคจุดขาวของเคลือบฟันที่แทรกซึมโดยเรซินต่อเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด. (EROSIVE RESISTANCE OF WHITE SPOT ENAMEL LESIONS INFILTRATED WITH RESIN TO ACIDIC DRINKS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ทพ.ดร. สุจิต พูลทอง 79 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการสีกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองกับรอยโรคจุดขาวจำลองที่ถูกแทรกซึมโดยวัสดุเรซินไอคอน เมื่อสัมผัสกับเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด การศึกษานี้ได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ 02/2011 เตรียมขึ้นตัวอย่างจากฟันกรามน้อยของมนุษย์จำนวน 80 ซี่ ทำการสุ่มฟันเป็น 4 กลุ่มทดลองตามชนิดเครื่องดื่มที่ออกแบบให้แช่ฟันตัวอย่าง ดังนี้ 1) แช่เครื่องดื่มน้ำตาลโคโล่า 2) แช่เครื่องดื่มน้ำส้มคั้น 3) แช่เครื่องดื่มเกลือแร่ และ 4) แช่น้ำปราศจากประจุ นำขึ้นฟันตัวอย่างมาแช่ในสารละลายสำหรับทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ เพื่อสร้างรอยโรคจุดขาวจำลองของผิวเคลือบฟัน โดยให้ขึ้นที่หนึ่งทีมาจากฟันซี่เดียวกัน ใช้วัสดุเรซินจากผลิตภัณฑ์ไอคอน ส่วนขึ้นที่เหลือไม่ใช้วัสดุใด และทำการแช่ในเครื่องดื่มแต่ละชนิดดังที่กล่าวมา โดยแช่เครื่องดื่มก่อน 5 วินาที ตามด้วยแช่น้ำลายเทียม 5 วินาที สลับกันไปรวมทั้งหมด 10 รอบ ทำซ้ำแบบเดิมอีกสองรอบทุกๆ 6 ชั่วโมง วัดค่าปริมาตรและความลึกเฉลี่ยที่เกิดการสีกร่อนของรอยโรคจุดขาว โดยใช้เครื่องวัดความหยาบพื้นผิวโปรไฟล์โลมิเตอร์ นำค่าปริมาตรและความลึกเฉลี่ยที่ได้มาทดสอบด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง และสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวร่วมกับสถิติการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบแทมเฮน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการศึกษานี้พบว่ากลุ่มที่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอนที่แช่เครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด มีค่าเฉลี่ยของปริมาตร และความลึกในการสีกร่อนของเคลือบฟัน มากกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอนทุกกลุ่ม จากการทดสอบทางสถิติพบว่า การใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน และชนิดของเครื่องดื่มมีผลต่อค่าเฉลี่ยของปริมาตร และความลึกในการสีกร่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$) และยังเป็นปัจจัยร่วมทางสถิติ ($p < 0.0001$)

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

5276106032: MAJOR OPERATIVE DENTISTRY

KEYWORDS: ARTIFICIAL WHITE SPOT ENAMEL / EROSION / LESION INFILTRATION / RESIN ICON®

JINTANALUK PORNCHOTTAWESUP: EROSIVE RESISTANCE OF WHITE SPOT ENAMEL LESIONS INFILTRATED WITH RESIN TO ACIDIC DRINKS.
ADVISOR: ASST. PROF. SUCHIT POOLTHONG, Ph.D., 79 pp.

The present study compared the erosive effects of acidic drinks on artificial white spot lesions with or without Icon® resin infiltration. The study has permit by The Ethics Committee of the Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University no. 02/2011. Specimens were prepared from 80 human premolars, and randomly divided into 4 groups to be immersed in one the following of solutions; 1) Cola soft drink, 2) Orange juice, 3) Sports drink, or 4) de-ionized water. Each specimen was immersed in a demineralizing solution to induce artificial white spot lesions. A specimen resin infiltrated with Icon® (DMG, Germany), and an uninfiltrated specimen from the same tooth as control were alternately immersed in the designated solution and artificial saliva for 10 cycles of five seconds each. The procedure was repeated twice at six-hour intervals. Subsequently, the volume loss and mean depth of the white spot lesions were measured using a Profilometer. Data were analyzed by two-way ANOVA and one-way ANOVA with Tamhane multiple comparison ($p < 0.05$). The mean of the volume loss and the mean depth of the white spot enamel lesions were significantly higher in every group using resin Icon® and immersed in acidic drinks compared to control. They were significantly affected by resin Icon® and types of solution ($p < 0.0001$). The interaction between resin Icon® and types of solution was also significant ($p < 0.0001$).

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

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันและผู้มีส่วนร่วมให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ ดังรายนามต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ทพ.ดร. สุชาติ พูลทอง ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการศึกษา ค้นคว้า วิจัย และจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

กรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ และสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้คำชี้แนะข้อบกพร่อง และแนวทางปรับปรุงวิทยานิพนธ์

อาจารย์สาขาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ ตลอดจนจริยธรรมให้แก่ข้าพเจ้า

อาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ให้คำปรึกษาด้านสถิติ และการวิเคราะห์ข้อมูล

เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทันตวัสดุ และศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เป็นสถานที่ให้ความรู้ อบรมจริยธรรม และปลูกจิตสำนึกที่ดีแก่ข้าพเจ้า

บิดา มารดา และครอบครัว ที่อบรมสั่งสอนและเลี้ยงดูข้าพเจ้ามาตั้งแต่เกิด

เพื่อน พี่น้อง ทันตแพทย์ในที่ทำงาน และในคณะทันตแพทยศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ	
1) ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
2) คำถามการวิจัย.....	3
3) วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
4) สมมติฐานการวิจัย.....	4
5) ขอบเขตของการวิจัย.....	4
6) ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
7) ข้อจำกัดของการวิจัย.....	5
8) คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	5
9) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
10) วิธีดำเนินการวิจัย.....	6
11) ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....	7
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
1) รอยโรคจุดขาวของเคลือบฟัน.....	8
2) แครีอินฟิลเทรชัน.....	11
3) การสีกร่อนของฟัน.....	13
4) เครื่องวัดความหยابฟันผิว.....	16
3. วิธีดำเนินการวิจัย	
1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	19
2) หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกประชากรที่ใช้ในการศึกษา.....	19

บทที่	หน้า
3) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง.....	19
4) สิ่งแทรกแซง.....	20
5) วัตถุประสงค์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	20
6) ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	
6.1) การคัดเลือกตัวอย่าง.....	22
6.2) การเตรียมขึ้นพื้นตัวอย่างจากพื้นตัวอย่างที่ตัดไว้.....	23
6.3) การสร้างรอยโรคจุดขาวจำลอง.....	24
6.4) การเตรียมบริเวณทดลองบนขึ้นพื้นตัวอย่าง.....	25
6.5) การเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	26
6.6) การอ่านค่าพื้นที่ผิวของขึ้นพื้นตัวอย่างก่อนการทดลอง.....	28
6.7) วัดค่าความเป็นกรดต่างของเครื่องตี.....	34
6.8) ขั้นตอนการแช่ขึ้นพื้นตัวอย่างในเครื่องตี.....	34
6.9) การหาการสึกกร่อนของขึ้นพื้นตัวอย่างหลังการแช่เครื่องตี.....	34
6.10) การทดสอบการเปลี่ยนแปลงแต่ละขั้นตอนของขึ้นพื้นตัวอย่างที่ใช้เรซิน ไฮคอน และหลังแช่เครื่องตี.....	38
6.11) คุณลักษณะขึ้นพื้นตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	39
7) การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล.....	41
4. ผลการศึกษา	
1) ผลการวัดคุณสมบัติความเป็นกรดของเครื่องตี.....	42
2) ผลการทดสอบการสึกกร่อนจากการแช่เครื่องตีของกลุ่มควบคุม.....	42
3) ผลการทดสอบจากการใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน.....	43
4) ผลการทดสอบการสึกกร่อนจากการแช่เครื่องตีของกลุ่มทดลอง.....	44
5) ผลการทดสอบทางสถิติ.....	45
6) ผลจากการดูลักษณะขึ้นพื้นตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่อง กราด.....	50
5. อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ และสรุปผลการวิจัย.....	52
รายการอ้างอิง.....	60
ภาคผนวก.....	67
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	76

บทที่

ณ
หน้า

สารบัญญัตราจ

ตารางที่		หน้า
1	ขนาดกลุ่มตัวอย่างการศึกษาที่ผ่านมา.....	20
2	การกำหนดกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง.....	27
3	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเป็นกรด-ด่าง และ ไตรเตรเทเบิล แอซิดิตี้ ของเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด.....	42
4	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแช่เครื่องดื่มของรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟัน ..	43
5	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง และความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน.....	44
6	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแช่เครื่องดื่มของกลุ่มที่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน.....	45
7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง ในการทดสอบปัจจัยร่วมทางสถิติ ต่อค่าปริมาตรการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองบนผิวเคลือบฟัน.....	46
8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง ในการทดสอบปัจจัยร่วมทางสถิติ ต่อค่าความลึกการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองบนผิวเคลือบฟัน.....	46
9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ด้วยวิธีบราวน์ฟอร์ไซธิ์ ต่อค่าเฉลี่ยปริมาตรการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองของผิวเคลือบฟัน.....	47
10	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ด้วยวิธีบราวน์ฟอร์ไซธิ์ ต่อค่าเฉลี่ยความลึกการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองของผิวเคลือบฟัน.....	48

สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วงจรรการสูญเสีแระธาตุและกลับคืนของแระธาตุของพินผู้ในชั้นเคลือบพิน.....	14
2	ขั้นตอนการเตรียมชั้นพินตัวอย่าง.....	24
3	การติดผ้าเทปเพื่อกำหนดพื้นที่ทดลอง.....	25
4	เข็มลากของเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวและฐานของเครื่องวัด.....	28
5	การยึดแบบหล่อโลหะ กับช่องที่ฐานของเครื่องวัดความหยาบของพื้นผิว.....	29
6	การนำชั้นพินตัวอย่างที่ฝังอยู่ในเรซินหล่อใส มาติดกับแบบหล่อโลหะ.....	29
7	การตั้งเครื่องวัดความหยาบพื้นผิว แนวแกน Z ในระดับที่พอเหมาะในการวัด...	30
8	การวัดในแนวแกน X, Y โดยเข็มลากที่จะวัดเริ่มจาก ซ้ายไปขวา.....	30
9	การกำหนดจุดวัดเริ่มต้นที่จะวัดในแนวแกน X, Y ในช่อง “Beginning” และกำหนดพื้นที่ที่ต้องการให้เครื่องอ่านค่า ในช่อง “Length” รวมถึงแสดงการระบุความเร็วในการวัดในช่อง “Speed”	31
10	การใช้ฟังก์ชันคำสั่ง “Leveling” เพื่อปรับระดับบ่าอ้างอิงสองข้าง.....	32
11	พื้นผิวก่อนและหลังใช้คำสั่ง “Leveling”	33
12	ภาพสามมิติของพื้นผิวหลังใช้คำสั่ง “Leveling”	33
13	พื้นผิวก่อนทดลองและหลังการทดลองแซ่เครื่องตีพิมพ์พร้อมทั้ง พื้นผิวก่อน และหลัง ใช้คำสั่ง “Leveling”	35
14	การใช้ฟังก์ชันคำสั่ง “Surface subtraction”.....	36
15	การใช้คำสั่ง “Erase defect”	37
16	การใช้คำสั่ง Volume of hole and peak	38
17	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าปริมาตรการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบพิน.....	49
18	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความลึกในการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบพิน.....	50
19	ลักษณะของชั้นพินตัวอย่าง จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดถ่ายภาพที่กำลังขยาย 1,000 เท่า.....	51
20	ลักษณะของชั้นพินตัวอย่าง จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดถ่ายภาพที่กำลังขยาย 5,000 เท่า.....	51

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเกิดฟันผุเกี่ยวข้องกับการสูญเสียแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของฟันซึ่งเกิดจากกรดอินทรีย์ที่ผลิตจากแบคทีเรียในแผ่นชีวภาพ (biofilm) บนผิวฟัน ย่อยสลายอาหารที่มีน้ำตาลกลายเป็นกรดเข้าไปละลายแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟัน โดยเริ่มจากการละลายแร่ธาตุในผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) และฟลูออโรอะพาไทต์ (fluoroapatite) ที่เป็นองค์ประกอบของเคลือบฟัน ทำให้เกิดรูพรุนลุกลามผ่านเคลือบฟันเข้าสู่เนื้อฟัน และเมื่อมีการลุกลามมากขึ้นจะทำให้โครงสร้างฟันถูกทำลายจนเกิดเป็นโพรง จำเป็นต้องทำการรักษาด้วยการบูรณะฟัน (1) นั้นหมายถึงจะต้องกำจัดเนื้อเยื่อฟันที่ถูกทำลาย โดยใช้วิธีการทางกลก่อนการบูรณะ ทำให้เสียเนื้อเยื่อฟันที่ปกติออกไป แล้วแทนที่เนื้อฟันที่สูญเสียไปด้วยวัสดุบูรณะที่เหมาะสม การบูรณะนั้นนอกจากจะทำให้ต้องสูญเสียเนื้อฟันที่ดีบ้าง ยังทำให้ต้องสูญเสียค่าใช้จ่าย ทำให้เกิดความเจ็บปวด และเกิดความยุ่งยากในการรักษาโดยเฉพาะในกลุ่มเด็ก กลุ่มคนไข้พิการ นอกจากนี้ อายุการใช้งานของวัสดุบูรณะมีวันเสื่อมสภาพ และต้องมีการบูรณะเพื่อทดแทนในอนาคต (2)

จากการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ทำให้ทราบเกี่ยวกับสาเหตุการเริ่มต้น การดำเนินของโรค รวมทั้งกระบวนการของการเกิดฟันผุ และการจัดการที่ดีที่สุดสำหรับรอยโรคดังกล่าว (3) คือการที่สามารถตรวจพบการสูญเสียแร่ธาตุของเนื้อเยื่อแข็ง ที่เป็นองค์ประกอบของฟันได้ตั้งแต่ในระยะแรก แล้วส่งเสริมให้เกิดการกลับคืนของแร่ธาตุเพื่อไม่ให้เสียสมดุล ซึ่งการตรวจพบในระยะแรกต้องการการตรวจทางคลินิก และในบางครั้งอาจจำเป็นต้องมีการนำเครื่องมือมาช่วยในการวินิจฉัย (4) อย่างไรก็ตาม การตรวจที่นิยมใช้มากที่สุด คือ การตรวจทางคลินิก เนื่องจาก ง่าย สะดวก ค่าใช้จ่ายน้อย แม้ว่าจะมีค่าความเที่ยงตรง ถูกต้อง และความไวของการตรวจต่ำก็ตาม (5) โดยการตรวจทางคลินิกใช้หลักการพื้นฐานของการมองเห็นฟันผุ อาศัยปรากฏการณ์การกระเจิงของแสง (scatter) เมื่อมีการละลายของแร่ธาตุที่เคลือบฟัน จะทำให้มีการรบกวนโครงสร้างผลึกโดยเกิดรูพรุนที่เคลือบฟัน ทำให้มีการเพิ่มการกระเจิงของแสงออก ส่งผลให้รบกวนการมองเห็นในแสงธรรมชาติ จะมองเห็นบริเวณที่มีการละลายของแร่ธาตุเป็นสีขาวจึงเรียกรอยผุในระยะเริ่มต้นว่า รอยโรคจุดขาว (white spot lesion) (6)

เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันว่าฟลูออไรด์มีคุณสมบัติในการป้องกันฟันผุอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะฟลูออไรด์สามารถเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของการละลายตัวของผลึกแร่ธาตุ โดย

ยกระดับความหนาแน่นของแร่ธาตุเฉพาะที่ และเพิ่มค่าความเป็นกรดต่างให้สิ่งแวดล้อมรอบผิวฟัน ส่งผลต่อการชะลอการดำเนินของโรค และสามารถซ่อมแซมเคลือบฟันที่มีรอยโรคจุดขาวได้ (7) นอกจากนี้ยังมีการพบว่าการใช้ ซีพีพี-เอซีพี (casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate, CPP-ACP) สามารถ ส่งเสริมขบวนการกลับคืนของแร่ธาตุได้เช่นกัน (8) แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ฟลูออไรด์และสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตยังพบข้อจำกัด คือ ต้องใช้ในระยะเวลาอันยาวนาน และใช้ใน รอยโรคระยะเริ่มแรกเท่านั้น นอกจากนี้ยังต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ป่วยในการดูแลความสะอาดของช่องปากและฟัน (9)

ในปัจจุบันมีการพัฒนาทางเลือกใหม่ของการรักษาทางทันตกรรมในกรอบแนวคิดเชิงอนุรักษ์ หรือมีการรุกรานฟันเพียงเล็กน้อย (micro-invasive dentistry) (10) โดยเริ่มต้นจากแนวความคิดของการใช้สารผนึกหลุมและร่องฟัน (pit and fissure sealant) มาเป็นสิ่งกีดขวางทางกายภาพ (physical barrier) ระหว่างรอยโรคจุดขาวที่ด้านบดเคี้ยวกับสภาพแวดล้อมภายนอกที่สร้างกรดส่งเสริมให้เกิดฟันผุ หรือเกิดการลุกลามของรอยโรค (11) ผลจากการศึกษาพบว่า การใช้สารผนึกหลุมและร่องฟันดังกล่าว ทำให้รอยโรคไม่เกิดการลุกลาม แม้ว่าบริเวณใต้สารผนึกหลุมและร่องฟันในรอยโรค จะพบเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคก็ตาม (12) จากแนวคิดดังกล่าว จึงมีการนำสารผนึกหลุมและร่องฟัน และสารยึดติดทางทันตกรรม (dental adhesives) ที่ทำขึ้นมาจากรีซิน (resin) มาใช้ในรอยโรคจุดขาวบริเวณพื้นผิวเรียบ โดยเฉพาะด้านประชิดของฟัน (13) โดยการนำสารดังกล่าวมาใช้ปิดผนึกด้านบน (superficial sealing) ของรอยโรค พบว่า เนื่องจากคุณสมบัติของสารผนึกหลุมและร่องฟัน และสารยึดติดทางทันตกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อการยึดติด ทำให้สารดังกล่าวไม่สามารถแทรกซึมไปในรอยโรคได้ดีเท่าที่ควร (14) ส่งผลให้เนื้อสารส่วนใหญ่กองอยู่ที่พื้นผิว และจากลักษณะรูปร่างโค้งนูนของด้านประชิดของฟันอาจทำให้เกิดส่วนเกินของวัสดุได้ง่าย ทำให้ยากต่อการทำความสะอาด ส่งผลเสียคือ เกิดโรคเหงือกอักเสบ และเกิดฟันผุทุติยภูมิ (secondary caries) (15)

ต่อมาจึงมีการเปลี่ยนแนวคิดจากการใช้สิ่งกีดขวางปิดผนึกด้านบนของรอยโรค มาใช้สารที่มีความสามารถในการแทรกซึมสูง ไปปิดรูพรุนที่เกิดจากการละลายแร่ธาตุภายในรอยโรคของเคลือบฟัน เพื่อปิดทางเดินไม่ให้เกิดการแทรกซึมเข้าไปละลายแร่ธาตุในฟันได้โดย เรียกแนวคิดนี้ว่า แครอินฟิลเทรชัน (caries infiltration) โดยเชื่อว่า วิธีการดังกล่าวจะยับยั้งการลุกลามของรอยโรค รวมถึงต้านทานการเกิดฟันผุซ้ำในอนาคต และทำให้โครงสร้างรอยโรค ที่เคลือบฟันที่เปราะและแตกหักง่ายมีเสถียรภาพในเชิงกลดีขึ้น (10, 16) สารดังกล่าว พัฒนามาจากสารเรซินชนิดบ่มตัวด้วยแสงที่มีความหนืดต่ำ ที่สามารถแทรกซึมไปในรูพรุนของรอยโรคได้ดี (14) โดยในปี

ค.ศ. 2000 วัสดุไอคอน (Icon®) ได้ถูกพัฒนาขึ้นและออกแบบมาให้ใช้งานในด้านประชิด โดยไม่จำเป็นต้องใช้ยางแยกฟัน และ ทันตแพทย์สามารถทำให้เสร็จได้ภายในครั้งเดียว แตกต่างจากการใช้ฟลูออไรด์ที่ต้องใช้เวลานาน และยังคงอาศัยความร่วมมือของผู้ป่วยในการดูแลความสะอาดของช่องปากและฟันเท่านั้น ถึงจะหยุด การลุกลามของรอยโรคได้ นอกจากนี้ การใช้ฟลูออไรด์สามารถหยุดการลุกลามของรอยโรคในชั้นเคลือบฟันระยะเริ่มแรกเท่านั้น แต่ใน วัสดุไอคอนเชื่อว่า วัสดุเรซินดังกล่าว สามารถแทรกซึมเข้าไปในรอยโรคได้ลึกถึง 800 ไมโครเมตร หรือหนึ่งในสามจากผิวด้านนอกของเนื้อฟัน (outer third of dentine) ที่เกิดรอยโรค รวมทั้งวัสดุไอคอนยังสามารถแก้ไขเรื่องความสวยงามของรอยโรคจุดขาวได้ โดยลดความทึบแสงของรอยโรคให้มีสีเหมือนเคลือบฟันปกติมากขึ้น จึง มักใช้ในฟันผิวเรียบด้านขอบนอกของช่องปาก โดยเฉพาะในคนไข้หลังได้รับการจัดฟัน (17-20)

ในปัจจุบันมีความนิยมในการบริโภคอาหาร และ เครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดมากขึ้น เช่น เครื่องดื่มประเภทน้ำอัดลม น้ำผลไม้ และเครื่องดื่มเกลือแร่ โดยเครื่องดื่มเหล่านี้ นอกจากจะประกอบด้วยน้ำตาลซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดฟันผุแล้ว ยังมีฤทธิ์เป็นกรด ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุของฟัน และมีผลทำให้เกิดการสึกกร่อนของฟัน (dental erosion) ซึ่งเป็นปัญหาทางสุขภาพช่องปากที่พบมากขึ้นในปัจจุบัน (21-23) สำหรับการวัดการสึกกร่อนของฟันนั้นสามารถทำได้โดยการใช้การทดลองทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ไมโครเรดิโอกราฟี (microradiography) การวัดความแข็งผิว และวิธีโพรไฟล์โลเมทรี (profilometry method) เป็นต้น (24)

จากการศึกษาของ Paris และ Meyer-Luckel ในปี ค.ศ. 2010 พบว่าการใช้เรซินแทรกซึมเข้าไปในรอยโรคจุดขาวสามารถต้านทานกรดของโรคฟันผุได้ (18, 19) แต่ยังไม่มีการวิจัยใดทำการศึกษา เกี่ยวกับ ความสามารถในการต้านทานการสึกกร่อนของเรซิน จากกรดของอาหาร และเครื่องดื่ม ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้ จึงต้องการศึกษาผลของการใช้วัสดุเรซินไอคอน ในการต้านทานการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาว เมื่อสัมผัสกับเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด และในการศึกษานี้เลือกใช้เครื่องมือวัดความหยาบพื้นผิวเป็นวิธีการวัดผล เนื่องจาก เครื่องวัดความหยาบพื้นผิวเหมาะสำหรับประเมินพื้นผิวเคลือบฟันที่สึกกร่อนในบริเวณกว้าง และสามารถแสดงข้อมูลในรูปแบบของปริมาตรการสึกกร่อน หรือแสดงการสูญเสียผิวเคลือบฟันในแนวตั้งได้ (25, 26)

คำถามการวิจัย

การสึกกร่อนจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดของรอยโรคจุดขาว จำลอง แตกต่างกับรอยโรคจุดขาวจำลองที่ถูกแทรกซึมโดยวัสดุเรซินไอคอน หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการสีกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลอง กับรอยโรคจุดขาวจำลองที่ถูกแทรกซึมโดยวัสดุเรซินไฮคอน เมื่อสัมผัสกับเครื่องดื่มน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด และศึกษาเปรียบเทียบการสีกร่อนจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มน้ำต่างชนิดกัน

สมมติฐานการวิจัย

การสีกร่อนจากการสัมผัสกับเครื่องดื่มน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรดของรอยโรคจุดขาวจำลอง แตกต่างกับรอยโรคจุดขาวจำลองที่ถูกแทรกซึมโดยวัสดุเรซินไฮคอน

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้ทำในรอยโรคจุดขาวจำลองที่ผิวเคลือบฟันมนุษย์ด้านใกล้แก้ม เพื่อเลียนแบบตำแหน่งที่มักเกิดรอยโรคจุดขาวหลังจัดฟัน และเกิดการสีกร่อนเมื่อสัมผัสกับเครื่องดื่มน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรดในช่องปาก การขัดผิวเคลือบฟันบางส่วนให้เกิดความเรียบทำเพื่อให้เกิดรอยโรคจุดขาวจำลองได้รวดเร็ว และได้รอยโรคจุดขาวที่มีความลึกค่อนข้างสม่ำเสมอ

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การวัดการต้านทานการสีกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลอง พิจารณาจากความลึกของพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไปจากระดับตั้งต้น ภายหลังสัมผัส เครื่องดื่มน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด
2. การใช้วัสดุเรซิน ไฮคอน ของบริษัท DMG ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตนั้น จะต้องมีการใช้กรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 15 (15% hydrochloric acid) กัดที่พื้นผิวของรอยโรคจุดขาวล่างและทำให้แห้ง จากนั้นทาเอทานอล (ethanol) เพื่อให้ผิวฟันแห้ง และทำให้สารเรซินแทรกซึมได้มากขึ้น สุดท้ายยาสารเรซินแล้ว ฉายแสง 40 วินาที หลังจากนั้นทาสารเรซินซ้ำอีกรอบแล้วฉายแสงเช่นเดิม
3. การวัดการต้านทานการสีกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลอง ที่ใช้ วัสดุเรซินไฮคอน พิจารณาจากความลึกของพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไปจากระดับตั้งต้น คือหลังทาเรซินเปรียบเทียบกับภายหลังสัมผัส เครื่องดื่มน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด

4. ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบถูกออกแบบให้มีขนาด และรูปร่างที่เหมาะสมกับวิธีวัดผล คือ มีผิวหน้าแบนเรียบ และมีพื้นผิวพื้นที่สัมผัส เครื่องดัดที่มีฤทธิ์เป็นกรดขนาด 1 ตารางมิลลิเมตร ไม่ใช่พื้นที่ที่เหมือนสภาพจริงในช่องปาก
5. ชิ้นงานถูกนำมาสัมผัสกับเครื่องดัด โดยการแช่เป็นเวลา 5 วินาที สลับกับการแช่น้ำลายเทียม 5 วินาที สลับกันเช่นนี้เป็นจำนวน 10 ครั้ง ทำซ้ำแบบเดิมอีกสองรอบโดยห่างกันรอบละ 6 ชั่วโมง โดยเป็นการจำลองลักษณะการดัดเครื่องมือในแต่ละมือ (27)

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. การวิจัยนี้เป็นการทดลองที่ทำในห้องปฏิบัติการ ซึ่งไม่สามารถจำลองสภาพที่แท้จริงของช่องปากที่ซับซ้อนได้ทั้งหมด
2. การวิจัยนี้ทำการศึกษาในรอยโรคจุดขาวจำลองที่ผิวเคลือบฟันมนุษย์ เพื่อให้ได้รอยโรคที่ไม่มีความแตกต่างกันในการทดลอง และได้ความลึกที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม รอยโรคจุดขาวจำลองดังกล่าวมีความแตกต่างจากรอยโรคจุดขาวที่เกิดตามธรรมชาติ ทั้งความแข็งผิว ปริมาณแร่ธาตุ และความหนาของชั้นเซอรัฟเฟสโซน (16)

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. ผิวเคลือบฟันมนุษย์ หมายถึง ผิวเคลือบฟันกรามน้อยที่ถูกถอน เนื่องจากการจัดฟัน โดยผิวเคลือบฟันด้านแก้มไม่พบ รอยผุ รอยอุด รอยแตกร้าว หรือลักษณะที่ผิดปกติต่างๆ ได้แก่ จุดขาว หรือขาวขุ่นคล้ายชอล์ก ฟันเปลี่ยนสี หรือมีรอยขรุขระเป็นหลุมที่เป็นลักษณะของฟันตกกระ
2. การสร้างรอยโรคจุดขาวจำลอง (artificial white spot lesion formation) หมายถึง การสร้างรอยโรคจุดขาวจำลองเลียนแบบรอยโรคจุดขาวในเคลือบฟัน เป็นการทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุในชั้นเซอรัฟเฟสโซน (subsurface zone) โดยการแช่ชิ้นฟันในสารละลายสำหรับทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ ซึ่งเตรียมโดย

การผสมกรดแลคติก (lactic acid) ความเข้มข้นร้อยละ 85 จำนวน 0.88 มิลลิลิตร
 กรดโพลีอะคริลิก (polyacrylic acid) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 จำนวน 8 มิลลิลิตร
 ไฮดรอกซีอะซิโตนจำนวน 50 มิลลิกรัม น้ำปราศจากไอออน จำนวน 92 มิลลิลิตร
 และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ปรับค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4.8 ที่อุณหภูมิ 37
 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 168 ชั่วโมง ดัดแปลงจาก White, 1987 (28)

3. พันตัวอย่าง หมายถึง พันกรรมน้อยที่มีผิวเคลือบฟันปกติ
4. ขึ้นพันตัวอย่าง หมายถึง ครึ่งที่ฟันจากพันตัวอย่าง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงผลการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองบนเคลือบฟัน จากการสัมผัส
 ของเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด
2. ทราบถึงผลการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองบนเคลือบฟัน ที่ ใช้วัสดุเรซิน
 ไอคอน จากการสัมผัสของเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด
3. ทราบถึงผลการเปลี่ยนแปลงจากใช้วัสดุเรซินไอคอน ในแต่ละชั้นตอนที่เมื่อ
 ความลึกของฟันผิวยุโรปจุดขาวจำลองบนเคลือบฟัน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานใน
 การศึกษาวิจัยเพิ่มเติม
4. ทราบถึงผลของการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองบนเคลือบฟันที่ใช้ และไม่
 ใช้วัสดุเรซินไอคอน จากการสัมผัสของเครื่องดื่มน้ำตาลมรสโคล่า เครื่องดื่ม
 เกอิลแฉ่ และน้ำส้มคั้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวิจัยเชิงทดลองทางห้องปฏิบัติการ (laboratory experimental research)
2. เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลของความต้านทานการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาว
 จำลองกับ รอยโรคจุดขาวจำลองที่ถูกแทรกซึมโดยวัสดุเรซินไอคอน เมื่อสัมผัสกับ
 เครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รอยโรคจุดขาวของเคลือบฟัน (white spot enamel lesion)

รอยโรคจุดขาว คือ ลักษณะของรอยผุเริ่มแรกในชั้นผิวเคลือบฟันที่สามารถเห็นได้ทางคลินิก โดย พื้นผิวเคลือบฟันด้านนอกที่ปกคลุมรอยโรคมีความต่อเนื่อง ไม่พบลักษณะของรูผุ เนื่องจากมีการคืนกลับของแร่ธาตุที่ละลายออกมาจากชั้นชั้นเซอร่าเฟส

ลักษณะทางคลินิก รอยโรคจุดขาวที่ปรากฏทางคลินิก เป็นการดำเนินโรคฟันผุที่ลุกลามมากพอสมควรแล้ว โดยจะพบเป็นแถบสีขาว เนื่องจากการสูญเสียแร่ธาตุในชั้นใต้ผิวเคลือบฟัน ทำให้เคลือบฟันมีรูพรุนมากขึ้น ส่งผล ให้ดัชนีการสะท้อนแสง (refractive index) เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบกับผิวเคลือบฟันปกติ นำไปสู่การสูญเสียความโปร่งแสง (29) ผิวนอกของรอยโรคจุดขาว ถ้ามีลักษณะเรียบมันและต่อเนื่องดี แสดงว่ารอยผุนั้นไม่อยู่ในระยะดำเนินโรค แต่หากรอยโรคจุดขาวมีผิวขรุขระไม่เรียบมัน จะเป็นลักษณะที่กำลังดำเนินโรคอยู่และอาจลุกลามต่อไปได้

กระบวนการเกิดในช่วงเริ่มต้นของการเกิดฟันผุในชั้นเคลือบฟัน มีการซึมผ่านของกรดเข้าสู่เคลือบฟันโดยตรง ทำลายเคลือบฟันให้อ่อนนิ่มลง เปิดทางซึมผ่านของกรดเข้าสู่ชั้นข้างใต้ มีหลายการศึกษาพบว่า อัตราการสูญเสียแร่ธาตุจะมีผลต่อส่วนเคลือบฟันที่อยู่ข้างใต้ มากกว่าชั้นผิวนอกสุด (30) โดยแคลเซียมและฟอสเฟตที่ถูกละลายออกมาจากชั้นใต้ผิวจากกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุในช่วงแรก และกลับมามาก่อนที่ผิวชั้นนอกสุด ร่วมกับแร่ธาตุจากแหล่งอื่นๆภายในช่องปาก เช่น น้ำลาย อาหาร ยาสีฟัน เป็นต้น จะมีความคงตัวสูงสามารถป้องกันผิวเคลือบฟันชั้นนอกได้ดีขึ้น ต่อมาเมื่อมีสภาพแวดล้อมของสารละลายรอบผิวเคลือบฟันเปลี่ยนจากสภาวะไม่อิ่มตัวไปสู่สภาวะอิ่มตัวแล้ว แม้บริเวณผิวเคลือบฟันนอกสุดไม่เกิดการซึมผ่านของกรดเข้าทำอันตราย แต่ผลึกชั้นข้างใต้ยังคงมีสภาวะไม่อิ่มตัวอยู่ต่อไปอีกระยะหนึ่ง ดังนั้น จะเห็นได้ว่า ในช่วงเวลาหนึ่งรอยโรคเดียวกันจะสามารถพบได้ ทั้งกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุ และการคืนกลับแร่ธาตุ

ลักษณะทางจุลกายวิภาค เมื่อตัดชิ้นเคลือบฟันที่มีรอยโรคจุดขาวให้มีความหนาประมาณ 80-100 ไมโครเมตร แล้วนำมาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ (polarized light microscope) จะพบว่า รอยโรคจุดขาวมีรูปทรงคล้ายสามเหลี่ยม โดยฐานสามเหลี่ยมอยู่ที่

บริเวณผิวเคลือบฟัน ยอดสามเหลี่ยมชี้ไปทางด้านเนื้อฟัน แต่ละบริเวณของรอยโรคมีลักษณะต่าง ๆ กันแบ่งได้เป็น 4 โซน (zone) โดยโซนที่ 1 และ 2 จากด้านผิวนอกของฟันจะเห็นได้เมื่อดูขึ้นเคลือบฟันโดยแช่ในน้ำ แต่เมื่อดูขึ้นเคลือบฟันโดยแช่ควิโนลีน (quinoline) จะสามารถเห็นได้ทั้งสี่โซน (31)

1. เซอร์เฟลโซน (surface zone) ผิวนอกสุดของรอยโรคจุดขาวซึ่งผิวเคลือบฟันบริเวณนี้ยังคงความต่อเนื่องดี ชั้นนี้มีความหนาประมาณ 20-50 ไมโครเมตร และมีรูพรุนในเคลือบฟันประมาณร้อยละ 1 ของปริมาตร พบว่า ผลึกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 40-80 นาโนเมตร (32)
2. บอดี้ออฟพลีชัน (body of lesion) เป็นส่วนที่อยู่ใต้ชั้นผิวนอก รูปร่างของชั้นนี้ยังคงเป็นรูปสามเหลี่ยม รูพรุนในเคลือบฟันประมาณร้อยละ 20 ของปริมาตร เป็นส่วนเกิดกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลึกประมาณ 10-30 นาโนเมตร
3. ดาร์คโซน (dark zone) รูพรุนในเคลือบฟันประมาณร้อยละ 2-4 ของปริมาตร เกิดขึ้นจากการตกตะกอนกลับของแร่ธาตุ ภายหลังจากกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุ ผลึกจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50-100 นาโนเมตร
4. ทรานส์ลูเซนต์โซน (translucent zone) มีความกว้างตั้งแต่ 5-100 ไมโครเมตร รูพรุนในเคลือบฟันมากกว่าร้อยละ 1 ของปริมาตรเล็กน้อย เป็นส่วนที่มีการสูญเสียแร่ธาตุไม่มาก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลึกประมาณ 30 นาโนเมตร

ลักษณะของรอยโรคจุดขาว โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope) พบว่า รอยโรคจุดขาวจะมีช่องว่างระหว่างผลึกใหญ่กว่าเคลือบฟันปกติ นอกจากนี้ ส่วนที่มีการสูญเสียแร่ธาตุในผิวเคลือบฟันจะมีรอยต่อระหว่างปริซึมใหญ่ขึ้น รวมทั้งรอยร้าว รอยแตก ขนาดเล็กที่มีอยู่แล้ว ในผิวเคลือบฟันจะมีการขยายขนาดกว้างขึ้น จึงเป็นการเปิดช่องให้มีการซึมผ่านของกรดได้ดียิ่งขึ้น ลักษณะของรอยโรคจุดขาวดังกล่าว จึงเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการลุกลามของรอยโรคจุดขาวต่อไป (33)

การดำเนินของรอยโรคจุดขาว ไม่จำเป็นต้องดำเนินกลายเป็นโพรงรอยผุเสมอไป ในกรณีที่มีการกำจัดปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุออกไป เช่น คราบจุลินทรีย์ และอาหาร และสนับสนุนปัจจัยที่ทำให้เกิดการกลับคืนของแร่ธาตุทดแทน เช่น ฟลูออไรด์ และการเพิ่มอัตราการไหลของน้ำลาย เป็นต้น จะทำให้รอยโรคนี้สามารถกลับไปสู่สภาวะสมดุลระหว่างการสูญเสียแร่ธาตุ และการกลับคืนแร่ธาตุได้โดยไม่ต้องทำการบูรณะ (34) โดยพบว่ารอยโรคจุดขาว

ประมาณร้อยละ 75 เมื่อสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนรอยโรคจะเปลี่ยนจากภาวะลุกลาม (active) ไปเป็นภาวะหยุดนิ่ง (inactive) หรือคืนกลับ (reversal) (35) แม้ว่ารอยโรคจุดขาวจะสามารถผันกลับได้ แต่หากอยู่ในภาวะที่มีปัจจัยส่งเสริมการผุ รอยโรคก็จะถูกทำลายเกิดเป็นโพรงรอยผุได้ ต้องทำการบูรณะต่อไป

การสร้างรอยโรคจุดขาวจำลอง มีความสำคัญมากในการศึกษาในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากรอยโรคจุดขาวที่เกิดตามธรรมชาติจะมีความหลากหลาย ทั้งในแง่โครงสร้าง และระดับความรุนแรงของรอยโรค ทำให้มีผลต่อการศึกษา การสร้างรอยโรคจุดขาวจำลองในชั้นเคลือบฟันโดยสารละลายทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุมีหลากหลายวิธีในการเตรียม แต่วิธีส่วนใหญ่จะมีสารปกป้องฟันผิว เพื่อให้ผิวด้านบนของรอยโรคไม่ถูกทำลาย จากสารละลายทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ และยังเกิดความต่อเนื่องของฟันผิวไม่เกิดเป็นรู แต่ยังคงผลทำให้ฟันผุรอยโรคอ่อนนุ่ม และเกิดรอยโรคใต้ฟันผิวได้ สารปกป้องฟันผิวที่ใช้ เช่น มีเทนไฮดรอกซี -ไดฟอสเฟเนท (methanehydroxy-diphosphonate, MHDP) หรือ สารโมเลกุลตามธรรมชาติ ที่ทำหน้าที่เป็นแผ่นคราบน้ำลาย (salivary pellicle) แต่ยังพบปัญหาจากการใช้ เช่น ความไม่บริสุทธิ์ของสารทำให้ไม่สามารถทำซ้ำ (reproducibility) ได้ในงานวิจัย หรือสารมีผลขัดขวางการกลับคืนของแร่ธาตุ เนื่องจากสารมีโมเลกุลขนาดเล็กแทรกซึมเข้าไปในรอยโรค (36, 37)

การศึกษาของ White ปี ค.ศ. 1987 ได้ศึกษาการใช้คาร์โบพอล (Carbopol 907) ซึ่งเป็นกรดโพลีอะคริลิกโมเลกุลใหญ่ ใช้ ในการสร้างรอยโรคจุดขาวจำลอง ร่วมกับการใช้กรดแลคติก พบว่าคาร์โบพอลสามารถทำหน้าที่เป็นสารปกป้องฟันผิวที่ดี สามารถทำซ้ำได้ และไม่ขัดขวางการกลับคืนของแร่ธาตุ เนื่องจากคาร์โบพอลมีโมเลกุลขนาดใหญ่ ไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปในรอยโรคได้ และพบว่าฟันผิวเคลือบฟัน ที่ได้รับการขัดก่อนแช่ในสารละลายที่ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ จะทำให้เกิด รอยโรคจุดขาวจำลองเร็วขึ้น และมีลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกันทั้งรอยโรคมากกว่าฟันผิวเคลือบฟันที่ไม่ได้รับการขัด (28) แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางจุลกายวิภาค พบว่ามีความแตกต่างระหว่างรอยโรคจุดขาวที่เกิดตามธรรมชาติและรอยโรคจุดขาวจำลอง โดยรอยโรคจุดขาวจำลองจะมีความหนาของชั้นฟันผิวประมาณ 15-30 ไมโครเมตร และมีปริมาณแร่ธาตุร้อยละ 63-76 โดยปริมาตร และรอยโรคจุดขาวที่เกิดตามธรรมชาติจะมีความหนาของชั้นฟันผิวประมาณ 40 ไมโครเมตร และมีปริมาณแร่ธาตุร้อยละ 83 โดยปริมาตร ซึ่งในการศึกษาวิจัยควรคำนึงถึงข้อแตกต่างนี้ด้วย (38)

แคร์อินฟิลเทรชัน (caries infiltration)

เริ่มต้นจากแนวความคิดการรักษาเชิงอนุรักษ์ ในการบูรณะฟันที่ไม่จำเป็นต้องกำจัดฟันผุในส่วนเอเพคเท็ด เดนทีน (affected dentine) ออกหมด แม้ว่าเนื้อฟันบริเวณดังกล่าวจะพบว่ามีเชื้อจุลินทรีย์เหลืออยู่ และมีการสูญเสียแร่ธาตุก็ตาม (39) จากแนวความคิดดังกล่าวจึงนำมาใช้กับสารผนึกหลุมและร่องฟันบริเวณด้านบดเคี้ยว จากที่ใช้เฉพาะในฟันปกติที่มีหลุมร่องลึกมาใช้กับฟันผุในระยะเริ่มต้น โดยใช้เป็นสิ่งกีดขวางทางกายภาพระหว่างรอยโรคระยะเริ่มต้นที่ด้านบดเคี้ยว กับสภาพแวดล้อมภายนอกที่สร้างกรดส่งเสริมให้เกิดฟันผุ หรือเกิดการลุกลามของรอยโรค (11) ผลจากการศึกษา พบว่าการใช้สารผนึกหลุมและร่องฟันดังกล่าว ทำให้รอยโรคไม่เกิดการลุกลาม แม้ว่าบริเวณใต้สารผนึกหลุมและร่องฟันในรอยโรค จะพบเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคก็ตาม (12) นอกจากนี้ ยังพบว่าสามารถลดการยึดเกาะของเชื้อจุลินทรีย์บนผิววัสดุได้ การประสบความสำเร็จของการรักษานั้น ขึ้นอยู่กับการคงสภาพของความต่อเนื่อง ระหว่างขอบสารผนึกหลุมและร่องฟันกับผิวฟัน (2) ซึ่งวัสดุกลุ่มชนิดกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (glass - ionomer cement) ไม่สามารถคงสภาพได้ดี จึงแนะนำให้วัสดุในกลุ่มเรซิน

Robinson และคณะ ในปี ค.ศ. 1976 มีการนำเรซินมาใช้กับรอยโรคเป็นครั้งแรก โดยใช้ เรซินชนิดเรซอร์ซินอล ฟอรัมอลดีไฮด์ (resorcinol - formaldehyde resin) ซึ่งมีความสามารถแทรกซึมสูง แต่มีความเป็นพิษเมื่อนำมาใช้ทางคลินิก (40) ต่อมาจึงใช้สารผนึกหลุมและร่องฟัน และสารยึดติดทางทันตกรรมที่ใช้ทั่วไปในตลาด มาใช้ในฟันผุระยะเริ่มต้นบริเวณด้านสบฟัน (41) และพื้นผิวเรียบ (42) โดยเฉพาะด้านประชิดของฟัน โดยการนำสารดังกล่าวมาใช้ปิดผนึกด้านบนของรอยโรค พบว่าจากคุณสมบัติของสารทั้งสองเพื่อใช้ในการยึดติด ทำให้สารดังกล่าวไม่สามารถแทรกซึมไปในรอยโรคได้ดี (14) ส่งผลให้เนื้อสารส่วนใหญ่กองอยู่ที่พื้นผิว และจากลักษณะรูปร่างโค้งนูนของด้านประชิดของฟัน อาจทำให้เกิดส่วนเกินของวัสดุได้ง่าย และยากต่อการทำความสะอาด ส่งผลเสียคือ ทำให้เกิดการรบกวนอวัยวะปริทันต์ เกิดโรคเหงือกอักเสบ และเกิดฟันผุทุติยภูมิ (2) รวมทั้งทำให้พื้นผิวเคลือบฟันมีคุณสมบัติทางกลต่ำ เกิดการสึกที่ เกิดจากการขัดถูได้ง่าย (15)

ต่อมาจึงมีการเปลี่ยนแนวคิดในการยับยั้งการลุกลามของรอยโรคฟันผุระยะเริ่มต้น โดยจากการใช้สิ่งกีดขวางมาปิดผนึกด้านบนของรอยโรค ไม่ให้สัมผัสสิ่งแวดล้อมที่ก่อโรคฟันผุ เปลี่ยนมาใช้สารที่มีความสามารถในการแทรกซึมหรือมีสัมประสิทธิ์การแทรกซึมสูง ไปปิดรูพรุนที่เกิดจากการละลายแร่ธาตุในเคลือบฟันภายในรอยโรค เพื่อปิดทางเดินไม่ให้กรดแทรกซึมเข้าไปละลายแร่ธาตุในฟันได้ โดยเรียกแนวคิดนี้ว่า แคร์อินฟิลเทรชัน (14, 43) โดยวิธีนี้เชื่อว่าจะ

ยับยั้งการลุกลามของโรค รวมถึงต้านทานการเกิดฟันผุซ้ำในอนาคต และทำให้โครงสร้างรอยโรคเคลือบฟันที่เปราะแตกหักง่ายมีเสถียรภาพในเชิงกลดีขึ้น (10)

ความสามารถการแทรกซึมของเรซินเข้าไปในรอยโรค อาศัยหลักการของแรงแบบแคพิลลารี (capillary force) เป็นหลักการในการขับเคลื่อนของของเหลวในที่นี้ คือ เรซินที่ยังไม่ได้บ่มตัว เข้าไปในรูพรุนของแข็งในที่นี้ คือ รูพรุนในรอยโรคจุดขาวของเคลือบฟัน ซึ่งความสามารถดังกล่าว ขึ้นอยู่กับปริมาตรรูพรุนและรัศมีของรูพรุน นอกจากนี้ยังขึ้นกับความหนืด ของของเหลว (14, 16) ดังนั้น ชั้นพื้นผิวของรอยโรคอาจจะขัดขวางการแทรกซึมของเรซิน เนื่องจากมีปริมาตรรูพรุนต่ำ การใช้กรดกัดอาจจะเพิ่มการแทรกซึมของเรซินดังกล่าวได้ โดยกรดจะเพิ่มปริมาตร ของรูพรุนชั้นพื้นผิว และกำจัดชั้นพื้นผิวบางส่วนที่มีปริมาตรของรูพรุนต่ำ จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการในรอยโรค จุดขาวตามธรรมชาติของฟันกรามและฟันกรามน้อยแทมมนุษย์ พบว่าการใช้เจลกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 15 ดีกว่าการใช้เจลกรดฟอสฟอริกร้อยละ 37 (37% phosphoric acid) ซึ่งเวลาที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 90-120 วินาที ในการเตรียมพื้นผิวฟันสำหรับการแทรกซึมของเรซิน (16) ส่วนการใช้เรซินที่เหมาะสมสำหรับแทรกซึมเข้าไปในรอยโรค คือเรซินที่มีความหนืดต่ำ ซึ่งมีการศึกษาพบว่าสารเรซินที่มีส่วนประกอบเป็น กลุ่ม เทกมา (Triethyleneglycol dimethacrylate, TEGDMA) ฮีมา (Hydroxyethyl methacrylate, HEMA) และเอชานอล เป็นสารเรซินที่มีความหนืดต่ำ และมีค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมสูง เหมาะสมสำหรับแทรกซึมเข้าไปในรอยโรค (10) การศึกษาพบว่าการทำเรซินเป็นระยะเวลา 30 วินาที สามารถยับยั้งการลุกลามของรอยโรคได้ดีกว่า 15 วินาที และการทำเรซินที่เหมาะสมมีการศึกษาแนะนำให้ทำซ้ำสองครั้ง โดยมีการรายงานผลว่าการทำดังกล่าวช่วยทำให้รอยโรคเคลือบฟันมีความแข็งมากขึ้น แต่ไม่ได้เพิ่มความลึกในการแทรกซึมของเรซินเข้าไปในรอยโรค หรือลดการลุกลามของรอยโรค (2, 44)

จากผลการศึกษาและพัฒนาทางห้องปฏิบัติการทำให้ในปี ค.ศ. 2000 บริษัท DMG ได้ ผลิตนำเสนอสตูดิโอไอคอน ที่คิดค้นและพัฒนาโดย Dr.H.Meyer-Luckel และ Dr.Sebastain Paris ตามแนวความคิดแคร์อินฟิลเทรชัน โดยเชื่อว่าวัสดุเรซินดังกล่าวสามารถแทรกซึมเข้าไปในรอยโรคได้ถึง 800 ไมโครเมตร หรือหนึ่งในสามทางด้านผิวนอก ของเนื้อฟัน (outer third of dentine) ที่เกิดรอยโรค ซึ่งวัสดุเรซินไอคอนดังกล่าวสามารถยับยั้งการลุกลามของรอยโรคที่มีการลุกลามมากกว่า การใช้ ฟลูออไรด์ที่ใช้ได้ผลเฉพาะรอยโรคระยะเริ่มแรกในชั้นเคลือบฟันเท่านั้น ดังนั้น การใช้วัสดุเรซินไอคอนจึงสามารถลด หรือทดแทนการบูรณะฟัน เกิดการรักษาเชิงอนุรักษ์ที่มีการรุกรานฟันเพียงเล็กน้อย ส่งผลทำให้ลดการ สูญเสียเนื้อฟันที่ดี การสูญเสียค่าใช้จ่าย ความเจ็บปวด และความยุ่งยากในการรักษา จากบูรณะ โดยเฉพาะในกลุ่มเด็ก และ

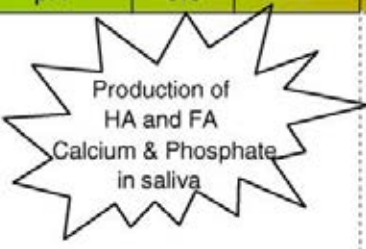
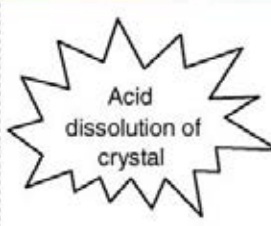
คนไข้พิจารณา รวมทั้งลดการบูรณะทดแทนในอนาคต เนื่องจาก อายุการใช้งานของวัสดุบูรณะย่อมมีวันเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ การใช้วัสดุเรซินไอคอน ยังออกแบบมาให้ใช้งานง่าย โดยเฉพาะ ด้านประชิดของฟันสามารถทาสารโดยไม่จำเป็นต้องใช้ยางแยกฟัน และ ยังมีการรายงานทางคลินิกพบว่าวัสดุเรซินไอคอนสามารถแก้ไขเรื่องความสวยงามของรอยโรคจุดขาวได้ โดยลดความทึบแสงของรอยโรคทำให้เหมือนเคลือบฟันปกติมากขึ้น มักใช้ในพื้นผิวเรียบด้านขอบนอกของช่องปากในคนไข้หลังได้รับการจัดฟัน ในชุดผลิตภัณฑ์เรซิน ไอคอน ประกอบด้วย ทาเจลกรดไอคอนเอทซ์ (Icon®-Etch) ไอคอนดราย (Icon®-Dry) และเรซินไอคอนอินฟิลเทรนท์ (Icon®-Infiltrant) ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตนั้น ต้อง มีการเตรียมพื้นผิวก่อนทาเรซินแทรกซึมเข้าไปในรอยโรค โดยทาเจลกรดไอคอนเอทซ์ หรือกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 15 กัดเป็นเวลา 2 นาที เพื่อกำจัดชั้นพื้นผิวของรอยโรคที่ขัดขวางการแทรกซึมของเรซิน ทำการ ล้างกรดด้วยน้ำจากหัวเป่าลมและน้ำแบบสามทาง (triple syringe) เป็นระยะเวลา 30 วินาที แล้วเป่าให้แห้งด้วยหัวเป่าลมและน้ำแบบสามทาง ผิวเคลือบฟันที่เหมาะสมสำหรับการแทรกซึมของเรซิน ต้องอยู่ในสภาวะแห้ง การเป่าลมจึงอาจไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงมีการใช้ไอคอนดราย หรือ เอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 99 เป็นเวลา 30 วินาที ในการเตรียมพื้นผิว เพื่อให้ผิวเคลือบฟันแห้งและให้เรซินสามารถแทรกซึมได้ดีตามด้วยการใช้เรซินไอคอนอินฟิลเทรนท์ทาเป็นเวลา 3 นาที ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงโดยความเข้มแสงของเครื่องฉายแสงตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตอย่างต่ำมากกว่า 800 mw/cm^2 เป็นเวลา 40 วินาที ทาสารเรซินซ้ำ อีก 1 นาที แล้วฉายแสง 40 วินาที เนื่องจากมีการศึกษาที่พบว่าการทาสารเรซินซ้ำช่วยทำให้รอยโรคเคลือบฟันมีความแข็งแรงมากขึ้น (17-20)

การสึกกร่อนของฟัน (dental erosion)

การสึกกร่อนจากการละลายของฟัน หมายถึง การสูญเสียเนื้อเยื่อแข็งแบบผิดปกติจากกระบวนการทางเคมี โดยปราศจากแบคทีเรียเข้าร่วม มักเกิดเฉพาะตำแหน่ง เกิดขึ้นแบบค่อยเป็นค่อยไป และไม่มีอาการปวด มักเกิดบริเวณ หนึ่งในสามทางด้านใกล้เหงือกของผิวฟันด้านซิดริมฝีปาก โดยเฉพาะในฟันตัดบน แต่อาจพบความผิดปกตินี้ทางด้านประชิดของฟันได้เช่นกัน ลักษณะรอยโรคเป็นแอ่งตื้นๆ ผิวเรียบเป็นมัน คล้ายกับเอาช้อนตักเอาผิวฟันออกไป สามารถเกิดได้เท่ากันในขากรรไกรทั้งด้านซ้ายและขวา ในรายที่มีอาการรุนแรงจะมีการละลายเคลือบฟันจนมองเห็นเนื้อฟัน ทำให้ผู้ป่วยมีการเสียวฟันได้เมื่อมีสิ่งกระตุ้น (45)

ความแตกต่างระหว่างฟันผุและการสึกกร่อน คือ กลไกการเกิดฟันผุนั้นมีลักษณะเป็นกระบวนการพลวัต (dynamic process) คือ จะมีการสูญเสียและกลับคืนแร่ธาตุจากฟัน โดย

จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาช่วงหนึ่ง การเกิดฟันผุนั้นจะมีการสูญเสียความสมดุลของการกลับคืนของแร่ธาตุ และการสูญเสียแร่ธาตุจากฟันไปสู่สิ่งแวดล้อมในปาก ซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการซับซ้อน และเกิดจากหลายปัจจัย ทั้งนี้ต้องมีเชื้อจุลินทรีย์มาเกี่ยวข้องด้วย และเมื่อพิจารณาโครงสร้างของรอยโรคฟันผุระยะแรกจะมีพื้นผิวด้านบนที่ปกคลุมมีความต่อเนื่อง ไม่พบลักษณะของรูฝุ และพบชั้นใต้พื้นผิวเคลือบฟัน ซึ่งเป็นชั้นที่มีการละลายแร่ธาตุและเกิดรูพรุนขึ้น สำหรับกลไกที่ก่อให้เกิดฟันสึกกร่อนนั้น จะเป็นการสูญเสียแร่ธาตุโดยไม่มีเชื้อจุลินทรีย์มาเกี่ยวข้อง และเมื่อพิจารณารอยโรคระยะแรกพื้นผิวจะมีความอ่อนนุ่มจากการละลายแร่ธาตุ ต่อมาจะมีการทำลายโครงสร้างฟันหายไปทั้งพื้นผิว เกิดเป็นแอ่งฟันขึ้น (46) ซึ่งทั้งหมดนี้สามารถอธิบายได้จากภาพที่ 1

			Critical pH of HA		Critical pH of FA				
pH	6.8	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	
 Production of HA and FA Calcium & Phosphate in saliva			Demineralisation Dissolution of HA FA forms if fluoride available Remineralisation FA reforms			 Acid dissolution of crystal			
8.0	6.8	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	
Formation of calculus		Remineralisation Demineralisation		Caries		Erosion			
HA is hydroxyapatite					FA is fluorapatite				

ภาพที่ 1 วงจรการสูญเสียแร่ธาตุและกลับคืนของแร่ธาตุของฟันผุในชั้นเคลือบฟัน (คัดลอกจาก

Pretty IA. Caries detection and diagnosis: novel technologies. J Dent. 2006 Nov;34:727-39.)

จากภาพสามารถอธิบายขอบเขตการเกิดฟันผุว่า เป็นขอบเขตเกิดการละลาย และการสร้างของผลึกแร่ธาตุสองชนิด ได้แก่ ไฮดรอกซีอะพาไทต์และฟลูออโรอะพาไทต์ ซึ่งผลึกทั้งสองมีความแข็งแรง และความต้านทานต่อการกัดที่ต่างกัน ทั้งนี้กลไกของการเกิดฟันผุได้เกิดต่อเนื่องกันตลอดเวลา แต่จะเกิดเมื่อปริมาณกรดที่ผลิตขึ้นมากพอ ที่จะทำให้ค่าความเป็นกรดต่างต่ำกว่าค่าวิกฤต ซึ่งค่าความเป็นกรดต่างวิกฤต (critical pH) ของไฮดรอกซีอะพาไทต์มีค่าเท่ากับ 5.5 และค่าความเป็นกรดต่างวิกฤตของฟลูออโรอะพาไทต์อยู่ที่ 4.0 โดยที่ในช่วง 4.0 ถึง 5.5 จะพบการละลายของไฮดรอกซีอะพาไทต์ แต่จะเกิดการตกตะกอนของฟลูออโรอะพาไทต์ ส่วนที่ความเป็นกรดต่างสูงกว่า 5.5 จะมีการตกตะกอนทั้งผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์และฟลูออโรอะพาไทต์ จึงสามารถสรุป

ได้ว่ากระบวนการเกิดฟันผุนั้นเป็นกระบวนการที่สามารถย้อนกลับได้ หากผิวนอกของฟันยังไม่ถูกทำลาย และค่าความเป็นกรดต่างของสภาพแวดล้อมในช่องปาก สูงกว่าค่าวิกฤตของไฮดรอกซีอะพาไทต์และฟลูออโรอะพาไทต์ ส่วนการเกิดฟันสึกกร่อนนั้นสามารถอธิบายได้ว่า ค่าความเป็นกรดต่างของสภาพแวดล้อมในช่องปากต่ำกว่า 4.0 (47) ซึ่งต่ำกว่าค่าวิกฤตทั้งของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์และฟลูออโรอะพาไทต์ ทำให้เกิดการละลายตัวของผลึกทั้งสองชนิด ในรายที่รุนแรง เกิดการทำลายโครงสร้างทั้งหมดของฟัน ทำให้รอยโรคไม่สามารถฟื้นกลับได้ ทั้งนี้ขึ้นกับความทนทานของฟันต่อสภาวะความเป็นกรดต่ำ หรือสภาวะที่มีแร่ธาตุทั้งแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่ำ รวมทั้งความถี่ในความสัมผัสกรด (48)

Rytomaa และคณะปี ค.ศ. 1988 ได้สรุปว่าประสิทธิภาพในการสึกกร่อนขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่าง ยิ่งค่าต่ำจะมีประสิทธิภาพการละลายเคลือบฟันมาก และพบว่าเครื่องดื่มและอาหารที่มีค่าความกรดต่างต่ำกว่า 4 จะเป็นสาเหตุการละลายอย่างชัดเจน (49) นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการสึกกร่อน ยังขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมีของผิวชั้นนอกของเคลือบฟัน (50) มีการศึกษาพบว่า เครื่องดื่มน้ำตาลอมรสโคลา เครื่องดื่มรสส้ม และเครื่องดื่มเกลือแร่ ทำให้เกิดการละลายของผิวฟันอย่างมาก ในขณะที่เครื่องดื่มโคลาไดเอททำให้เกิดการละลายของเคลือบฟันไม่มากนัก เนื่องจากเครื่องดื่มโคลาไดเอทมีแคลเซียมในปริมาณสูง และพบว่ายังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการละลายได้แก่ ปริมาณกรด ฟอสเฟตและฟลูออไรด์ที่เป็นองค์ประกอบในเครื่องดื่มนั้นๆ (51)

ส่วนอัตราเร็วของการละลายของเคลือบฟัน ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับปริมาณกรดและคุณสมบัติคีเลชัน (chelation properties) (50) ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าว คือ ความสามารถในการจับแคลเซียมของกรด เป็นผล มาจากส่วนประกอบทางเคมีของกรดที่มีหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) มากกว่าหนึ่งหมู่ โดยปฏิกิริยาคีเลชันนั้น จะ ทำให้เกิดการละลายของฟันได้จากสองขบวนการ ได้แก่ ขบวนการแรก คือ การที่ กรดจับกับไอออนของแคลเซียมในน้ำลายอย่างเหนียวแน่น ส่งผลให้เกิดการลดระดับความอิมตัวของแร่ธาตุในน้ำลายลง ทำให้ฟันได้รับการกลับคืนของแร่ธาตุจากน้ำลายลดลง ขบวนการที่สอง คือ การที่กรดจับกับไอออนของ แคลเซียมในเคลือบฟันโดยตรง ทำให้เกิดการละลายของผิวเคลือบฟัน โดยกรดเหล่านี้มีอยู่ในผลไม้และเครื่องดื่มหลายๆชนิด (48)

ในสภาวะจริงในช่องปาก อาหารและเครื่องดื่มไม่สามารถสัมผัสกับผิวเคลือบฟันได้โดยตรง โดยแผ่นคราบน้ำลายจะปกคลุมทับผิวเคลือบฟัน ทำหน้าที่ป้องกันผิวเคลือบฟันจากการสึกกร่อนละลายได้ พบว่าเคลือบฟันที่แช่ในน้ำลายมนุษย์ 7 วัน สามารถจำลองแผ่นคราบน้ำลายได้ และผลดังกล่าวทำให้เกิดการสึกกร่อนน้อยมาก จากการแช่ชิ้นตัวอย่างใน

เครื่องดีมน้ำอัดลมรสโคลาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในขณะที่ผิวเคลือบฟันที่ไม่มีแผ่นคราบน้ำตาลปกคลุมเกิดการละลายอย่างเห็นได้ชัด (52) มีรายงานว่าเคลือบฟันมนุษย์ในสภาวะที่ไม่มีสิ่งป้องกันใดๆ ในอัตราการละลาย 0.5-2 ไมโครเมตรต่อชั่วโมง (53)

หลายการศึกษาได้ทำการศึกษาศึกษาการสึกกร่อน โดยใช้เครื่องวัดความหยาบพื้นผิว เช่น Attin และคณะ ปี 2005 ได้ศึกษาศึกษาการสึกกร่อนโดยใช้เคลือบฟันวัวใช้ในเครื่องดีมน้ำอัดลมภายใต้สภาวะช่องปากจำลอง พบว่าเครื่องดีมน้ำอัดลมรสโคลา มีค่าเฉลี่ยความลึกของการสึกกร่อนในผิวเคลือบฟันเท่ากับ 0.19 ± 0.03 ไมโครเมตร ซึ่งต่ำกว่าน้ำส้มและเครื่องดีมน้ำอัดลมรสสไปรท์ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเท่ากับ 1.60 ± 0.22 ไมโครเมตร และ 1.59 ± 0.23 ไมโครเมตร ตามลำดับ แม้ว่าค่าความเป็นกรดต่างของเครื่องดีมน้ำอัดลมรสโคลาเท่ากับ 2.53 ซึ่งต่ำกว่าน้ำส้มและเครื่องดีมน้ำอัดลมรสสไปรท์ ซึ่งเท่ากับ 3.70 และ 2.69 ตามลำดับ (54) แต่การศึกษาของ Michael และ Barry ปี ค.ศ. 2007 ได้ศึกษาศึกษาการสึกกร่อนโดยใช้เคลือบฟันมนุษย์ใช้ในเครื่องดีมน้ำอัดลม 6 ชนิด ได้แก่ เครื่องดีมน้ำอัดลมรสโคลา เครื่องดีมน้ำอัดลมโคลาไดเอท เครื่องดีมเกลือบแร่ เก ตอเรด เครื่องดีมให้พลังงานกระต๊องแดง กาแฟ และน้ำเปล่า เป็นเวลา 14 วัน พบว่า เครื่องดีมน้ำอัดลมรสโคลา เครื่องดีมโคลาไดเอท เครื่องดีมเกลือบแร่ เก ตอเรด เครื่องดีมให้พลังงานกระต๊องแดง มีค่าการสึกกร่อนสูงกว่า กาแฟ และน้ำเปล่า โดยพิจารณาจากความหยาบผิวที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่งสัมพันธ์สอดคล้องกับค่าความเป็นกรดต่างที่มีค่าต่ำกว่า นอกจากนี้พบว่าการทาฟลูออไรด์วานิชก่อนสัมผัสเครื่องดีมไม่สามารถต้านทานการสึกกร่อนได้ ระดับการสึกกร่อนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องดีมและระยะเวลา (55)

เครื่องวัดความหยาบพื้นผิว

เครื่องวัดความหยาบพื้นผิว เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในปัจจุบันเพื่อใช้วัดการสึกกร่อนของพื้นผิว วิธีการวัดการสึกกร่อนผิวฟันของเครื่องวัดความหยาบพื้นผิว จะวัดผลการเกิดการสึกกร่อนจากการละลายของผิวฟัน โดยจะประเมินการสูญเสียแร่ธาตุเมื่อกรดสัมผัสกับผิวฟัน โดยกรดจะทำปฏิกิริยาทางเคมีเกิดการละลายแร่ธาตุ ส่งผลให้ผิวฟันเกิดการสึกกร่อนจนหายไปทั้งด้าน กล่าวคือพื้นผิวถูกละลายหายไปและต่ำลงจากระดับตั้งต้น (56) โดยเครื่องวัดความหยาบพื้นผิว แบ่งการวัดเป็น 2 วิธี (57, 58) ได้แก่

1. วิธีที่เครื่องมือไม่มีการสัมผัส (non-contact equipment) กับพื้นผิว เช่น การใช้ไดโอดเลเซอร์ (diode laser) ซึ่งจะมีทิศทางพุ่งลงโดยตรงไปยังพื้นผิว และเกิดการสะท้อนของแสงไปยังตัวรับสัญญาณซีซีดี (CCD receptor) วิธีนี้ไม่เหมาะที่จะใช้กับพื้นผิวที่โปร่งแสง หรือพื้นผิวที่

มีการสะท้อนแสงสูง ได้แก่ พื้นผิวของโลหะที่ผ่านการขัดเงา วัสดุสีเหมือนพื้นทีเรียบมัน พื้นผิวที่มีความนูน เนื่องจากจะเกิดการสะท้อนของแสง เลเซอร์ทำให้ได้ค่าที่ไม่ถูกต้อง และยังไม่สามารถตรวจจับคลื่นแสงหรือทำนาย การสะท้อนของแสงได้ ข้อบ่งชี้ของการใช้ไดโอดเลเซอร์ คือ พื้นผิวต้องไม่มันเงา ข้อดีของการใช้ไดโอดเลเซอร์ คือ สามารถวัดพื้นผิวการสึกกร่อนได้อย่างรวดเร็วและไม่มีการทำลายพื้นผิว

2. วิธีที่เครื่องมือมีการสัมผัส (contact equipment) กับพื้นผิวตัวอย่างของเครื่องมือที่มีการสัมผัสพื้นผิว คือเข็มลาก (stylus) ลักษณะของเข็มลากประกอบด้วยความยาวของเข็มลาก (effective length) ความสูงเข็มลาก (shank length) รูปร่าง และรัศมีของส่วนปลายเข็มลาก (tip radius) และจุดหมุน (pivot point) ซึ่งจะลากไปตามพื้นผิวที่ต้องการทดสอบด้วยแรงที่มากกระทำอย่างสม่ำเสมอ ข้อดี คือมีความละเอียดและแม่นยำมากกว่าการใช้ไดโอดเลเซอร์

การวัดการสึกกร่อนพื้นผิว โดยใช้เครื่องวัดความหยาบพื้นผิวทั้ง 2 วิธี ที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถทำการวัดได้ทั้ง 2 มิติ คือแกน x แกน y หรือ 3 มิติ คือแกน x แกน y แกน z โดยเครื่องจะทำการวิเคราะห์พื้นผิว จากนั้นผลของการวัดด้วยเครื่องดังกล่าว จะถูกส่งเป็นสัญญาณเข้าสู่ฮาร์ดแวร์ (hardware) แล้วอ่านตัวเลขออกมาเป็นระบบดิจิทัล รวมทั้งแสดงกราฟออกมาโดยขยายขนาดทั้งความสูงและความยาวเพื่อให้เหมาะกับตาของมนุษย์ ซึ่งจะได้ค่าของจุดสูงสุดและจุดลึกสุด (peak and hole) นอกจากนี้แล้วเครื่องจะแสดงผลออกมาเป็นแถบสี ซึ่งบอกความสูงต่ำของพื้นผิว รวมทั้งการแสดงรูปภาพในรูปแบบ 3 มิติ เมื่อเครื่องสามารถวิเคราะห์พื้นผิวออกมาได้แล้ว จึงใช้คำสั่งให้เครื่องคำนวณค่าพื้นที่ ปริมาตร และความลึกเฉลี่ยออกมา แสดงค่าเป็นตัวเลขดิจิทัลบนหน้าจอ (57)

เครื่องที่วัดความหยาบพื้นผิวแบบ 3 มิติ มีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างไปจากแบบ 2 มิติ (58, 59) ดังต่อไปนี้

ข้อดีของเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวแบบ 3 มิติที่เหนือกว่า 2 มิติ

1. สามารถอ่านค่าพื้นผิวได้ละเอียดกว่า
2. ค่าทางสถิติที่ได้มีความคงที่กว่า
3. สามารถตรวจสอบและวิเคราะห์หาความผิดปกติของพื้นผิวได้ดีกว่า
4. สามารถนำข้อมูลที่ตรวจสอบได้ไปวิเคราะห์ได้หลายวิธี

ข้อด้อยของเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวแบบ 3 มิติ

1. การวัดแต่ละรอบใช้ระยะเวลาานาน
2. ข้อมูลที่วัดได้มีขนาดใหญ่

3. ราคาแพง

การใช้เครื่องวัดความหยابพื้นผิว สามารถบอกรูปร่างการเกิดการทำลายเป็นแอ่งได้ แต่ไม่สามารถบอกการสูญเสียแร่ธาตุในชั้นพื้นผิวที่อ่อนนุ่มได้แอ่งได้ จากข้อด้อยดังกล่าว ทำให้มีการนำเครื่องวัดความหยابพื้นผิวมาตรวจร่วมกับการวัดความแข็งผิวระดับจุลภาค โดยใช้เครื่องวัดความหยابพื้นผิว ในการสร้างภาพรูปร่างแอ่ง ตามด้วยการใช้การวัดความแข็งผิวระดับจุลภาค ในการบอกการสูญเสียแร่ธาตุจากการสึกกร่อนในชั้นพื้นผิวที่อ่อนนุ่มได้แอ่ง จากหลักการเมื่อกรดละลายแร่ธาตุจะทำให้ผิวเคลือบพื้นอ่อนลง หรือมีค่าความแข็งผิวต่ำลง อย่างไรก็ตามพบว่า การใช้สองวิธีร่วมกันยังมีข้อด้อย คือต้องใช้เวลามาก และสามารถใช้ได้เพียงการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (60)

การศึกษาของ Buchalla W. และคณะปี ค.ศ. 2008 ไม่แนะนำให้ดูปริมาณแร่ธาตุจากการวัดความแข็งระดับจุลภาคหรือระดับนาโน วิธีที่แนะนำ คือไมโครเรดิโอกราฟี (61) โดยไมโครเรดิโอกราฟีชนิดตามขวาง ถือเป็นมาตรฐานสากลสำหรับการตรวจ และบอกปริมาณการสึกกร่อนในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากการตัดฟันในแนวขวาง ทำให้ได้ข้อมูลทั้งรูปร่างการเกิดการทำลายเป็นแอ่งได้ และสามารถบอกการสูญเสียแร่ธาตุในชั้นพื้นผิวที่อ่อนนุ่มได้แอ่งได้ แต่เทคนิคนี้ใช้เวลามาก มีการทำลายฟัน รวมทั้งความถูกต้องในการวัดทำได้ยาก เนื่องจากการตัดฟันต้องบาง และขนานเท่านั้นถึงให้ข้อมูลที่ถูกต้อง นอกจากนี้บริเวณพื้นที่รอยโรคอาจสูญเสียไปจากการตัดชิ้นฟัน (60) มีการศึกษาของ Elton และคณะปี ค.ศ. 2009 ได้ทำการเปรียบเทียบการวัดการสึกกร่อน โดยใช้เครื่องวัดความหยابพื้นผิวบอกความลึกของรอยโรค พบว่าค่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ กับค่า Delta Z ที่ได้จากไมโครเรดิโอกราฟี (62)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การขอจริยธรรม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรเป้าหมาย (target population)
พืชมาน้อยซี่ 1 หรือ 2 ที่มีลักษณะรอยโรคจุดขาวจำลองบนผิวเคลือบฟันด้านใกล้แก้ม
2. ประชากรที่ศึกษา (study population)
พืชมาน้อยซี่ 1 หรือ 2 ที่ถูกถอนเพื่อการจัดฟัน โดยผิวเคลือบฟันด้านใกล้แก้ม ไม่พบ รอยผุ รอยอุด รอยแตกร้าว หรือลักษณะที่ผิดปกติต่างๆ ได้แก่ จุดขาวหรือขาวขุ่นคล้าย ซอลึก ฟันเปลี่ยนสี หรือมีรอยขรุขระเป็นหลุมที่มีลักษณะฟันตกกระ
3. กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา (study sample)
พืชมาน้อยซี่ 1 หรือ 2 ที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการในข้อ 2 นำมาสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (simple random sampling) เพื่อจัดเข้าเป็นกลุ่มทดลองและควบคุม

หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกประชากรที่ใช้ในการศึกษา (eligible criteria)

1. เกณฑ์การคัดเลือกเข้า (inclusion criteria)
พืชมาน้อยซี่ 1 หรือ 2 ที่ถูกขัดผิวเคลือบฟันด้านแก้ม ในขั้นตอนการเตรียมขึ้นฟัน ตัวอย่าง แล้วมีพื้นที่บริเวณเคลือบฟันที่ถูกขัดมากกว่า 1×1 มิลลิเมตร ในแนวระนาบ
2. เกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria)
พืชมาน้อยซี่ 1 หรือ 2 ที่ถูกขัดผิวเคลือบฟันด้านแก้ม ในขั้นตอนการเตรียมขึ้นฟัน ตัวอย่าง แล้วมีพื้นที่บริเวณเคลือบฟันที่ถูกขัดน้อยกว่า 1×1 มิลลิเมตร ในแนวระนาบ

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการสีกร่อนของเคลือบฟัน จากเครื่องดื่มน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรดซึ่งวัดโดยเครื่องวัดความหยาบพื้นผิว มีการใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างต่อกลุ่ม ตั้งแต่ 2-18 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 3 ดังนั้น การศึกษาวิจัยนี้จึงกำหนดจำนวนตัวอย่างต่อกลุ่มไว้เท่ากับ 20 ขึ้นต่อกลุ่ม

ตารางที่ 3 แสดงขนาดกลุ่มตัวอย่างการศึกษาที่ผ่านมา

จำนวนตัวอย่างต่อกลุ่ม	ปี ค.ศ.	ผู้วิจัย
11	1998	Rugg-Gunn และคณะ(64)
18	2004	Hooper และคณะ(65)
12	2005	Attin และคณะ(54)
4	2007	Kitchens และOwens(55)

สิ่งแทรกแซง (intervention)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความลึกของรอยโรคจุดขาวที่สึกกร่อนจากการละลายของเครื่องดื่มน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด กับความลึกของรอยโรคจุดขาวที่ใช้วัสดุเรซินไฮคอนทาก่อนสัมผัสเครื่องดื่มน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความลึกของรอยโรคที่เกิดจาก เครื่องดื่มน้ำอัดลมรสโคลา เครื่องดื่มน้ำส้มคั้น และเครื่องดื่มน้ำเกลือแร่ โดยมีการแบ่งกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. กลุ่มควบคุม คือ กลุ่มรอยโรคจุดขาวที่ไม่ใช้วัสดุเรซินไฮคอน และกลุ่มรอยโรคจุดขาวที่แช่ในน้ำปราศจากอิออน
2. กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มรอยโรคจุดขาวที่ใช้วัสดุเรซินไฮคอน และกลุ่มรอยโรคจุดขาวที่แช่ในเครื่องดื่มน้ำอัดลมรสโคลา เครื่องดื่มน้ำส้มคั้น และเครื่องดื่มน้ำเกลือแร่

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย (material and instrument)

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- 1.1 กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (stereo microscopy, ML 9300 MEIJI, Japan)
- 1.2 เครื่องตัดฟันใบเลื่อยเพชรชนิดความเร็วต่ำ (low speed cutting machine, ISOMET™ 1000, Buehler, USA)
- 1.3 เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (pH meter, GP353, EDT, England)
- 1.4 เครื่องขัดผิววัสดุ (polishing machine, DPS 3200, IMPTECH, South Africa)
- 1.5 เครื่องกวนสารด้วยแม่เหล็ก (magnetic stirrer, MR 3003 SD, Eidolph, Germany)

- 1.6 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ ระบบดิจิทัล (digital balance, FA-200, A&D, JAPAN) น้ำหนักสูงสุด 210 กรัม ความละเอียด 0.001 กรัม
- 1.7 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พร้อมเครื่องเขย่า (orbital shaker, IKA Laboratechnik, GERMANY)
- 1.8 ตู้ดูดควัน (fume hood, MJ-G100, Major lab, JAPAN)
- 1.9 ออโตเมติกปิเปต ขนาด 5 มิลลิลิตร (automatic pipette, Rainin, USA)
- 1.10 ตู้เย็นเก็บสารตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
- 1.11 นาฬิกาจับเวลา (timer)
- 1.12 เทอร์มอมิเตอร์ (thermometer)
- 1.13 แบบหล่อซิลิโคน
- 1.14 เครื่องมือรีดแบบหั่วกลม (ball burnisher)
- 1.15 ขวดฉีดล้าง (wash bottle)
- 1.16 เครื่องวัดความหยาบของพื้นผิว (Talyscan 150, Taylor-Hobson Ltd., England) โดยมีหัวลากชนิดปลายเข็มเพชร (diamond stylus) รูปกลม (sphere) มีรัศมี 2 ไมโครเมตร ความละเอียด 0.06 ไมโครเมตร
- 1.17 เครื่องฉายแสง สีน้ำเงินซึ่งมีความยาวคลื่น 400-500 นาโนเมตร (Elipar S10, ESPE 3M, U.S.A.)
- 1.18 อุปกรณ์ตรวจความเข้มของแสง (Model 100 curing radiometer 10503, Kerr, U.S.A.)
- 1.19 ตะแกรงแช่ชิ้นฟันตัวอย่างในเครื่องต้ม และกล่องพลาสติกทนกรด

2. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

- 2.1 สารละลายที่ใช้สำหรับทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ (100 มิลลิลิตร)
 - 2.1.1 กรดแลคติก (Univar, Ajax Finechem, Australia) ความเข้มข้นร้อยละ 85 จำนวน 0.88 มิลลิลิตร
 - 2.1.2 กรดโพลีอะคริลิก (Carbopol C907, Goodrich, U.S.A) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 จำนวน 8 มิลลิลิตร
 - 2.1.3 ไฮดรอกซีอะพาไทต์ (BioRAD, BioRAD Lab, U.S.A) อิมิตัวจำนวน 50 มิลลิกรัม

- 2.1.4 น้ำปราศจากคลอรีน (Labconco, Indiana, U.S.A) จำนวน 92 มิลลิลิตร
- 2.2 น้ำลายเทียม (manufacturer' s formula for Saliva Orthana) (66)
- 2.3 น้ำยาทำลายเชื้อ (disinfectant) สำหรับเก็บแช่ฟันตัวอย่างไทมอล (thymol, MERCK, Germany)
- 2.4 เครื่องดื่มน้ำอัดลมรสโคล่า (Coke, Thainumtip, Thailand)
- 2.5 เครื่องดื่มน้ำส้มคั้นบรรจุกล่องทิปโก้ (Tipco, Tipco F&B CO.Ltd., Thailand)
- 2.6 เครื่องดื่มเกลือแร่เกเตอเวรดกลีนองุ่น (Gatorade, Sermsuk beverage CO.Ltd., Thailand)
- 2.7 เรซินหล่อใส (ศึกษาภัณฑ์พานิช, ประเทศไทย)
- 2.8 เทปกาว (vinyl and polyethylene tapes, ESPE 3M, U.S.A)
- 2.9 ผงขัดฟัน ชนิดไม่มีฟลูออไรด์ (pumice, Shanghai CO.Ltd., Thailand)
- 2.10 กระจกทรายซิลิกอนคาร์ไบด์ (silicon carbide, Leco, U.S.A) แผ่นกลมความละเอียด 600 1000 และ 1200
- 2.11 แบบหล่อโลหะ
- 2.12 กระจกขาว 2 หน้า
- 2.13 วัสดุเรซินไอคอน (Icon®, DMG, Germany)
โดย องค์ประกอบของวัสดุเรซินไอคอน น้ำลายเทียม และเครื่องดื่มที่ใช้ในการทดลองนี้แสดงดังตารางที่ 15 ในภาคผนวก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกตัวอย่าง

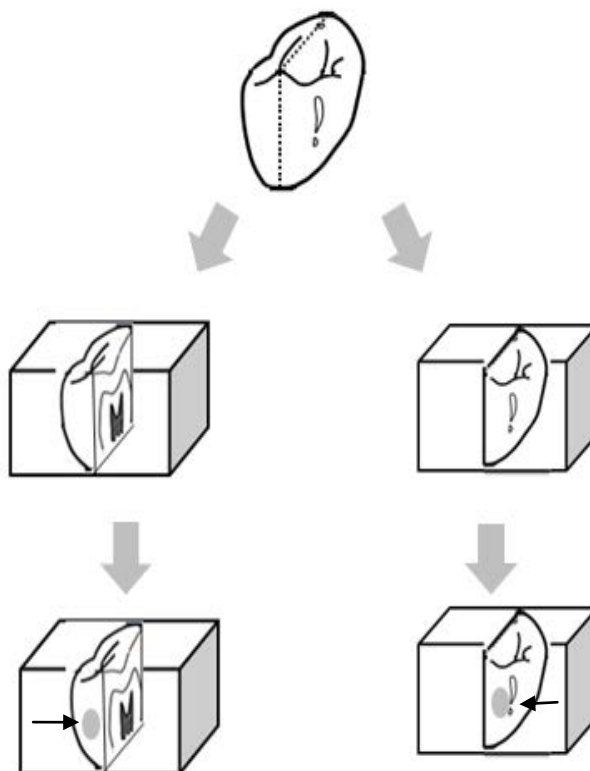
- 1.1 คัดเลือกฟันตัวอย่างที่ถูกถอนจากฟันกรามน้อยของมนุษย์จำนวน 80 ซี่ โดยฟันที่จะนำมาทดสอบนั้น ต้องได้รับอนุญาตจาก จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ 02/2011
- 1.2 เลือกฟันที่มีผิวเคลือบฟันด้านแก้มที่ไม่พบ รอยผุ รอยอุด รอยแตกร้าว และลักษณะที่ผิดปกติต่างๆ ได้แก่ จุดขาวหรือขาวขุ่นคล้ายชอล์ก ฟันเปลี่ยนสี หรือมีรอยขรุขระ เป็นหลุมที่เป็นลักษณะของฟันตกกระ ด้วยตาเปล่า

- 1.3 นำพืชมานำแช่โดยเก็บรักษาพืชมในสารละลายไทมอล ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลาไม่เกิน 3 เดือน ก่อนนำพืชมมาทดสอบให้ล้างพืชมใน สารละลายไทมอล ด้วยน้ำปราศจากไอออน กำจัดหินน้ำลายและเนื้อเยื่อที่เหลือด้วยเครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิค (Ultrasonic scaler) ขัดผิวเคลือบพืชมด้วยผงขัดพืชมชนิดที่ไม่ผสมฟลูออไรด์ โดยใช้หัวขัดยางรูปถ้วย เก็บพืชมในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.9 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การเตรียมชิ้นพืชมตัวอย่างจากพืชมตัวอย่างที่ตัดไว้

- 2.1 การตัดพืชม
- 2.1.1 ตัดรากออกให้เหลือแต่ส่วนตัวพืชมโดยใช้เครื่องตัดใบเลื่อยเพชรชนิดความเร็วต่ำ ISOMET™ 1000
- 2.1.2 ตัดพืชมตัวอย่างแต่ละซี่ ในแนวตั้งทิศทางด้านใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้นออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน โดยใช้เครื่องตัดใบเลื่อยเพชรชนิดความเร็วต่ำ ISOMET™ 1000 เช่นกัน จะได้ชิ้นพืชมตัวอย่างด้านใกล้กลางและด้านไกลกลาง ดังภาพที่ 2
- 2.2 นำชิ้นพืชมตัวอย่างด้านใกล้กลางและด้านไกลกลาง มาฝังลงในเรซิน หล่อใสชนิดบ่มตัวเอง ในแบบพิมพ์ซึ่งมีขนาด 2×3×1.5 เซนติเมตร โดยฝังชิ้นพืชมตัวอย่างให้ด้านแก้มใกล้ผิวบนออก ดังภาพที่ 2
- 2.3 นำชิ้นพืชมตัวอย่างด้านใกล้กลาง และด้านไกลกลางที่ฝังในเรซินหล่อใสมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อคัดเลือกชิ้นพืชมตัวอย่าง โดยด้านแก้มของชิ้นพืชมตัวอย่างต้องไม่พบรอยแตกร้าว มีจุดขาว หรือขาวขุ่นคล้ายชอล์ก ฟันเปลี่ยนสี และมีรอยขรุขระเป็นหลุมที่เป็นลักษณะของฟันตกกระ ถ้ามีชิ้นพืชมตัวอย่างใด มีลักษณะดังกล่าวจะถูกคัดออกจากการทดลอง ชิ้นพืชมตัวอย่างอีกชิ้นที่มาจากพืชมเดียวกันก็จะถูกคัดออกจากการทดลองเช่นกัน
- 2.4 ขัดชิ้นพืชมตัวอย่างที่ฝังในเรซินหล่อใส โดยขัดเรซินหล่อใสที่คลุมผิวเคลือบพืชมออกให้ผิวเคลือบพืชมบริเวณกึ่งกลางพืชมโผล่ โดยใช้กระดาษ ซิลิกอนคาร์ไบด์ เรียงจากเบอร์ 600 1000 และ 1200 และผงอะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide) ขนาด 0.2 ไมครอน โดยวางบนเครื่องขัดพืชม (polishing machine, DPS 3200, IMPTECH) ที่หมุนด้วยความเร็ว 120 รอบ/วินาที เพื่อให้เกิดพื้นผิวแนวระนาบเรียบ

โดยให้ผิวทั้งหมดยังคงอยู่ในชั้นเคลือบฟัน และมีพื้นที่มากกว่า 1×1 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นฟันตัวอย่าง โดยปลายลูกศรชี้แสดงระนาบเรียบของพื้นผิวเคลือบฟัน ที่ฝังในเรซินหล่อใส (ดัดแปลงจาก Wongkhantee et al. Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentine, and tooth-coloured filling materials. J Dent. 2006;34:214-20.)

2.5 เก็บชิ้นฟันตัวอย่างในน้ำปราศจากออกซิเจน ภาชนะปิด ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยชิ้นฟันตัวอย่างทั้งสองส่วน ที่ได้จากฟันซี่เดียวกันจะถูกเก็บในภาชนะเดียวกัน

3. การสร้างรอยโรคจุดขาวจำลอง

3.1 เตรียมสารละลายสำหรับทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ โดยการผสมกรดแลคติก ความเข้มข้นร้อยละ 85 จำนวน 0.88 มิลลิลิตร กรดฟอสฟอริกร้อยละ 0.2 จำนวน 8 มิลลิลิตร ไฮดรอกซีอะปาไทด์ จำนวน 50 มิลลิกรัม น้ำปราศจากออกซิเจน

จำนวน 92 มิลลิลิตร และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4.8 ดัดแปลงจาก White, 1987 (28)

- 3.2 นำชิ้นพื้นตัวอย่างมาแช่ในสารละลายสำหรับทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 168 ชั่วโมง ในภาชนะที่ทนกรดและฝาปิด เพื่อสร้างรอยโรคจุดขาวจำลองในชั้นเคลือบฟัน
- 3.3 นำฟันมาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน แล้วซับให้แห้ง
- 3.4 เก็บชิ้นพื้นตัวอย่างในน้ำปราศจากไอออน ภาชนะปิด ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยชิ้นพื้นตัวอย่างทั้งสองส่วนที่ได้จากฟันซี่เดียวกันจะถูกเก็บในภาชนะเดียวกัน

4. การเตรียมบริเวณทดลองบนชิ้นพื้นตัวอย่าง

- 4.1 ติดเทปกาวบนชิ้นพื้นตัวอย่างด้านใกล้กลางและด้านไกลกลาง โดยติดขนานกันในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง และตั้งฉากกับขอบเรซินหล่อใส่เปิดพื้นผิวเคลือบฟัน ขนาด 1 มิลลิเมตรโดยตลอด ใช้ เครื่องมือรีดแบบหัวกลมกดขอบเทปให้แนบกับชิ้นพื้นตัวอย่าง
- 4.2 ติดเทปกาวขนานกันในแนวสบฟัน-คอฟันบนชิ้นพื้นตัวอย่างด้านใกล้กลาง และด้านไกลกลาง โดยเทปกาวต้องขนานกับขอบเรซินหล่อใส่ และเปิดพื้นผิวเคลือบฟันในแนวดังกล่าวขนาด 1 มิลลิเมตร ใช้ เครื่องมือรีดแบบหัวกลมกดขอบเทปให้แนบกับชิ้นพื้นตัวอย่าง จะได้พื้นผิวเคลือบฟันที่มีรอยโรคจุดขาวจำลองเป็นบริเวณที่ใช้ทดสอบเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมขนาด 1×1 มิลลิเมตร (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แสดงการติดผ้าเทปเพื่อกำหนดพื้นที่ทดลองเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 1×1 มิลลิเมตร และใช้ผ้าเทปเป็นบ่าอ้างอิงสำหรับการวัดการสึกกร่อน

5. การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

5.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่กลุ่มทดลอง

5.1.1 กำหนดหมายเลขประจำซีฟีน แล้วเรียงขึ้นตัวอย่างฟีนตามหมายเลข

5.1.2 แล้วใช้วิธีเลือกตัวอย่างโดยการสุ่มอย่างเป็นระบบ (random allocation: systematic randomization) เพื่อแบ่งตัวอย่างฟีนให้เป็น 4 กลุ่ม คือการเลือกตัวอย่างฟีนตามหมายเลขจากการสุ่ม โดยให้หมายเลขนั้นห่างกันเป็นระยะที่เท่าๆกันตามจำนวนกลุ่ม ในที่นี้คือ เลือกหมายเลขถัดไปให้ห่างจากหมายเลขแรกทีละ 4 ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยตัวอย่างฟีนหมายเลขต่างๆดังนี้

- กลุ่มที่ 1 แซ่เครื่องตีมน้ำอัดลมรสโคล่า ได้แก่ ตัวอย่างฟีนหมายเลข 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29, 33, 37, ..., 77
- กลุ่มที่ 2 แซ่เครื่องตีมน้ำส้มคั้นบรรจุกล่องทึบโก้ ได้แก่ ตัวอย่างฟีนหมายเลข 2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 34, 38, ..., 78
- กลุ่มที่ 3 แซ่เครื่องตีมเกลือแร่กลืนองุ่น ได้แก่ ตัวอย่างฟีนหมายเลข 3, 7, 11, 15, 19, 23, 27, 31, 35, 39, ..., 79
- กลุ่มที่ 4 แซ่น้ำปราศจากออลอน ได้แก่ ตัวอย่างฟีนหมายเลข 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, ..., 80

5.2 การกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กำหนดหมายเลขประจำตัวอย่างฟีน โดยหมายเลขประจำตัวอย่างฟีนจะประกอบด้วย

- เลขอารบิก แสดงหมายเลขของซีฟีนตั้งแต่ 1 ถึง 80 ดังที่กล่าวไปแล้ว โดยตัวอย่างฟีนที่มาจากซีเดียวกัน จะมีหมายเลขเดียวกัน
- พยัญชนะไทย แสดงกลุ่มทดลอง หรือกลุ่มควบคุม คือ ก แสดงกลุ่มควบคุม และ ข แสดงกลุ่มทดลอง

5.2.1 เขียนหมายเลขประจำตัวฟีนไว้ได้ภาษาละ 2 ภาษาคู่กัน คือ 1ก และ 1ข เพื่อให้ไม่ให้มองเห็นหมายเลข

5.2.2 ทำการแบ่งกลุ่มแบบง่าย (simple randomization) โดยให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทดลองสุ่มหยิบขึ้นตัวอย่างฟีนทั้ง 2 ตัวอย่างที่มาจากฟีนซีเดียวกันใน

ภาษาชนะของกลุ่มที่ 1 ออกมาได้ในภาษาชนะที่เขียนหมายเลขประจำตัวฟันไว้ได้
ภาษาชนะ ภาษาชนะละ 1 ตัวอย่าง

5.2.3 ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 5.2.1 และ 5.2.2 ในกลุ่มที่ 1 (ตามตารางที่ 4) จนครบ
ทั้ง 20 ภาษาชนะ โดยเปลี่ยนหมายเลขหน้าหน้าไปจนถึง 20 เช่น 2ก, 2ข,...,20ก,
20ข

5.2.4 ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 5.2.1 5.2.2 และ 5.2.3 ในกลุ่มที่ 2 จนครบทั้ง 20
ภาษาชนะ โดยเปลี่ยนหมายเลขหน้าหน้าตั้งแต่ 11 จนถึง 20 เช่น 21ก, 21ข,...,
40ก, 40ข

5.2.5 ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 5.2.1 5.2.2 และ 5.2.3 ในกลุ่มที่ 3 จนครบทั้ง 20
ภาษาชนะ โดยเปลี่ยนหมายเลขหน้าหน้าตั้งแต่ 21 จนถึง 30 เช่น 41ก, 41ข,...,
60ก, 60ข

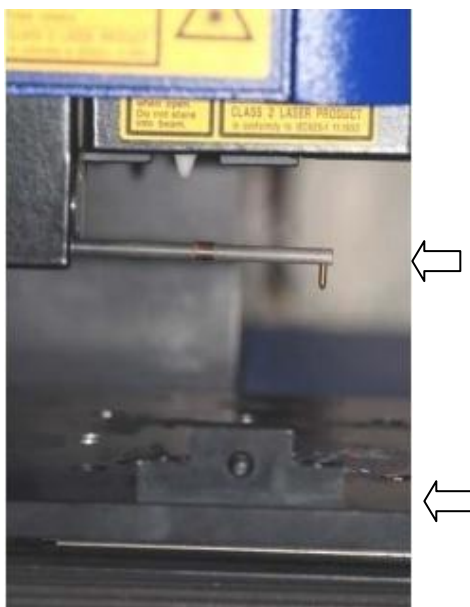
5.2.6 ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 5.2.1 5.2.2 และ 5.2.3 ในกลุ่มที่ 4 จนครบทั้ง 20
ภาษาชนะ โดยเปลี่ยนหมายเลขหน้าหน้าตั้งแต่ 31 จนถึง 40 เช่น 61ก, 61ข,...,
80ก, 80ข ดังตัวอย่างตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การกำหนดกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง

กลุ่มที่	ชนิดของเครื่องดื่ม	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง(Icon®)
1	เครื่องดื่มน้ำตาลผสมรสโคล่า	1ก	1ข
	:	:	:
2	เครื่องดื่มน้ำตาลผสมรสโคล่า	20ก	20ข
	เครื่องดื่มน้ำตาลผสมรสคั้นบรรจุกล่องทิปโก้	21ก	21ข
3	:	:	:
	เครื่องดื่มน้ำตาลผสมรสคั้นบรรจุกล่องทิปโก้	40ก	40ข
4	เครื่องดื่มเกลือแร่กลีนิ่ง	41ก	41ข
	:	:	:
4	เครื่องดื่มเกลือแร่กลีนิ่ง	60ก	60ข
	น้ำปราศจากออลอน	61ก	61ข
	:	:	:
	น้ำปราศจากออลอน	80ก	80ข

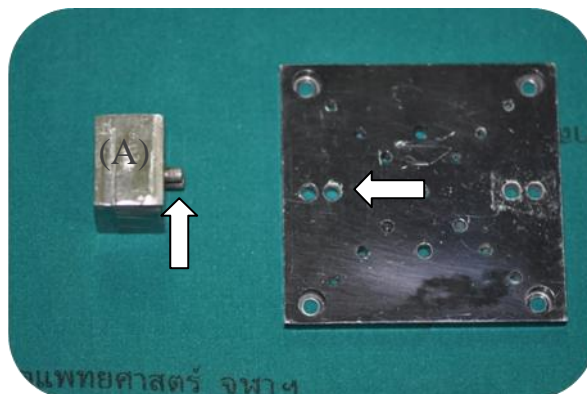
6. การอ่านค่าพื้นผิวของชิ้นพื้นตัวอย่างก่อนการทดลอง

- 6.1 การตั้งเครื่องวัดความหยาบของพื้นผิวทำภายใต้สภาวะที่ควบคุมดังนี้ อุณหภูมิในห้องก่อนเริ่มทดสอบอยู่ที่ 24-25 องศาเซลเซียส นำชิ้นตัวอย่างออกจากตู้ควบคุมอุณหภูมิ ใช้คีมปากคีบแบน (forcep) จับชิ้นตัวอย่างขึ้นจากน้ำปราศจากอ็อกซิเจน ใช้หัวเป่าลมและน้ำแบบสามทางเป่าให้แห้ง วางชิ้นตัวอย่างทิ้งในห้องที่อุณหภูมิ 24-25 องศาเซลเซียส หนึ่งชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิของชิ้นตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ขณะวัดเครื่องทดสอบความหยาบพื้นผิว จะต้องไม่ถูกรบกวนโดยแรงกระแทก ตรวจสอบความสะอาดชิ้นพื้นตัวอย่างแบบหล่อโลหะ และฐานของเครื่องวัดความหยาบ (ภาพที่ 4)

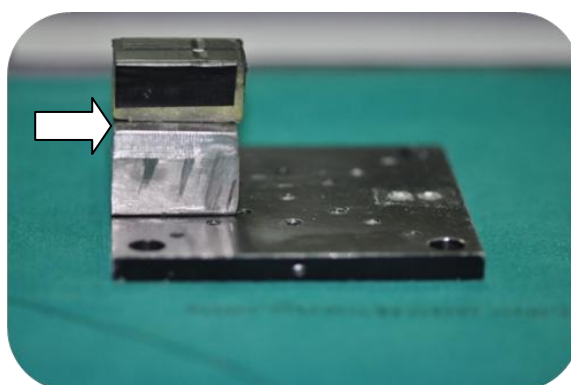


ภาพที่ 4 ลูกศรชี้แสดงเข็มฉลากของเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวและฐานของเครื่องวัด

- 6.2 กำหนดตำแหน่งของชิ้นพื้นตัวอย่างในการทดสอบ ให้อยู่ตำแหน่งเดิม (แกน x และแกน y) ทั้งก่อนและหลังแช่เครื่องวัด เตรียมโดยนำชิ้นพื้นตัวอย่างที่ฝังอยู่ในเรซินหล่อใสมาติดกับแบบหล่อโลหะ โดยใช้กระดาษกาวสองหน้าติดที่ฐานเรซินหล่อใส แล้วติดที่มุมซ้ายล่างของแบบหล่อโลหะ แล้วใช้กาวไซยาโนอะครีเลต ติดด้านข้างซ้ายเพื่อป้องกันการขยับ และติดตั้งแบบหล่อโลหะโดยแทงเหล็กทรงกระบอก 2 อันที่ฐาน (ภาพที่ 5) ซึ่งสามารถยึดติดแน่นกับช่องที่ฐานของเครื่องวัดความหยาบของพื้นผิว (ภาพที่ 6)



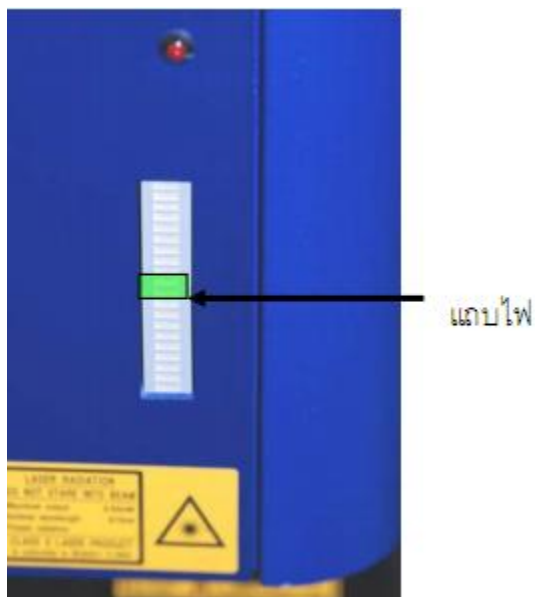
ภาพที่ 5 แบบหล่อโลหะ (A) มีแท่งเหล็กทรงกระบอก 2 อันที่ฐาน (ลูกศรชี้) ซึ่งสามารถยึดติดแน่นกับช่องที่ฐานของเครื่องวัดความหยาบพื้นผิว



ภาพที่ 6 การนำชิ้นพื้นตัวอย่างที่ฝังอยู่ในเรซินหล่อใส มาติดกับแบบหล่อโลหะ (ลูกศรชี้) เพื่อให้ชิ้นพื้นอยู่ในตำแหน่งเดิมทั้งก่อนและหลังแช่เครื่องวัด

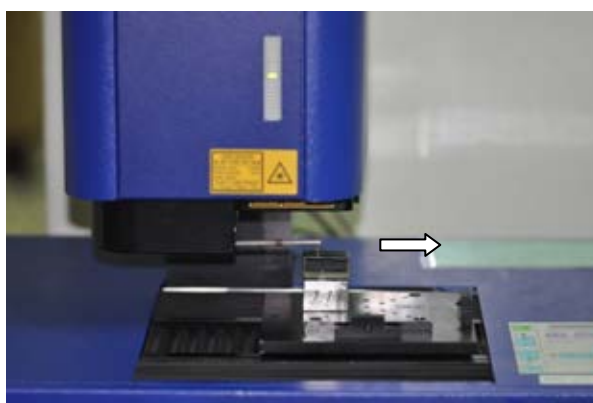
6.3 การตั้งเครื่องวัดความหยาบพื้นผิว

6.3.1 เมื่อวางชิ้นตัวอย่างติดกับเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวเรียบร้อยแล้ว เคลื่อนปลายเข็มลาก ในแนวแกน Z มาสัมผัสบริเวณที่จะวัดก่อน กำหนดระดับที่พอเหมาะในการวัดของเข็มลาก โดยจะแสดงเป็นแถบไฟอยู่ตำแหน่งตรงกลาง (ภาพที่ 7)

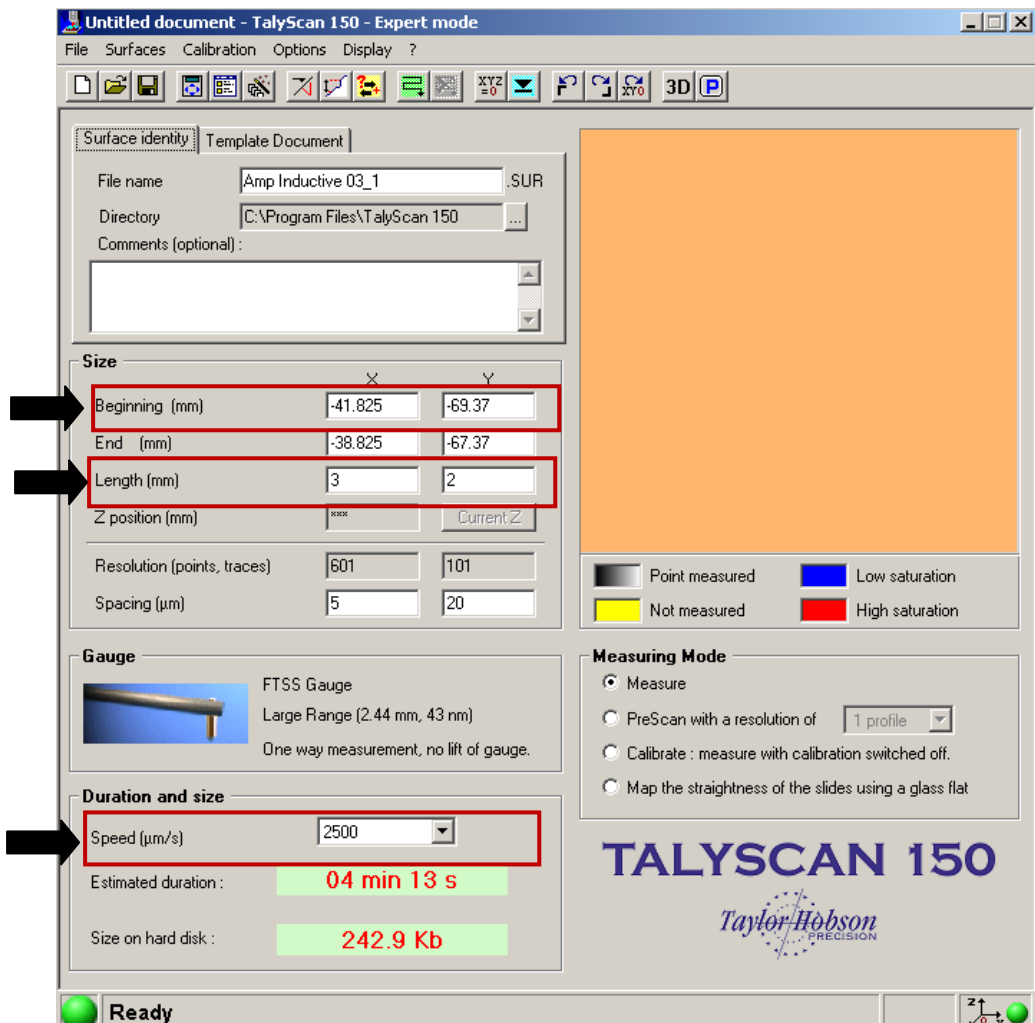


ภาพที่ 7 การตั้งเครื่องวัดความหนาพื้นผิว โดยกำหนดเคลื่อนปลายเข็มลากแนวแกน Z มาสัมผัสบริเวณที่จะวัดก่อน กำหนดระดับที่พอเหมาะในการวัดของเข็มลาก โดยจะแสดงเป็นแถบไฟอยู่ตำแหน่งตรงกลางดังลูกศรชี้

6.3.2 กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นที่จะวัดในแนวแกน X และแนวแกน Y (ภาพที่ 8) โดยเลื่อนเข็มลากไปในตำแหน่งที่จะวัด ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่บนผ้าเทป เครื่องจะอ่านค่าตำแหน่งที่ต้องการวัดเป็น ตัวเลข บนที่ค่าจุดเริ่มต้น X และแนวแกน Y ไว้ลงในช่อง "Beginning" ซึ่งแสดง (ภาพที่ 9)



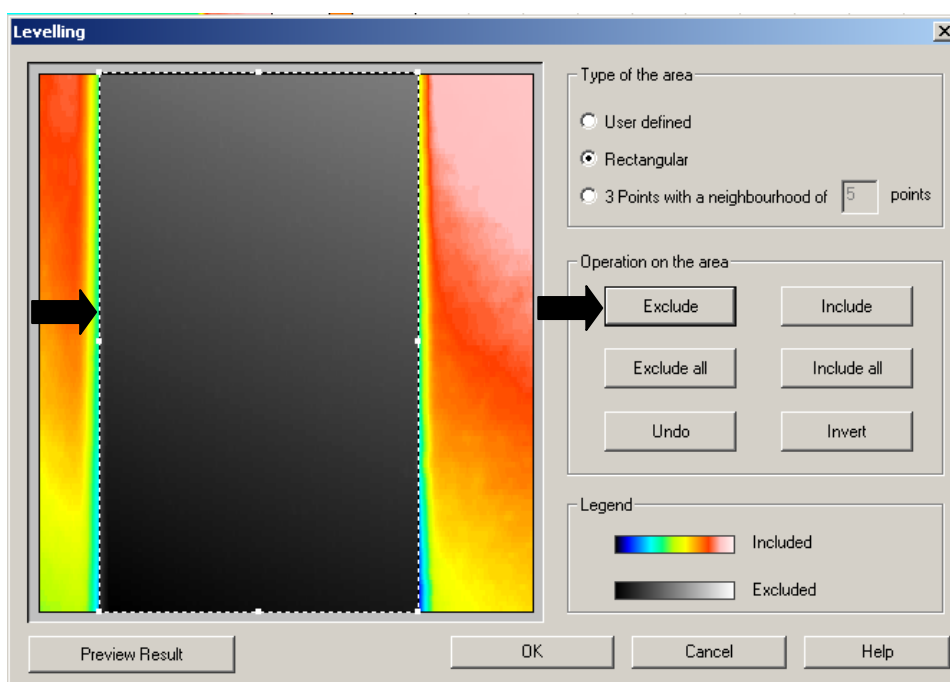
ภาพที่ 8 แสดงการวัดในแนวแกน X และแนวแกน Y โดยเข็มลากที่จะวัดเริ่มจากบ่าผ้าเทปซ้ายไปขวา



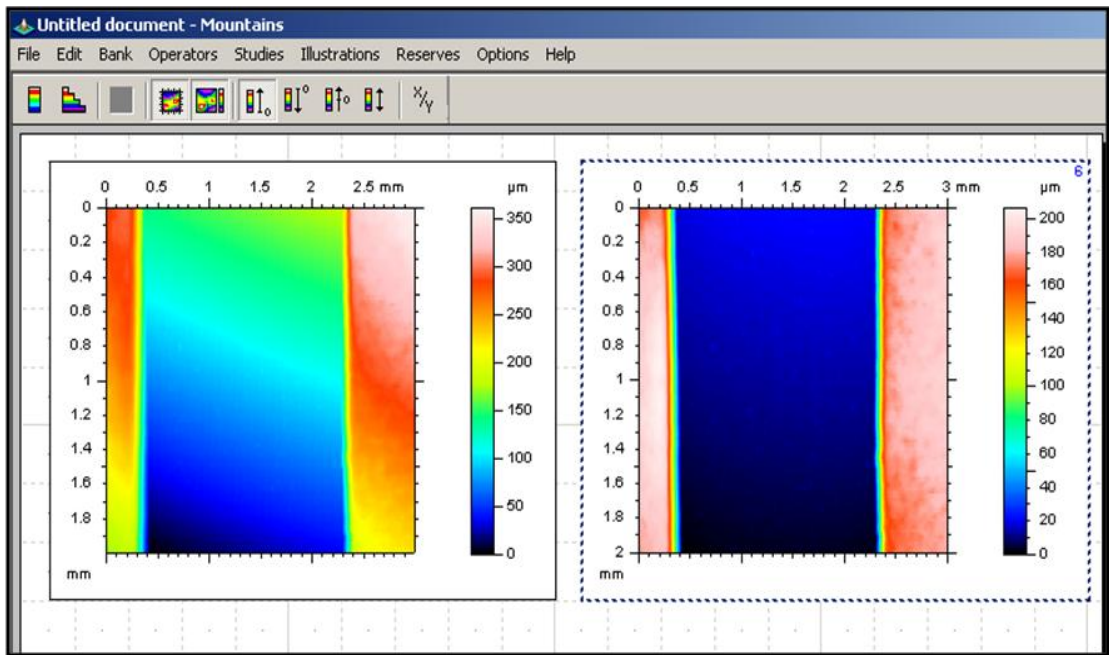
ภาพที่ 9 แสดงการกำหนดจุดวัดเริ่มต้นที่จะวัดในแนวแกน X, Y เครื่องจะอ่านค่าตำแหน่งที่ต้องการวัดเป็นตัวเลข บันทึกค่าจุดเริ่มต้น X, Y ไว้ลงในช่อง “Beginning” (ลูกศรชี้) และแสดงการกำหนดพื้นที่ที่ต้องการให้เครื่องอ่านค่า ในช่อง “Length” (ลูกศรชี้) ตามแนวแกน X และความยาวตามแนวแกน Y (ลูกศรชี้) รวมถึงแสดงการระบุความเร็วในการวัดในช่อง “Speed” (ลูกศรชี้)

6.3.3 กำหนดพื้นที่ที่ต้องการให้เครื่องอ่านค่า โดยกำหนดความยาว (length) ตามแนวแกน X = 2 มิลลิเมตร และความยาวตามแนวแกน Y = 1 มิลลิเมตร วัดด้วยความเร็วหัวเข็มคองที่ 2500 ไมโครเมตรต่อวินาที นำเฉพาะพื้นที่ที่วัดไปคำนวณซึ่งมีขนาดความยาว x ความกว้าง = 1 x 1 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 9

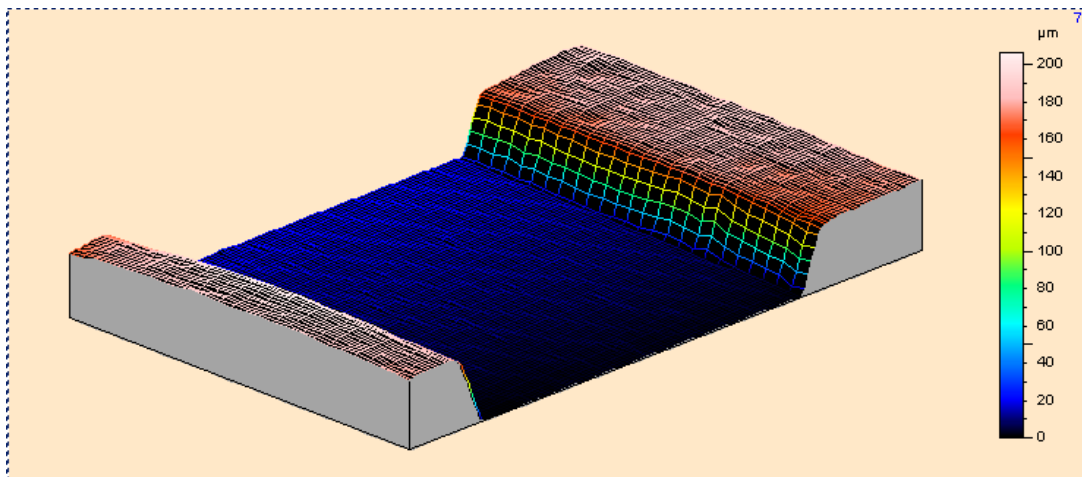
- 6.4 การวัดใช้ฟังก์ชัน (function) โปรแกรมของเครื่องวัดความหยابพื้นผิว (ภาพที่ 10) ก่อนการทดลอง ดังนี้ เมื่อเครื่องมืออ่านค่าพื้นผิวเสร็จ จะแสดงเป็นภาพพื้นผิวได้ดังภาพที่ 11 หลังจากนั้นใช้ฟังก์ชันคำสั่ง “Leveling” เพื่อกำหนดให้เครื่องปรับระดับด้านข้างของพื้นผิวบริเวณที่เป็นผ้าเทปทั้งสองข้างให้ได้ระดับเดียวกัน ทำโดยเลือกพื้นที่ที่ต้องการปรับระดับเป็นกรอบสี่เหลี่ยมดังที่แสดงเป็นเส้นประในภาพที่ 10 จะได้พื้นผิวที่ปรับระดับด้านข้างแล้วดังภาพที่ 12



ภาพที่ 10 แสดงการใช้ฟังก์ชันคำสั่ง “Leveling” . โดยเลือกพื้นที่ตรงกลางที่ไม่ต้องการให้ปรับระดับเป็นกรอบสี่เหลี่ยมดังที่แสดงเป็นเส้นประ (ลูกศรชี้) แล้วเลือกใช้ฟังก์ชัน “Exclude” (ลูกศรชี้) เพื่อปรับระดับเฉพาะบ่าข้างอิงสองข้าง



ภาพที่ 11 แสดงภาพที่เครื่องวัดความหยาบพื้นผิวอ่านค่าพื้นผิวเสร็จโดยแสดงเป็นภาพพื้นผิวทางซ้าย ส่วนภาพขวาแสดงภาพพื้นผิวหลังใช้คำสั่ง “Leveling”



ภาพที่ 12 แสดงภาพสามมิติของพื้นผิวหลังใช้คำสั่ง “Leveling”

7. วัดค่าความเป็นกรดต่างของเครื่องต้ม

ทำการวัดค่าความเป็นกรดต่างของเครื่องต้มที่จะนำมาทดสอบทั้ง 3 ชนิดด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH meter) บันทึกค่าที่ได้ เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยความเป็นกรดต่างของเครื่องต้มแต่ละชนิด นอกจากนี้ยังพิจารณาค่าไตรเตรตเทเบิล แอซิดิตี (titratable acidity) ซึ่งทำการวัดโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 M เติมนในเครื่องต้มแต่ละชนิดปริมาตร 20 มิลลิลิตร จนกระทั่งค่าความเป็นกรดต่างของเครื่องต้มเท่ากับ 7 (67)

8. ขั้นตอนการแช่ขึ้นฟันทัวอย่างในเครื่องต้ม

- 8.1 เตรียมภาชนะพลาสติกทนกรดขนาด 2,000 มิลลิลิตร จำนวน 20 กล่อง โดย 10 ภาชนะแรกใส่เครื่องต้มลงไป 10 ภาชนะที่เหลือใส่น้ำลายเทียมภาชนะละ 450 มิลลิลิตร
- 8.2 นำขึ้นตัวอย่างโดยคว่ำผิวเคลือบฟันทันด้านซิดแก้มจำนวน 40 ชิ้น วางบนตะแกรงลงในเครื่องต้มตามกลุ่มที่แบ่งไว้ โดยเริ่มแช่เครื่องต้มก่อน 5 วินาที ตามด้วยแช่น้ำลายเทียม 5 วินาที สลับกันไปรวมทั้งหมด 10 รอบ โดยแช่ในเครื่องต้ม 10 กล่อง และน้ำลายเทียม 10 กล่องโดยไม่ซ้ำกัน ที่อุณหภูมิห้อง ($25 \pm 1^{\circ}\text{C}$)
- 8.3 นำขึ้นตัวอย่างขึ้นจากเครื่องต้ม ล้างด้วยน้ำกลั่นซับบ้างให้แห้ง นำขึ้นฟันทัวอย่างมาแช่ในน้ำปราศจากอ็อกโซน 6 ชั่วโมง ในภาชนะปิด ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยขึ้นฟันทัวอย่างทั้งสองส่วนที่ได้จากฟันทันเดียวกันจะถูกเก็บในภาชนะเดียวกัน
- 8.4 ทำซ้ำแบบเดิมอีกสองรอบตามข้อ 8.1 8.2 และ 8.3 โดยรอบสุดท้ายหลังแช่เครื่องต้มจะนำมาทดสอบ โดยไม่ต้องนำขึ้นฟันทัวอย่างมาแช่ในน้ำปราศจากอ็อกโซนอีกครั้ง โดยจะนำขึ้นตัวอย่างมาล้างด้วยน้ำกลั่น ใช้หัวเป่าลมและน้ำแบบสามทางเป่าให้แห้ง วางขึ้นตัวอย่างทิ้งในห้องที่อุณหภูมิ 24-25 องศาเซลเซียสหนึ่งชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิของขึ้นตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง

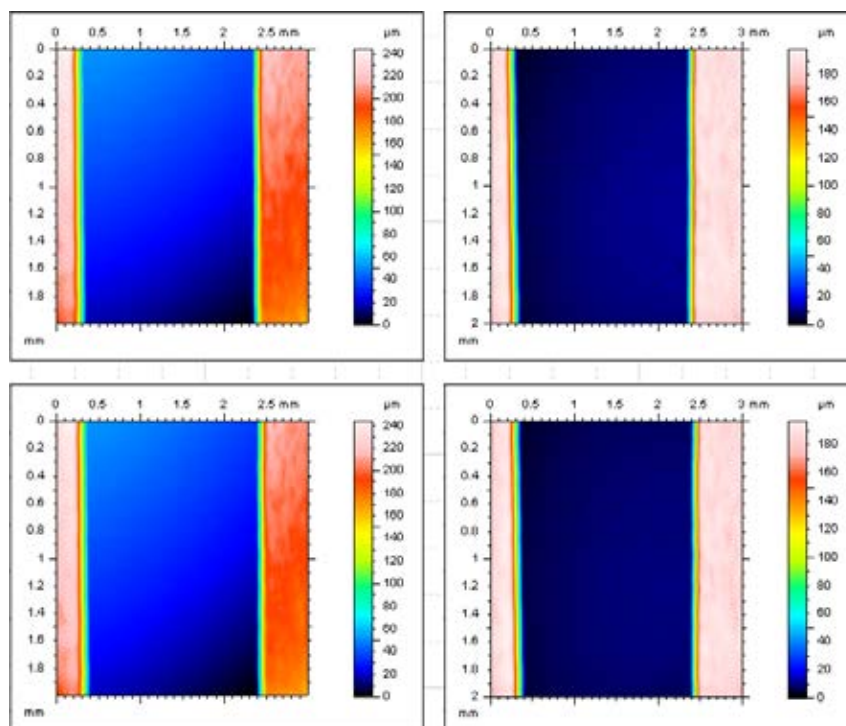
9. การอ่านค่าฟันทัวและการหาการสึกกร่อนของขึ้นฟันทัวอย่างหลังการแช่เครื่องต้ม

- 9.1 การวัดต้องทำภายใต้สภาวะควบคุมที่กำหนดไว้ตามข้อ 6
- 9.2 นำขึ้นตัวอย่างที่ติดกับแบบหล่อโลหะ ไปยึดติดกับฐานของเครื่องวัดความหยาบฟันทัว โดยตั้งที่ตำแหน่งเดิม กำหนดตำแหน่งเข็มฉากในแนวแกน Z ก่อน และวัดที่

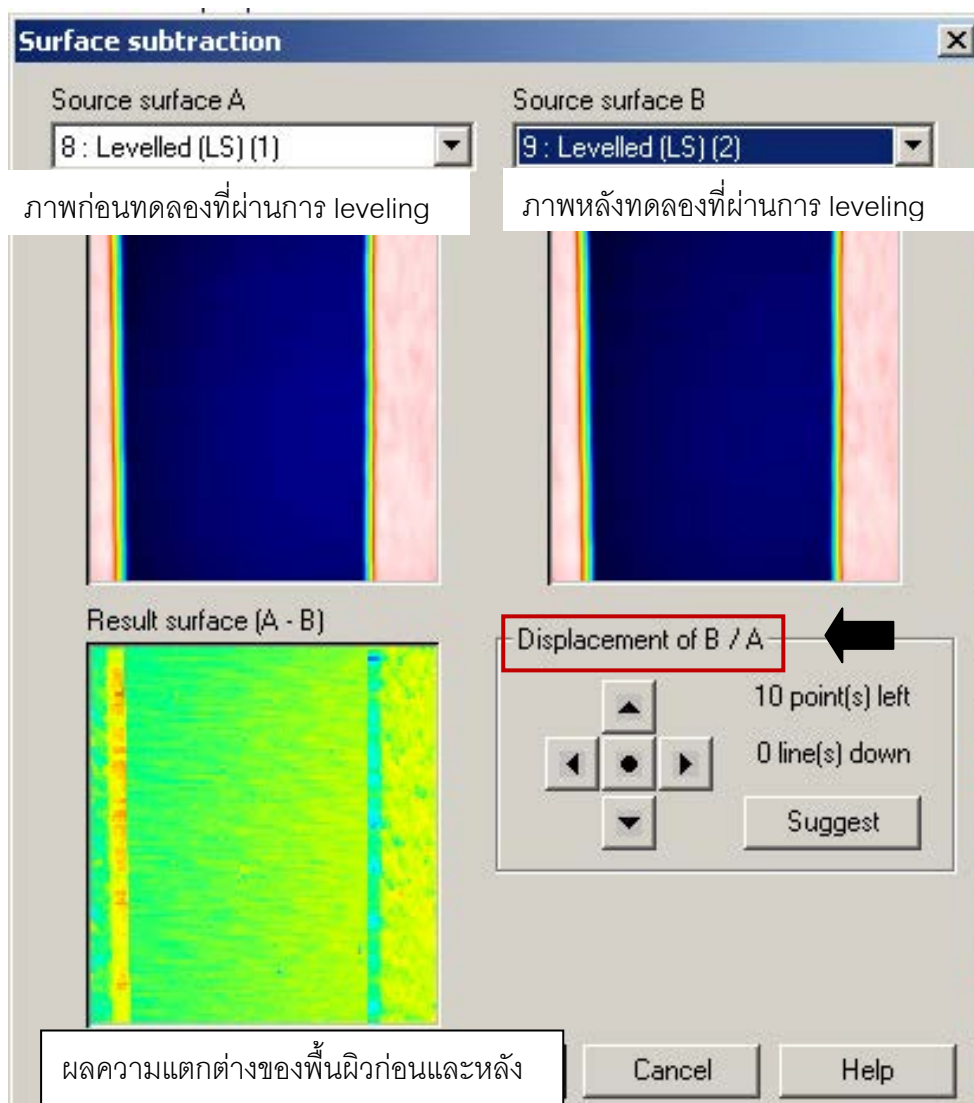
ตำแหน่งเดิมโดยใส่ค่าแกน X และแกน Y เดิมก่อนการทดลองในช่อง “Beginning” แล้วกำหนดให้เครื่องอ่านค่าพื้นผิวที่ตำแหน่งเดิม กำหนดความยาว ตามแนวแกน X = 2 มิลลิเมตร และความยาวตามแนวแกน Y = 1 มิลลิเมตร วัดด้วยความเร็วหัวเข็มคงที่ 2500 ไมโครเมตรต่อวินาที (ภาพที่ 9)

9.3 เมื่อเครื่องอ่านค่าพื้นผิวหลังทดลองเสร็จ ใช้ฟังก์ชันคำสั่ง “Leveling” ในภาพที่ได้หลังทดลอง (ภาพที่ 13) กำหนดให้เครื่องปรับระดับด้านข้างของพื้นผิวบริเวณผ้าเทปทั้งสองข้างให้ได้ระดับเดียวกันตามวิธีข้อ 6 ที่กล่าวไว้

9.4 ใช้ฟังก์ชันคำสั่ง “Surface subtraction” เพื่อกำหนดให้เครื่องคำนวณหาความแตกต่างของพื้นผิวก่อนและหลังทดลอง โดยเลือกใช้พื้นผิวที่ปรับระดับด้านข้างก่อนการทดลอง ลบด้วยหลังการทดลอง (ภาพที่ 14) จะได้ภาพพื้นผิวใหม่ที่แสดงความแตกต่างของก่อนและหลังการทดลอง ในคำสั่ง “Surface subtraction” จะมีคำสั่ง “Displacement” อยู่เพื่อแก้ปัญหากรณีมีการขยับของชิ้นงานเล็กน้อย ก่อนหลังในที่นี่จะใช้คำสั่ง “Displacement” ตามโปรแกรม “Suggest” ของเครื่องวัดความหยาบพื้นผิว

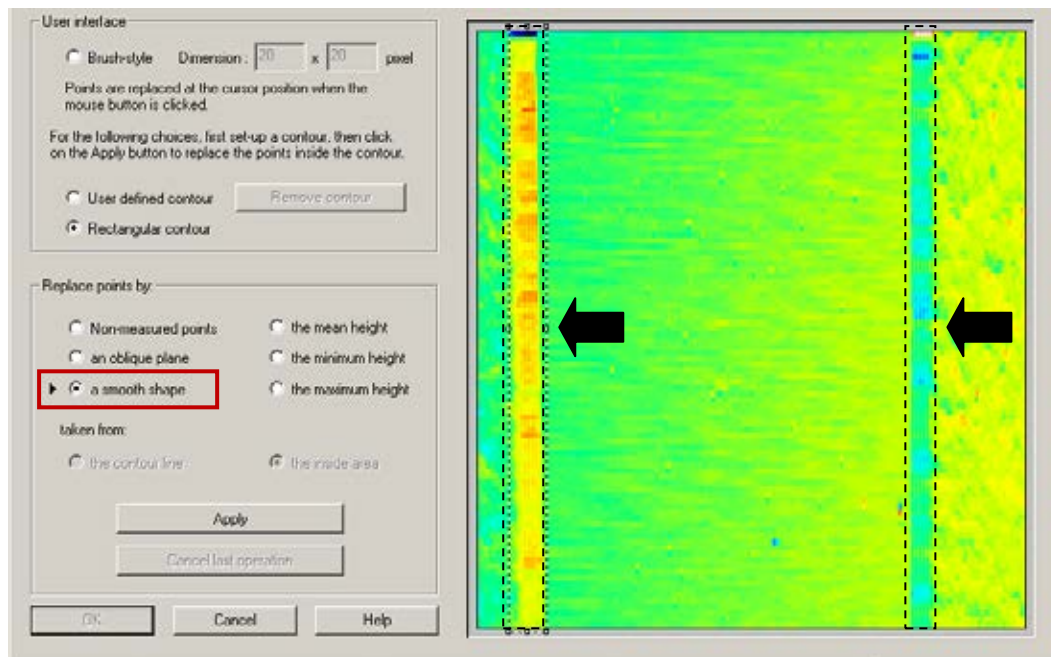


ภาพที่ 13 แสดงพื้นผิวขึ้นพื้นตัวอย่าง โดยภาพบนแสดงพื้นผิวก่อนทดลองและภาพล่างแสดงพื้นผิวหลังการทดลอง ส่วนภาพซ้ายแสดงพื้นผิวก่อน “Leveling” และภาพขวาล่างแสดงพื้นผิวหลัง “Leveling”



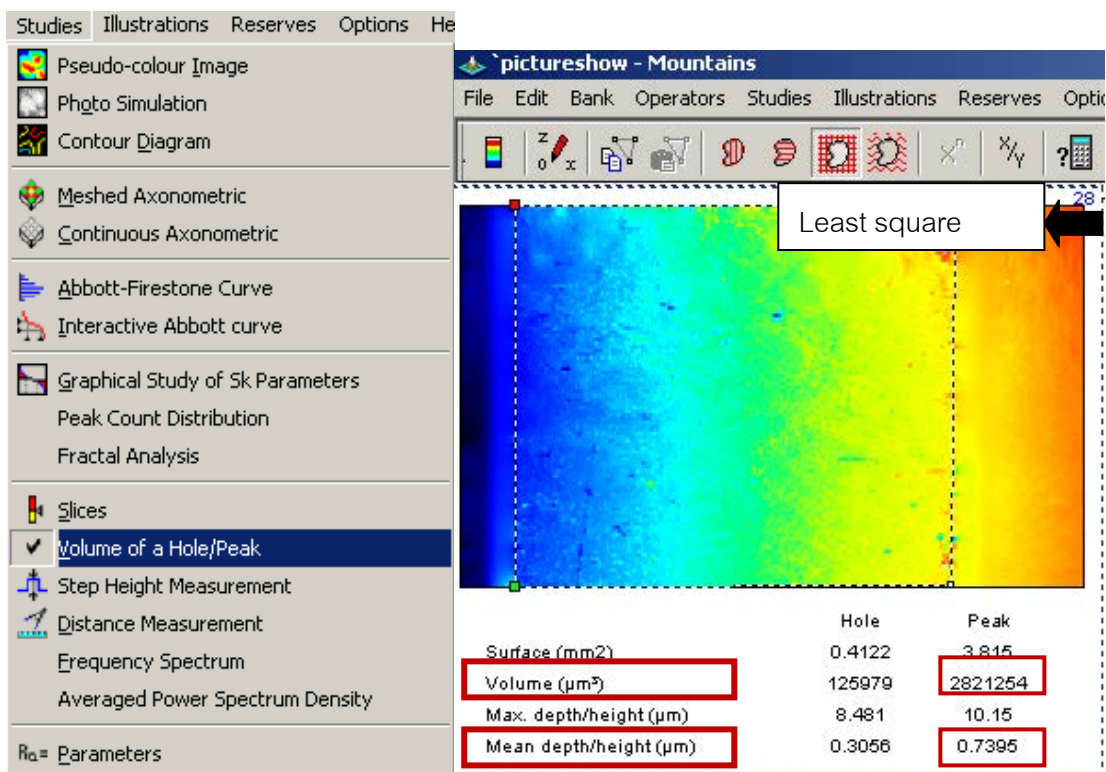
ภาพที่ 14 แสดงการใช้ฟังก์ชันคำสั่ง “Surface subtraction” โดยเลือกใช้พื้นผิวที่ปรับระดับด้านข้างก่อนการทดลองลบด้วยหลังการทดลอง จะได้ภาพพื้นผิวใหม่ที่แสดงความแตกต่างของก่อนและหลังการทดลอง

- 9.5 ใช้คำสั่ง “Erase defect” เพื่อแก้ไข ข้อบกพร่องของภาพบริเวณรอยต่อของบ่าผ้า เทปกกับพื้นผิวชิ้นพันตัวอย่างที่ต้องการศึกษา โดยกำหนดพื้นที่ที่ต้องการแก้ไขเป็น บริเวณเส้นประ (ภาพที่ 15) แล้วเลือกคำสั่งแก้ไขพื้นที่ยังกล่าวเป็น “ A smooth shape”



ภาพที่ 15 แสดงการใช้คำสั่ง “Erase defect” โดยกำหนดพื้นที่ที่ต้องการแก้ไขเป็นบริเวณเส้นประดังตำแหน่งที่ถูกครีซี แล้วเลือกคำสั่งแก้ไขพื้นที่ดังกล่าวเป็น “a smooth shape”

- 9.6 คำนวณหาพื้นที่ของภาพพื้นผิวที่แก้ไขแล้ว โดยใช้ฟังก์ชันคำสั่ง “Volume of hole and peak” โดยจะเลือกใช้คำสั่ง “Least square plane” เพื่อเป็นการเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ที่ต้องการศึกษากับพื้นที่ที่เป็นป่าอ้างอิงสองข้าง โดยต้องกำหนดพื้นที่ที่ต้องการวัดเป็นเส้นประเพื่อคำนวณจะได้พื้นที่ ปริมาตร และความลึกเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปของแต่ละชั้นตัวอย่างทั้งค่าส่วนหลุม (hole) และส่วนยอด (peak) ซึ่งในที่นี้จะเลือกใช้ส่วนยอด (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 แสดงการใช้คำสั่ง Volume of hole and peak โดยฟังก์ชัน Least square plane จะได้ค่าปริมาตร และความลึกเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปของพื้นผิวที่สึกกร่อนจากการแซ่เครื่องเดิม โดยในการศึกษานี้เลือกดูเฉพาะส่วนยอดและแสดงการกำหนดพื้นที่ที่ต้องการวัดเป็นเส้นประเพื่อคำนวณ

10. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงแต่ละขั้นตอนของชั้นพื้นตัวอย่างที่ใช้เรซินไอคอน

และการทดสอบการสึกกร่อนของชั้นพื้นตัวอย่างที่ใช้เรซินไอคอนหลังแซ่เครื่องเดิม

- 10.1 นำชั้นพื้นตัวอย่างที่มีการเตรียมบริเวณที่ทดลอง พร้อมทั้งสุ่มให้เป็นกลุ่มทดลอง มาวัดพื้นผิวเริ่มต้นโดยเครื่องทดสอบความหยาบของพื้นผิว ตามข้อ 4 5 และ 6 มาใช้ผลิตภัณฑ์ไอคอน
- 10.2 ทาเจลกรด (Icon®-Etch) ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำโดยใช้หัวเป่าลมและน้ำแบบสามทาง อย่างน้อย 30 วินาที เสร็จแล้วเป่าให้แห้ง ทำการหาความลึกจากการสึกกร่อนของชั้นตัวอย่างจากทาเจลกรดโดยวิธีตามข้อ 9
- 10.3 ทาสารเอธานอล (Icon®-Dry) ประมาณครึ่งของกระบอกฉีดยาที่ให้ในผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 30 วินาที ทำให้พื้นแห้ง
- 10.4 ทาสารเรซิน (Icon®-Infiltrant) เป็นเวลา 3 นาที ทำการเป่าลมด้วยหัวเป่าลมและน้ำแบบสามทาง เป็นเวลา 15 วินาที เพื่อให้เรซินกระจายโดยทั่วและมีเรซินปกคลุม

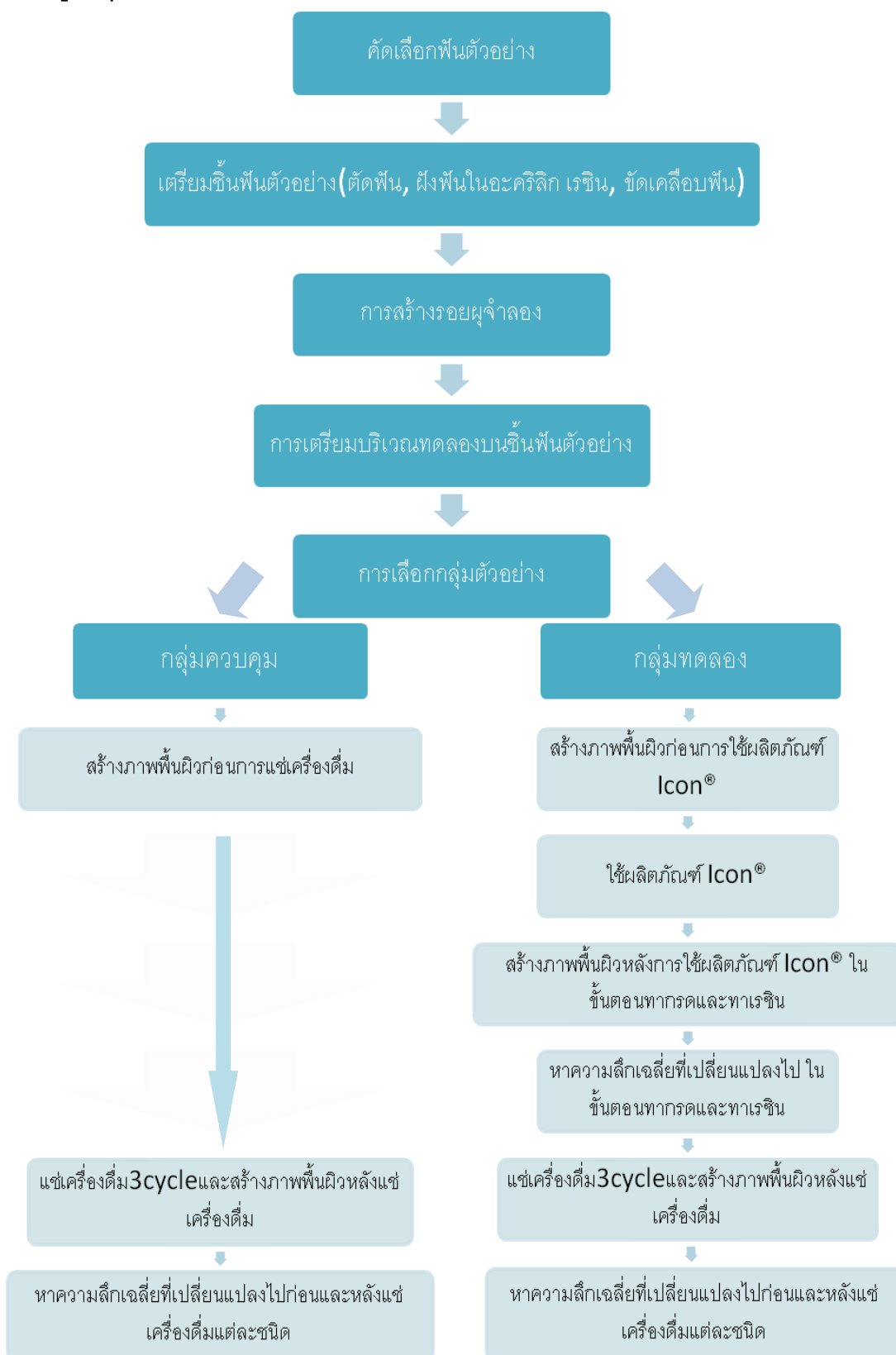
บนพื้นผิวน้อยที่สุด ใช้สำลีซับส่วนเกิดที่ผิวเทปพลาสติก ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที

- 10.5 ทำเหมือนข้อ 10.4 ซ้ำอีก แต่ทาเรซินเป็นเวลาแค่ 1 นาที หลังจากนั้นทำการหาความหนาของเรซินที่ทาบนพื้นผิวชิ้นพื้นตัวอย่าง โดยใช้วิธีตามข้อ 6 และข้อ 9 โดยกำหนดให้เครื่องคำนวณหาความแตกต่างของพื้นผิวหลังทาเจลกรด และหลังทาเรซิน โดยเลือกใช้พื้นผิวที่ปรับระดับด้านข้างหลังทาเรซิน ลบด้วยหลังทาเจลกรด จะได้ภาพพื้นผิวใหม่ที่แสดงความหนาของเรซิน
- 10.6 นำชิ้นพื้นตัวอย่างที่ใช้ผลิตภัณฑ์ไอคอนเรียบร้อยมาแช่เครื่องต้มตามข้อ 8
- 10.7 ทำการทดสอบหาการสึกกร่อนของชิ้นตัวอย่าง ที่ใช้ผลิตภัณฑ์ไอคอนหลังแช่เครื่องต้มตามข้อ 9 กำหนดให้เครื่องคำนวณหาความแตกต่างของพื้นผิวหลังทาเรซิน และหลังแช่เครื่องต้ม โดยเลือกใช้พื้นผิวที่ปรับระดับด้านข้างหลังทาเรซิน ลบด้วยหลังแช่เครื่องต้ม จะได้ภาพพื้นผิวใหม่ที่แสดงความความลึก และปริมาตรที่สึกกร่อนจากการแช่เครื่องต้มชนิดต่างๆ

11 คุณลักษณะชิ้นพื้นตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope: SEM)

คุณลักษณะของชิ้นพื้นตัวอย่าง ในกลุ่ม ที่เป็นรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ใช้ และไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซิน ไอคอน ภายหลังแช่เครื่องต้มชนิดต่างๆ ในแนวตัดขวางของชิ้นงาน โดยการส่องตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม นำไปเคลือบผิวฟันด้วยทองแล้วถ่ายภาพที่ กำลังขยาย 1,000 และ 5,000 เท่า

แผนภูมิสรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะถูกบันทึกลงในตาราง โดยระบุค่าเฉลี่ยความลึกและปริมาตรจากการลึกร่อนในชั้นพื้นตัวอย่างของกรุ่มรอยโรคจุดขาวที่ใช้และไม่ใช้วัสดุเรซินไอคอน ภายหลังจากการเตรียมทั้ง 3 ชนิด รวมทั้งนำปราคาจากอ็อน และมีการบันทึกค่าเฉลี่ยความลึกและปริมาตรที่เกิดขึ้นในชั้นพื้นตัวอย่างหลังทากรดไฮโดรคลอริก รวมทั้ง มีการบันทึกค่าเฉลี่ยความหนาและปริมาตรที่เกิดขึ้นในชั้นพื้นตัวอย่างหลังทาเรซิน ในผลิตภัณฑ์ไอคอน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลอาศัยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS 17.0/W XP โดย

1. ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง และความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแช่เครื่องมือชนิดต่างๆของรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ใช้และไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน พร้อมทั้งค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด นอกจากนี้ ยังมีการ หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการใช้กรดไฮโดรคลอริก และการหา ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความหนาที่เกิดขึ้นภายหลังจากการทาเรซินในผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน พร้อมทั้งค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด

2. ใช้สถิติวิเคราะห์ โดย

- 2.1 ตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้สถิติ One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

- 2.2 วิเคราะห์ กรณีที่ประชากรมีการแจกแจงปกติ ซึ่งจะวิเคราะห์ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (two-way ANOVA) ในการทดสอบปัจจัยร่วมทางสถิติระหว่างปัจจัยการใช้เรซิน และปัจจัยชนิดของเครื่องมือ และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) ร่วมกับสถิติการเปรียบเทียบแบบจับคู่พหุคูณ (multiple comparisons) เพื่อหาความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้เรซิน และระหว่างเครื่องมือชนิดต่างๆ ในการศึกษาต่อค่าปริมาตร และ ความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแช่เครื่องมือ

- 2.3 วิเคราะห์ กรณีที่ประชากรมีการแจกแจงไม่ปกติ ซึ่งจะวิเคราะห์ด้วยสถิติครุสคัล-วัลลิส (Kruskal Wallis test) และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลังการวิเคราะห์ และความแปรปรวนด้วยการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างกลุ่ม (multiple comparison or post Hoc comparison)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการวัดคุณสมบัติความเป็นกรดของเครื่องดื่ม

ความเป็นกรดต่าง และ ค่าไตเตรตเทเบิล แอซิดิตี้ ของเครื่องดื่มที่ทดสอบทั้ง 3 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดต่าง และ ค่าไตเตรตเทเบิลแอซิดิตี้ ของเครื่องดื่มโคลา มีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่เครื่องดื่มน้ำส้มคั้นมีค่า สูงที่สุด

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเป็นกรดต่าง ($n=3$) และไตเตรตเทเบิล แอซิดิตี้ ($n=3$) ของเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด

Drink	pH	Titratable acidity (ml of 0.1 M NaOH)
Cola soft drink	2.72 ± 0.01	7.82 ± 0.04
Sports drink	3.12 ± 0.01	8.24 ± 0.08
Orange juice	3.74 ± 0.01	15.12 ± 0.14

ผลการทดสอบการสีกร่อนจากการแช่เครื่องดื่มของกลุ่มควบคุม

ผลการทดสอบการสีกร่อนในกลุ่มรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ไม่ใช้ เรซินไอคอนจากการแช่เครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด รวมทั้งในน้ำปราศจากอิออน (กลุ่มควบคุม) มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง และความลึกที่เกิดการสีกร่อนของเคลือบฟัน (หน่วยเป็นลูกบาศก์ไมโครเมตรและไมโครเมตรตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่ากลุ่มที่แช่ในเครื่องดื่มโคลามีค่าเฉลี่ยของปริมาตร และความลึกในการสีกร่อนมากที่สุด ส่วนเครื่องดื่มน้ำส้มคั้นมีค่าของปริมาตรในการสีกร่อนของเคลือบฟัน มากกว่าเครื่องดื่มเกลือแร่ แต่มีความลึกในการสีกร่อนของเคลือบฟันใกล้เคียงกับเครื่องดื่มเกลือแร่ ส่วนในกลุ่มควบคุม น้ำปราศจากอิออนมีค่าเฉลี่ยของปริมาตร และความลึกในการสีกร่อนต่ำที่สุด

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแช่เครื่องดื่มของรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟัน พร้อมทั้งค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด

Group		Cola soft drink	Orange juice	Sports drink	Deionized water
N		20	20	20	20
ปริมาตร $\times 10^5 (\mu\text{m}^3)$	Mean	3.5199	3.1751	2.7565	0.6509
	S.D.	0.4655	0.7524	0.3543	0.1960
	Minimum	2.7022	1.8557	2.0907	0.3372
	Maximum	4.4203	4.4640	3.4008	0.9540
ความลึก (μm)	Mean	0.9361	0.5070	0.5106	0.1415
	S.D.	0.3643	0.2485	0.0928	0.0291
	Minimum	0.4577	0.2184	0.3868	0.0848
	Maximum	1.7520	1.0680	0.6954	0.1915

ผลการทดสอบจากการใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน

ผลการทดสอบจากการใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน ต่อพื้นผิวรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟัน ดังที่แสดงในตารางที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแต่ละขั้นตอน พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตร และ ความลึกของรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟัน (หน่วยเป็นลูกบาศก์มิลลิเมตรและไมโครเมตรตามลำดับ) จากขั้นตอน การใช้กรดไฮโดรคลอริกกัดผิวของเคลือบฟันมีค่าสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนการทาเรซิน และเมื่อพิจารณาจะเห็นว่ายังคงเหลือความลึกจากการสีกร่อนในขั้นตอนการใช้กรดไฮโดรคลอริกจากระดับพื้นผิวตั้งต้น แม้หลังทาเรซินเรียบเรียบร้อยแล้ว อยู่ในช่วงประมาณ 11.43-3.43 ไมโครเมตร

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของของปริมาตร ที่เปลี่ยนแปลง และ ความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการใช้กรดไฮโดรคลอริกในผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน และ แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรที่เพิ่มขึ้น และ ความหนาที่เกิดขึ้นภายหลังจากการทำเรซิน ในผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน พร้อมทั้งค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด

Step		HCL	Resin
N		80	80
ปริมาตร (mm ³)	Mean	0.00866	0.00026
	S.D.	0.00321	0.00012
	Minimum	0.00360	0.00010
	Maximum	0.01910	0.00063
ความลึก หรือ ความหนา (µm)	Mean	9.51010	2.01548
	S.D.	3.22250	1.32692
	Minimum	4.74000	0.30670
	Maximum	18.32720	6.88300

ผลการทดสอบการสีกร่อนจากการแช่เครื่องดื่มน้ำของกลุ่มทดลอง

ผลการทดสอบการสีกร่อนในกลุ่มรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ใช้เรซินไอคอนจากการแช่เครื่องดื่มน้ำทั้ง 3 ชนิด รวมทั้งในน้ำปราศจากอิออน (กลุ่มควบคุม) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง และความลึกที่เกิดการสีกร่อนของเคลือบฟัน (หน่วยเป็นลูกบาศก์ไมโครเมตรและไมโครเมตรตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 8 พบว่า กลุ่มที่แช่ในเครื่องดื่มโคลามีค่าเฉลี่ยของปริมาตร และความลึกในการสีกร่อนมากที่สุด ส่วนเครื่องดื่มน้ำส้มคั้นมีค่าของปริมาตร และความลึกในการสีกร่อนของเคลือบฟันมากกว่าเครื่องดื่มเกลือแร่ ส่วนในกลุ่มควบคุมน้ำปราศจากอิออนมีค่าเฉลี่ยของปริมาตร และความลึกในการสีกร่อนต่ำที่สุด

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแช่เครื่องดื่มของรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟัน ที่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซิน ไอคอน พร้อมทั้งค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด

Group		Cola soft drink	Orange juice	Sports drink	Deionized water
N		20	20	20	20
ปริมาตร $\times 10^5 (\mu\text{m}^3)$	Mean	14.5858	11.6306	8.9362	4.2380
	S.D.	4.2258	3.1765	2.2370	1.6272
	Minimum	8.8607	6.8343	5.6399	1.5064
	Maximum	20.4212	17.6537	14.8702	6.4622
ความลึก (μm)	Mean	2.4624	2.3068	2.0577	0.9091
	S.D.	1.0704	0.8572	0.7364	0.3594
	Minimum	0.9764	1.4210	1.1670	0.2236
	Maximum	4.5440	3.8400	4.6030	1.5200

ผลการทดสอบทางสถิติ

ใช้สถิติวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง และความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแช่เครื่องดื่มของรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟัน ระหว่างกลุ่มที่ใช้และกลุ่มที่ไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน และระหว่าง เครื่องดื่มชนิดต่างๆ โดยการทดสอบการแจกแจงข้อมูลของค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้น โดยใช้สถิติ One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test โดยโปรแกรมสถิติ SPSS 17.0/W XP พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ ($p > 0.05$) ดัง ที่แสดงในตารางที่ 16 ในภาคผนวก และจากการ ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง ในการทดสอบปัจจัยร่วมทางสถิติในการศึกษา ต่อค่าความลึก และ ปริมาตรการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองบนผิวเคลือบฟัน พบว่า การใช้เรซิน ไอคอนและ ชนิดของเครื่องดื่มเป็นปัจจัยร่วมทางสถิติ ($p < 0.001$) ดังที่แสดงในตารางที่ 9 และ 10

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง ในการทดสอบปัจจัยร่วมทางสถิติในการศึกษา
ต่อค่าปริมาตรการสี่กกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองบนผิวเคลือบฟัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Volume

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.403E13	7	4.861E12	106.406	.000
Intercept	6.124E13	1	6.124E13	1340.541	.000
DRINK	9.526E12	3	3.175E12	69.506	.000
Tx	2.145E13	1	2.145E13	469.439	.000
DRINK * Tx	3.056E12	3	1.019E12	22.297	.000
Error	6.944E12	152	4.568E10		
Total	1.022E14	160			
Corrected Total	4.097E13	159			

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง ในการทดสอบปัจจัยร่วมทางสถิติในการศึกษา
ต่อค่าความลึกการสี่กกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองบนผิวเคลือบฟัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:mean

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	115.558 ^a	7	16.508	47.923	.000
Intercept	241.631	1	241.631	701.451	.000
DRINK	30.042	3	10.014	29.070	.000
Tx	79.548	1	79.548	230.926	.000
DRINK * Tx	5.968	3	1.989	5.775	.001
Error	52.360	152	.344		
Total	409.548	160			
Corrected Total	167.918	159			

a. R Squared = .688 (Adjusted R Squared = .674)

จากผลการทดสอบการแจกแจงที่ปกติ และการวิเคราะห์ ความแปรปรวนสองทาง ที่พบว่าปัจจัยทั้งสองเป็นปัจจัยร่วมทางสถิติ จึงใช้สถิติการวิเคราะห์ ความแปรปรวนทางเดียว เพื่อทดสอบหาความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้เรซิน และ ระหว่างการแช่เครื่องดื่มทั้ง 4 ชนิด รวม 8 กลุ่ม ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาตร และความลึกที่เกิดขึ้นระหว่าง กลุ่มอย่างน้อย 1 คู่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$) แต่เนื่องจากความแปรปรวนในแต่ละ กลุ่มไม่เท่ากัน ซึ่งทดสอบโดย Levene Statistic ($p < 0.05$) ดังนั้นจึงใช้ สถิติวิเคราะห์ด้วยวิธี บราวน์ฟอร์ไซท์ (Brown-Forsythe) ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ปริมาตร และ ความ ลึกที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มอย่างน้อย 1 คู่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$) ดังที่แสดงในตาราง ที่ 11 และ 12

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ด้วยวิธีบราวน์ฟอร์ไซท์ ในการทดสอบทางสถิติ ต่อค่าเฉลี่ยปริมาตรการสีกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองของผิวเคลือบฟัน

ANOVA

Volume					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.403E13	7	4.861E12	106.406	.000
Within Groups	6.944E12	152	4.568E10		
Total	4.097E13	159			

Test of Homogeneity of Variances

Volume			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
18.802	7	152	.000

Robust Tests of Equality of Means

Volume				
	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Welch	236.924	7	61.832	.000
Brown-Forsythe	106.406	7	56.004	.000

a. Asymptotically F distributed.

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ด้วยวิธีบราวน์ฟอร์ไซท์ ในการทดสอบทางสถิติ ต่อค่าเฉลี่ยความลึกการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองของผิวเคลือบฟัน

ANOVA

Mean					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	115.558	7	16.508	47.923	.000
Within Groups	52.360	152	.344		
Total	167.918	159			

Test of Homogeneity of Variances			
Mean			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
19.509	7	152	.000

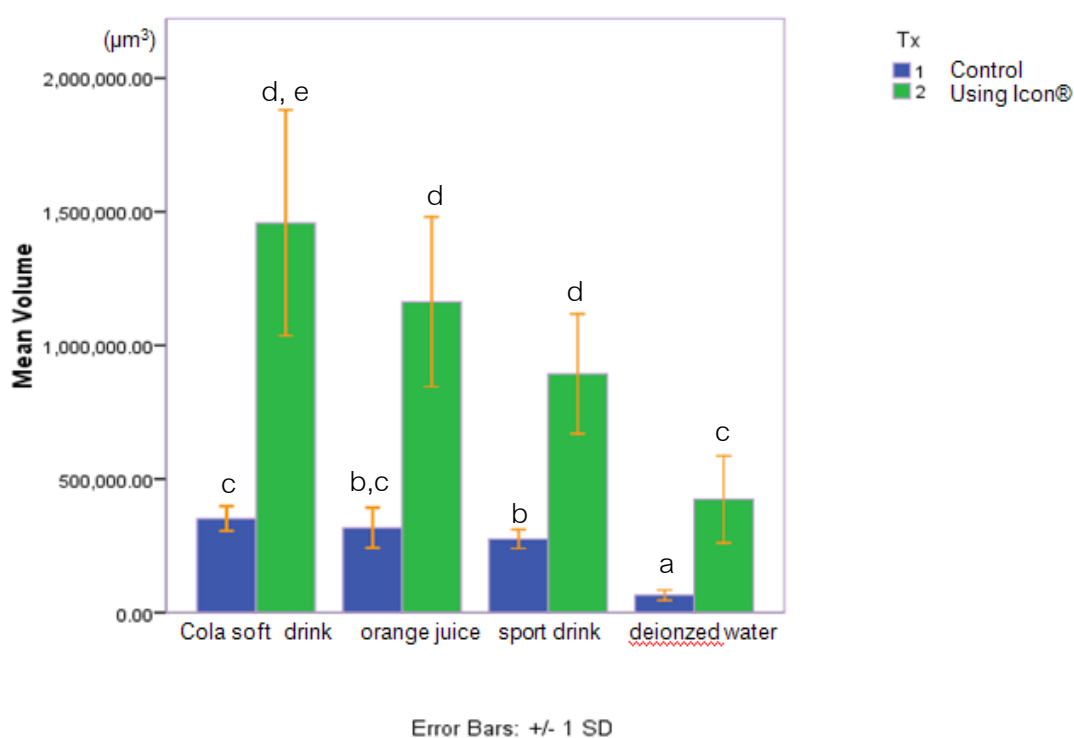
Robust Tests of Equality of Means				
Mean				
	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Welch	111.119	7	58.744	.000
Brown-Forsythe	47.923	7	66.049	.000

a. Asymptotically F distributed.

เมื่อพบความแตกต่างอย่างน้อย 1 คู่ และความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน ดังกล่าว จึงใช้สถิติการเปรียบเทียบแบบจับคู่พหุคูณ แบบแทมเฮน (Tamhane) หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง และ ความลึกที่เกิดขึ้นหลังจากการแช่เครื่องดัดของรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟัน ระหว่างกลุ่มทั้ง 8 กลุ่ม ดังตารางที่ 13 และ 14 พบว่ากลุ่มที่ใช้เรซินไฮคอนมีค่าเฉลี่ยของปริมาตร และความลึกในการสึกกร่อนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้เรซินไฮคอนทุกกลุ่ม ยกเว้นกลุ่มที่ใช้เรซิน ไฮคอนที่แช่น้ำปราศจากไฮออนมีค่าเฉลี่ยของความลึกในการสึกกร่อนน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้เรซินไฮคอนที่แช่ในเครื่องดัดโคล่า แต่ 'ค่าเฉลี่ยของความลึกระหว่างสองกลุ่มดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และพบว่ากลุ่มที่ใช้เรซินไฮคอนและแช่ในเครื่องดัดที่มีฤทธิ์เป็นกรด มีค่าเฉลี่ยของปริมาตร และความลึกในการ

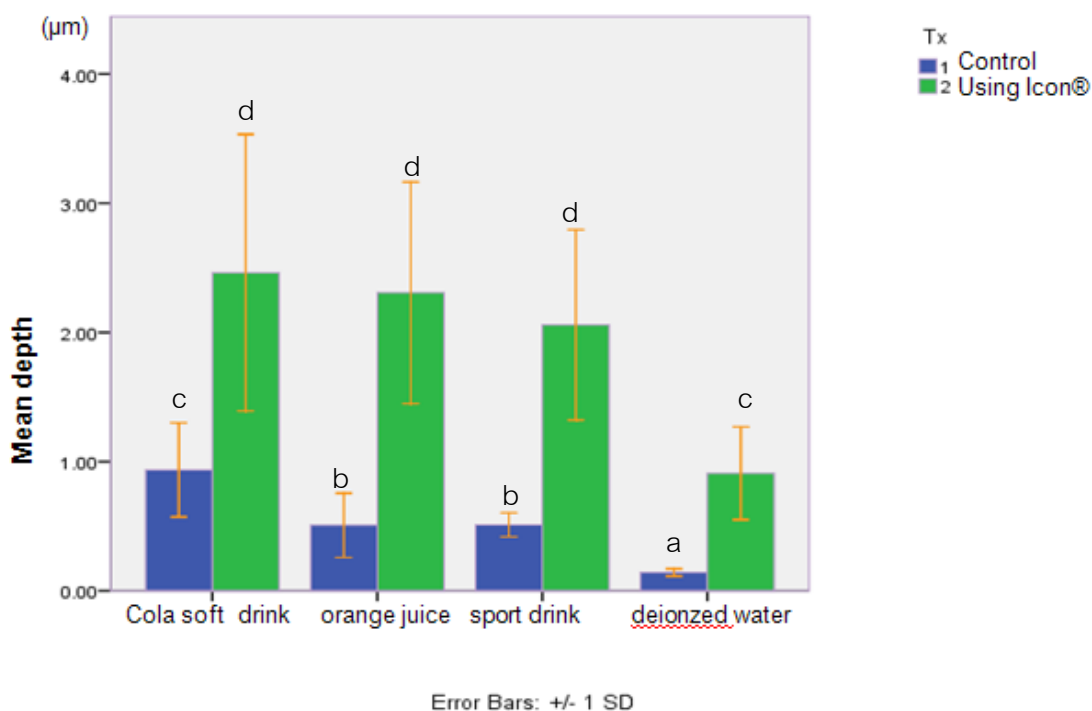
สีกร่อน แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ใช้เรซินไอคอนทุกกลุ่ม และกลุ่มที่ใช้เรซินไอคอนที่แช่ใน น้ำ
ปราศจากประจุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการแสดงค่าของความน่าจะเป็นของ
ความแตกต่างระหว่างกลุ่มนั้น ดังที่แสดงในตารางที่ 17 และ 18 ในภาคผนวก

ภาพกราฟที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าปริมาตรการสีกร่อนของรอยโรค
จุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ใช้และไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอนหลังแช่เครื่องดื่มน้ำทั้ง 4 ชนิด
(หน่วยเป็นลูกบาศก์ไมโครเมตร)



ตัวอักษรบนแท่งกราฟที่เหมือนกันแสดงความไม่แตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าเฉลี่ยของปริมาตรการ
สีกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยใช้สถิติการ
เปรียบเทียบแบบจับคู่พหุคูณแบบแทมเฮน

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความลึกในการสึกกร่อนของ รอยโรคจุดขาว จำลองของเคลือบฟันที่ใช้และไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน หลังแช่เครื่องดื่มทั้ง 4 ชนิด

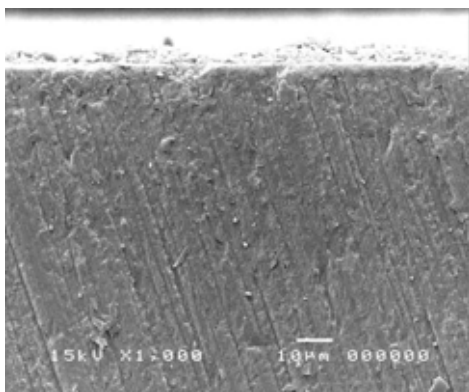


ตัวอักษรบนแท่งกราฟที่เหมือนกันแสดงความไม่แตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าเฉลี่ยของความลึกในการสึกกร่อนของรอยโรคจุดขาวจำลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยใช้สถิติการเปรียบเทียบแบบจับคู่พหุคูณแบบแทมเฮน

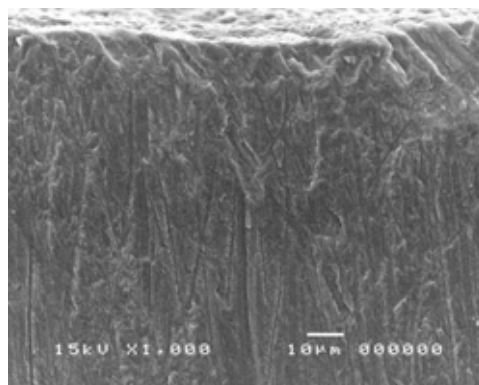
ผลจากการดูลักษณะขึ้นฟันตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

จากภาพลักษณะของขึ้นฟันตัวอย่าง ในกลุ่ม ที่เป็นรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ใช้และไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซิน ไฮคอน ภายหลังแช่เครื่องดื่ม ในแนวตัดขวางของชิ้นงาน โดยการสุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มที่กำลังขยาย 1,000 ดังภาพที่ 17 พบว่าลักษณะของขึ้นฟันตัวอย่างในกลุ่มที่เป็นรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซิน ไฮคอน ดังภาพ 17 (B) มีการสึกกร่อนของพื้นผิวมากกว่า ลักษณะของขึ้นฟันตัวอย่างที่ไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอนดังภาพ 17 (A) และจากภาพ 17 (B) บริเวณพื้นผิวประมาณ 10 – 20 ไมโครเมตรจากด้านบนที่กำลังขยาย 5,000 แสดงเป็นภาพที่ 18 (B) จะเห็นลักษณะโครงสร้างของเคลือบฟัน

แตกต่างจากเคลือบฟันปกติ ในขณะที่ภาพที่ 18 (A) เห็นลักษณะโครงสร้างของเคลือบฟันปกติ ชัดเจนกว่า

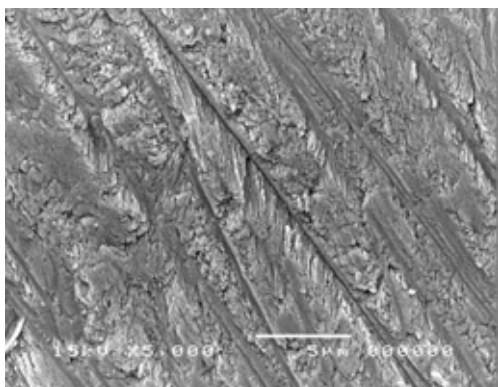


(A)

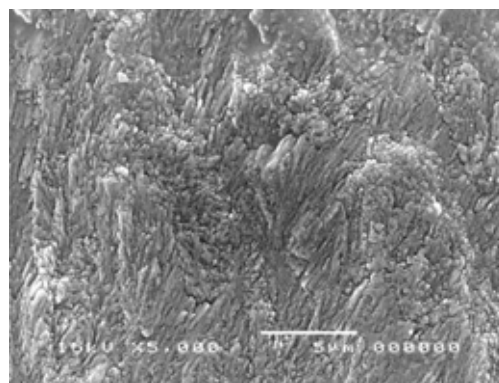


(B)

ภาพที่ 19 A และ B แสดงภาพลักษณะของชั้นฟันตัวอย่างที่เป็นรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน (A) เปรียบเทียบกับใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน (B) ภายหลังแช่เครื่องดื่ม ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดถ่ายภาพที่กำลังขยาย 1,000 เท่า



(A)



(B)

ภาพที่ 20 A และ B แสดงภาพที่เพิ่มกำลังขยาย 5,000 เท่าของชั้นฟันตัวอย่างที่เป็นรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน (A) เปรียบเทียบกับใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน (B) ภายหลังแช่เครื่องดื่ม ใน ภาพที่ 17 ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

บทที่ 5

อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ และสรุปผลการวิจัย

อภิปรายผลการวิจัย

วิธีการวัดการสึกกร่อนของผิวพื้นที่ได้รับความนิยมค่อนข้างมาก สำหรับการทดลองทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ การใช้ ไมโครเรดิโอกราฟี โดยใช้เครื่องถ่ายภาพรังสีความเข้มแสงต่ำ การวัดความแข็งผิว โดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งระดับจุลภาค และวิธีโพสิโอมิตรี โดยใช้เครื่องวัดความหยาบพื้นผิว เป็นต้น โดยการศึกษาวิจัยนี้เลือกใช้เครื่องวัดความหยาบพื้นผิวเป็นวิธีการวัดผล เนื่องจากสามารถแสดงข้อมูลได้หลายแบบ ทั้ง ในรูปแบบของปริมาตรการสึกกร่อน หรือแสดงการสูญเสียผิวเคลือบฟันในแนวตั้ง และสามารถบอกรูปร่างการเกิดการทำลายเป็นแอ่งจากการสึกกร่อนได้ นอกจากนี้ การใช้เครื่องวัดความหยาบพื้นผิวดังกล่าว เหมาะสำหรับประเมินพื้นผิวเคลือบฟันที่สึกกร่อนที่มีบริเวณกว้าง เพราะทำได้ง่ายและรวดเร็ว (25, 26) ส่วนวิธี การวัดความแข็งผิวนั้น สามารถ บอกการสูญเสียแร่ธาตุจากการสึกกร่อนในชั้นใต้พื้นผิว จากหลักการเมื่อกรดละลายแร่ธาตุจะทำให้ผิวเคลือบฟันอ่อนลง หรือมีค่าความแข็งผิวดำลง (60) แต่มีบางการศึกษาพบว่าความแข็งผิวพื้นที่ลดลง ไม่ได้สัมพันธ์กับ ปริมาณแร่ธาตุที่สูญเสีย (61) การใช้วิธี ไมโครเรดิโอกราฟี ชนิดตามขวาง ถือเป็นมาตรฐานสากลสำหรับการบอกปริมาณการสึกกร่อนในห้องปฏิบัติการ เนื่อง จากทำให้ได้ข้อมูลทั้งรูปร่าง และสามารถบอกการสูญเสียแร่ธาตุในชั้นใต้พื้นผิวได้ แต่เทคนิคนี้ความถูกต้องในการวัดทำได้ยาก เนื่องจากบริเวณพื้นที่รอยโรคอาจสูญเสียไปจากการตัดชิ้นฟัน รวมทั้ง การตัดฟันต้องบางและขนานเท่านั้น ถึงให้ข้อมูลที่ถูกต้อง นอกจากนี้ ยังใช้เวลามากและมีการทำลายฟันอีกด้วย (60) มีการศึกษาของ Elton และคณะ ได้ทำการเปรียบเทียบการวัดการสึกกร่อน โดยใช้เครื่องวัดความหยาบพื้นผิวบอกความลึกของรอยโรค พบว่าค่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ กับค่า Delta Z ที่ได้จากไมโครเรดิโอกราฟี (62) ดังนั้น ค่าที่ได้จากเครื่องวัดความหยาบพื้นผิว จึงน่าจะเป็นที่ยอมรับ และเป็นทางเลือกที่ดีวิธีหนึ่งสำหรับการวัดการสึกกร่อน โดยได้มีการทดลองมากมายที่ได้ใช้วิธีนี้ (54, 55, 64, 65)

ในการวิจัยครั้งนี้เครื่องมือได้รับการทำการสอบเทียบ (calibration) จากบริษัทผู้ผลิตก่อนทำการศึกษา และผู้ทำการศึกษาได้ตรวจสอบเทียบเครื่องก่อนใช้ทุกครั้งตามคำแนะนำของผู้ผลิต รวมถึงมีการควบคุมจุดอ้างอิงของชิ้นตัวอย่างให้เป็นจุดเดียวกัน แต่ก็ยังได้ค่าเฉลี่ยของการวัดที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง หากเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่นๆที่ใช้เครื่องวัด

ความหยาบพื้นผิว (Talyscan 150, Taylor-Hobson Ltd., England) จะสามารถพบผลซึ่งค่าส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐานกว้างได้เช่นเดียวกัน เช่น การศึกษาของ Kupradi และคณะ พบค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงในกลุ่มวัสดุสีเหมือนฟัน (8.1216 ± 5.9788) $\times 10^5$ ลูกบาศก์ไมโครเมตร (68) และการศึกษาของ Dechapi-mukkul และคณะ พบค่าเฉลี่ยและ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงในสารพ่นกลุ่มและร่องฟัน 0.0034 ± 0.0014 ลูกบาศก์มิลลิเมตร (69) ซึ่งทั้งสองการทดลองให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงในกลุ่มของเคลือบฟันที่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน ซึ่งเป็นกลุ่ม ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากที่สุดในการศึกษาวิจัยนี้ซึ่งเท่ากับ (4.2380 ± 1.6272) $\times 10^5$ ลูกบาศก์ไมโครเมตร ดังนั้น การที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างกว้าง และส่งผลให้ขนาด ตัวอย่างสูงกว่าปกติ น่าจะเกิดจากการวัดของเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวซึ่งมีความละเอียดสูงใน ระดับไมโครเมตร ดังนั้นจึงเกิดความคลาดเคลื่อนได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับการวัดที่มีความละเอียด ต่ำกว่า ประกอบกับเครื่องวัดความหยาบของพื้นผิวต้องทำภายใต้สภาวะที่ควบคุม โดยอุณหภูมิใน การทดสอบต้องอยู่ที่ 24-25 องศาเซลเซียส ซึ่งหากมีการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิเพียงเล็กน้อยจะ ส่งผลทำให้เกิดการยืดหดของเข็มลากโลหะส่งผลต่อการวัดได้ รวมทั้งระหว่างการวัด เครื่องทดสอบ ความหยาบพื้นผิว จะต้องไม่ถูกรบกวนโดยแรงกระแทก หรือสั่นสะเทือนเลย แต่การควบคุม ดังกล่าวทำได้ยาก แม้จะมีการป้องกันควบคุมปัจจัยที่มีผลก็ตาม

ในการศึกษานี้ได้จำลองสภาพในช่องปากให้เสมือนจริงขณะมีการบริโภค เครื่องดื่มเช่นเดียวกับ การศึกษาของ Panich และ Poolthong และ Wongkhantee และคณะ (27, 67) โดยเมื่อช่องปากสัมผัสอาหารและเครื่องดื่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มีรสเปรี้ยวจะกระตุ้นให้ มีการหลั่งของน้ำลาย (70) ดังนั้นการศึกษานี้ออกแบบให้เคลือบฟันสัมผัสเครื่องดื่มที่เป็นกรดเป็น ช่วงระยะเวลาสั้น เพื่อจำลองการดื่มเครื่องดื่มโดยไม่ได้อมเครื่องดื่มไว้ในปาก สลับกับการสัมผัส น้ำลายเทียม ซึ่งโดยธรรมชาติจะมาหล่อเลี้ยงหลังการกลืนเครื่องดื่มหมดแล้ว โดย น้ำลายนั้นมี บทบาทสำคัญหลายประการในการช่วยป้องกันการละลายของแร่ธาตุออกจากเคลือบฟัน และ ซ่อมแซมโครงสร้างของฟันตามธรรมชาติ (21, 48) แต่อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของน้ำลาย เทียมกับน้ำลายมนุษย์ คือ น้ำลายเทียมไม่สามารถสร้างเพลลิเคิล ซึ่งมีความสำคัญในการป้องกัน ฟันจากการสึกกร่อน (71, 72) และมีความสามารถในการปรับสภาพความเป็นกรดต่างไม่เท่าเทียม กับน้ำลายธรรมชาติ (21, 48) จากการศึกษาพบว่า ระดับการสึกกร่อนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของ เครื่องดื่ม ระยะเวลา (55) และความถี่ในความสัมผัสกรด (48) ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้จำลองจากการ ดื่มเครื่องดื่มจำนวน 3 กระจ่างต่อวัน ให้เสมือนการดื่มเครื่องดื่มหลังมื้ออาหาร 3 มื้อ โดยห่างกัน

ทุก 6 ชั่วโมง เพื่อให้สามารถแปลผลได้เห็นค่าความแตกต่างชัด และเป็นค่าที่สะท้อนการตีพิมพ์เครื่องตีพิมพ์ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ พยายามออกแบบควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อระดับการสึกกร่อน เช่น ระยะเวลาในการแช่ 5 วินาที 10 ครั้งเท่ากัน การใช้เครื่องตีพิมพ์ใหม่ไม่ใช้เครื่องตีพิมพ์เดิมซ้ำในการแช่แต่ละครั้ง และการควบคุมอุณหภูมิเครื่องตีพิมพ์ที่อุณหภูมิห้องเท่ากัน (55, 73) เป็นต้น

ระดับการสึกกร่อนที่เกิดขึ้นจากการตีพิมพ์เครื่องตีพิมพ์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด นอกจากขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก เช่น ชนิดของเครื่องตีพิมพ์ อุณหภูมิ ความถี่ ระยะเวลา และน้ำลายแล้ว ยังขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมีของผิวชั้นนอกของเคลือบฟัน เช่น สภาวะที่มีแร่ธาตุ ทั้งแคลเซียม ฟอสฟอรัส และปริมาณฟลูออไรด์ เป็นต้น ในการศึกษานี้ได้พยายามควบคุมปัจจัยเรื่องเคลือบฟัน โดยใช้รอยโรคจุดขาวจำลอง เพื่อให้มีความแตกต่างของคุณสมบัติผิวเคลือบฟันและการกระจายตัวของแร่ธาตุที่ผิวฟันน้อยที่สุด และสามารถใช้ในการเปรียบเทียบในการศึกษาได้ จากลักษณะการเกิดสึกกร่อนที่เกิดขึ้นจริงในช่องปาก มักเกิดบริเวณด้านใกล้แก้มและด้านใกล้ลิ้น (73) แต่เนื่องจากลักษณะรูปร่างของฟันกรามน้อยที่มีความโค้งงอโดยตลอด และมีความแตกต่างในด้านใกล้แก้มและด้านใกล้ลิ้น อาจส่งผลกระทบต่อความไม่เท่าเทียมกันเมื่อเริ่มทดสอบ ดังนั้น การศึกษา นี้จึงทำการศึกษาในรอยโรคจุดขาวจำลอง ที่ผิวเคลือบฟันมนุษย์เฉพาะด้านใกล้แก้มเท่านั้น เพื่อเลียนแบบสภาพการสึกกร่อนจริงในช่องปาก และเลียนแบบ ตำแหน่งที่มักเกิดรอยโรคจุดขาวหลังจัดฟันที่มีการแนะนำให้ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน นอกจากนี้ การศึกษานี้จำเป็นต้องมี การขัดผิวเคลือบฟันบางส่วน เพื่อให้เกิดรอยโรคจุดขาวจำลองได้รวดเร็ว และได้รอยโรคจุดขาวที่มีความลึกค่อนข้างสม่ำเสมอ การใช้ผิวเคลือบฟัน ด้านใกล้แก้มจึงเหมาะสมกว่า เนื่องจากมีพื้นที่ผิวบริเวณกึ่งกลางฟันที่ได้ระนาบเรียบมากกว่าผิวเคลือบฟันมนุษย์ด้านใกล้ลิ้น อย่างไรก็ตาม แม้จะควบคุมโดยใช้ผิวเคลือบฟันเฉพาะด้านใกล้แก้ม แต่อาจมีความแตกต่างของของเคลือบฟันแต่ละซี่ เช่น ความหนาของเคลือบฟัน องค์ประกอบของแร่ธาตุ การศึกษานี้จึงออกแบบการทดลอง เพื่อควบคุมชั้นฟันตัวอย่างที่ต้องการศึกษาโดยเฉพาะปัจจัยหลักที่ต้องการศึกษา คือการใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน โดย ตัดตัวฟันในแนวตั้งให้ได้ชั้นตัวอย่างด้านใกล้กลางและด้านใกล้กลาง เป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน แล้วสุ่มฟันที่มาจากฟันซี่เดียวกัน ให้ชั้นที่หนึ่งใช้วัสดุเรซินไอคอน (กลุ่มทดลอง) ส่วนชั้นที่เหลือไม่ใช้วัสดุเรซิน (กลุ่มควบคุม)

ผลการศึกษานี้เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านเครื่องตีพิมพ์ จะพบว่าเครื่องตีพิมพ์โคลามีค่าความเป็นกรดต่างต่ำที่สุด ส่งผลทำให้เกิดการสึกกร่อนมากกว่าเครื่องตีพิมพ์เกลือแร่และน้ำส้มคั้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wongkhantee และคณะ (67) จึงสรุปได้ว่า ค่าความเป็นกรดต่ำยิ่งค่าต่ำจะมีผลให้เกิดการละลายของเคลือบฟันมาก และเมื่อพิจารณาค่าไตรเตรทเทเบิล แอซิดิตี

ซึ่งหมายถึง ค่าที่แสดงความสามารถในการถูกเปลี่ยนให้เป็นกลางของสารละลายนั้น หรือในบางครั้งจะใช้คำว่าความสามารถในการบัฟเฟอร์ (buffer capacity) (74) จากผลการศึกษานี้พบว่า ค่า ไตรเตรเทเบิล แอซิดิตี ของน้ำส้มคั้นมีค่าสูงกว่าเครื่องดื่มเกลือแร่ และเครื่องดื่มโคล่า ซึ่งหมายถึง เป็นการยากกว่าที่จะทำให้เป็นกลาง จึงเป็นผลทำให้เกิดการสึกกร่อนมากกว่าเครื่องดื่มเกลือแร่ แม้ว่าจะมีค่าความเป็นกรดต่างที่สูงกว่าเครื่องดื่มเกลือแร่ก็ตาม นอกจากนี้ค่า ความเป็นกรดต่างและค่า ไตรเตรเทเบิล แอซิดิตี แล้ว ยังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการสึกกร่อน คือ ปริมาณแร่ธาตุในเครื่องดื่ม เช่น แคลเซียม ฟอสเฟต และฟลูออไรด์ พบว่า ถ้ามีปริมาณแร่ธาตุดังกล่าวสูงจะช่วยลดการสึกกร่อนได้ และคุณสมบัติคือเลขชั้น (67, 74) ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวเป็นความสามารถของกรดต่อการจับกับไอออนของแคลเซียมซึ่งเป็นองค์ประกอบของเคลือบฟัน และในน้ำลาย (75) แต่อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาไม่ได้มีการวิเคราะห์ห้วงประกอบของกรด และปริมาณแร่ธาตุในเครื่องดื่มแต่ละชนิด

ปัจจุบันตามแนวความคิดแคโรลินฟิลเทรชัน ต้องการให้เรซินแทรกซึมไปปิดรูพรุนภายในรอยโรค โดยปกติชั้นพื้นผิวของรอยโรคจะขัดขวางการแทรกซึมของเรซิน เนื่องจากมีขนาดและปริมาณรูพรุนน้อยกว่าภายในรอยโรค จึงมีการใช้เจลกรดไฮโดรคอลลอยลิกความเข้มข้นร้อยละ 15 กัดเป็นเวลา 90-120 วินาที เพื่อให้เพิ่มขนาดและปริมาณรูพรุนชั้นพื้นผิว หรืออาจมีการกำจัดชั้นพื้นผิวที่มีขนาดและปริมาณรูพรุนต่ำออกให้เรซินผ่านได้ดีขึ้น เนื่องจากได้มีการศึกษาในห้องปฏิบัติการว่าการใช้เจลกรดไฮโดรคอลลอยลิก ประสิทธิภาพดีกว่าการใช้เจลกรดฟอสฟอริกในการเตรียมพื้นผิว ซึ่งเป็นการทดลองในรอยโรคจุดขาวตามธรรมชาติ (16) แต่ในการศึกษานี้ทำการทดลองกับรอยโรคจุดขาวจำลอง เนื่องจากรอยโรคจุดขาวที่เกิดตามธรรมชาติ จะมีความหลากหลายทั้งในแง่โครงสร้าง และระดับความรุนแรงของรอยโรคยากแก่การควบคุม (37) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางจุลกายวิภาค พบว่ามีความแตกต่างระหว่างรอยโรคจุดขาวที่เกิดตามธรรมชาติ และรอยโรคจุดขาวจำลองอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยรอยโรคจุดขาวจำลองจะมีความหนาของชั้นพื้นผิวประมาณ 15-30 ไมโครเมตร และมีปริมาณแร่ธาตุอยู่ร้อยละ 63-76 โดยปริมาตร ในขณะที่รอยโรคจุดขาวที่เกิดตามธรรมชาติ จะมีความหนาของชั้นพื้นผิวโดยเฉลี่ยประมาณ 40 ไมโครเมตร และมีปริมาณแร่ธาตุโดยเฉลี่ยร้อยละ 83 โดยปริมาตร (16)

จากผลการทดสอบการใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอนแต่ละชั้นตอน พบว่า ภายหลังจากขั้นตอนการใช้เจลกรดไฮโดรคอลลอยลิกในผลิตภัณฑ์ กัดผิวรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันมีการเปลี่ยนแปลงความลึกของพื้นผิวอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนการทำเรซิน และ แซ่

เครื่องดื่มน้ำ ซึ่ง พบความหนาของเรซินใกล้เคียงกับค่าความลึกจากการสีกร่อนที่เกิดภายหลังแช่เครื่องดื่มน้ำชนิดที่มีฤทธิ์เป็นกรด เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงกับรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอนอย่างมาก โดยเฉพาะการใช้ เจลกรดไฮโดรคอลลิก ในผลิตภัณฑ์ พบว่าเมื่อทา เจลกรดไฮโดรคอลลิกแล้ว ทาสารเอธานอล และทาสารเรซิน ในผลิตภัณฑ์ไฮคอน ซ้ำ 2 ครั้ง ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ยังคงเหลือการเปลี่ยนแปลงจากการสีกร่อนในขั้นตอนการทำเจลกรดไฮโดรคอลลิก เป็นแอ่งเว้าลึกต่ำลงจากระนาบเรียบของผิวฟันตั้งต้นอย่างมาก โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความลึกใน 2 ขั้นตอน และ เมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนการแช่เครื่องดื่มน้ำ พบว่าการสีกร่อนจากการ ใช้เจลกรดไฮโดรคอลลิก มากกว่าการสีกร่อนจากการแช่เครื่องดื่มน้ำอย่างมาก อาจเนื่องจากการศึกษานี้ ทำการทดลองในรอยโรคจุดขาวจำลอง ซึ่งมีความแตกต่างกับรอยโรคจุดขาวที่เกิดตามธรรมชาติ การใช้เจล กรดไฮโดรคอลลิกความเข้มข้นร้อยละ 15 และระยะเวลา 120 วินาที ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต อาจรุนแรงมากเกินไปสำหรับรอยโรคจุดขาวจำลอง ประกอบกับการศึกษานี้ได้พยายามออกแบบควบคุมให้สามารถเปรียบเทียบ ระหว่างกลุ่ม รอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ใช้ และไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน ดังนั้น ในขั้นตอนทาสาร เรซินได้กำหนดให้เรซินปกคลุมบนพื้นผิวเคลือบฟันน้อยที่สุด เพื่อไม่ให้กลุ่ม รอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน ได้เปรียบกลุ่มรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน จากการที่มีเรซินที่ทาหนาปกคลุมอยู่ โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษาต้องการเปรียบเทียบบริเวณชั้นเคลือบฟันที่มีเรซินแทรกซึมกับพื้นผิวรอยโรคจุดขาวที่ไม่ใช้สารใด ไม่ใช่บริเวณชั้นเรซินที่ปกคลุมผิวด้านบน เนื่องจากเชื่อว่าชั้นเรซินที่ปกคลุมผิวด้านบนดังกล่าวเป็นชั้นที่ไม่แข็งแรง เมื่อผ่านการขัดสีจากการแปรงฟัน และใช้งานชั้นนี้จะหายไปได้อย่างง่ายดาย แต่อย่างไรก็ตาม ภาพจาก กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ในแนวตัดขวางของชิ้นงานในกลุ่มที่เป็นรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอนที่กำลังขยาย 5,000 บริเวณพื้นผิวประมาณ 10 – 20 ไมโครเมตรจากด้านบน จะเห็นลักษณะโครงสร้างของเคลือบฟันแตกต่างจากเคลือบฟันปกติ ในขณะที่กลุ่ม ที่เป็นรอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน เห็นลักษณะโครงสร้างของเคลือบฟันปกติชัดเจนกว่า จึงอาจเป็นไปได้ว่า บริเวณพื้นผิวประมาณ 10 – 20 ไมโครเมตรจากด้านบนมีโครงสร้างของเรซินยังคงเหลือปะปนกับโครงสร้างเคลือบฟัน ไม่ได้ละลายหายไปจากการสีกร่อนในการแช่เครื่องดื่มน้ำทั้งหมด

ผลการศึกษานี้เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการใช้เรซินไฮคอน พบว่ากลุ่มที่ใช้เรซินไฮคอนที่แช่ในเครื่องดื่มน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด มีค่าเฉลี่ยของปริมาตร และความลึกในการสีกร่อนของ

เคลือบฟันมากกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้เรซินไฮคอนทุกกลุ่ม ผลดังกล่าวอาจเกิดจากการใช้เรซิน ไฮคอน กับรอยโรคจุดขาวจำลอง เนื่องจาก การใช้กรดไฮโดรคลอริกซึ่งมีความเป็นกรดต่างต่ำในผลิตภัณฑ์ นั้น ได้ ออกแบบมาใช้สำหรับรอยโรคจุดขาวธรรมชาติ ซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่ารอยโรคจุดขาวจำลอง โดยกรดดังกล่าวอาจจะกำจัดชั้นพื้นผิวของรอยโรคทั้งหมด แทนที่จะกำจัดชั้นพื้นผิว บางส่วนที่มีปริมาตรรูพรุนต่ำ มีผลทำให้เมื่อใช้เรซิน ไฮคอนแล้ว ส่วนพื้นผิวของรอยโรคถูกแทนที่ ด้วยเรซินทั้งหมด จากส่วนประกอบของเรซิน ในผลิตภัณฑ์ไฮคอน คือ เมทาไครเลตเบสเรซินเมทริกซ์ (methacrylate-base resin matrix) ซึ่งโดยทั่วไปเป็นกลุ่มบิฟีนอลเอ (biphenol A diglycidylether dimethacrylate, Bis-GMA) หรือเทกมา (triethyleneglycol dimethacrylate, TEGDMA) และไม่มีวัสดุอัดแทรก (filler) เพื่อให้มีความสามารถในการแทรกซึมไปในรอยโรคได้สูง ส่งผลให้พื้นผิวของรอยโรคที่ถูกแทนที่ด้วยเรซินทั้งหมดมีความแข็งแรงต่ำ เนื่องจาก ไม่มีวัสดุอัดแทรก และมีการศึกษาที่รายงานว่า พบการละลายของวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันในเครื่องดื่มน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด (76) หรือแม้กระทั่งในน้ำ (77) โดยอธิบายว่าการละลายสัมพันธ์กับปริมาณ วัสดุอัดแทรก ถ้ามีปริมาณต่ำจะมีการละลายสูง และสัมพันธ์กับความสมบูรณ์ของ ปฏิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) ของเรซินเมทริกซ์ จากลักษณะของเรซินในผลิตภัณฑ์ไฮคอนที่มีความหนืดต่ำ และค่ามุมสัมผัส (contact angle) ต่ำ เพื่อให้มีความสามารถในการแทรกซึมไปในรอยโรคได้สูง ทำให้เมื่อทาเรซินบริเวณพื้นผิวเคลือบฟันจะได้ชั้นเรซินที่บาง ซึ่งมีการศึกษาที่ระบุว่า การที่มีชั้นเรซินที่บางมากเกินไป อาจทำให้เกิดความไม่สมบูรณ์ของ ปฏิริยาการเกิดพอลิเมอร์เนื่องจากชั้นเรซินที่บางมากส่งผลให้ชั้นทั้งหมด เป็นชั้นที่ถูกยับยั้ง ปฏิริยาการเกิดพอลิเมอร์ด้วยออกซิเจน (oxygen-inhibited layer) (78) จากการศึกษาดังที่กล่าวมา อาจสรุปได้ว่า เรซิน ในผลิตภัณฑ์ไฮคอนสามารถเกิดการละลายในเครื่องดื่มน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด หรือแม้กระทั่งในน้ำได้ ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มรอยโรคจุดขาวที่ใช้เรซินไฮคอน กับกลุ่มรอยโรคจุดขาวที่มีชั้น เซอร์เฟสโซน ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างที่แข็งแรงและทนต่อกรดได้ดี เนื่องจากแคลเซียมและฟอสเฟตที่ถูกละลายออกมาจากชั้นใต้ผิวจากระบวนการสูญเสียแร่ธาตุในช่วงแรก กลับมาตกตะกอนที่ผิวชั้นนอกสุด ร่วมกับแร่ธาตุจากแหล่งอื่นๆภายนอกฟัน ดังนั้น กลุ่มที่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอนจึง มีการสูญเสียพื้นผิวไปมากกว่ากลุ่มควบคุม

นอกจากนี้ กลไกการเกิดฟันผุกับการสึกกร่อนมีความแตกต่างกัน เนื่องจาก การเกิดฟันผุนั้นมีช่วงค่าความเป็นกรดต่างวิกฤตที่ชัดเจน คือ 4.0 ถึง 5.5 ตาม ค่าความเป็นกรดต่างวิกฤตของฟลูออโรอะพาไทต์และไฮดรอกซีอะพาไทต์ (6) ในขณะที่การเกิดฟันสึกกร่อนนั้น มีช่วงค่าความเป็นกรดต่างวิกฤตที่กว้างกว่าและต่ำกว่า (75) ซึ่ง Lussi และ Jaeggi ได้สรุปว่า ค่าความ

เป็นกรดต่างวิฤตของการสึกกร่อนนั้น ไม่สามารถกำหนดชัดเจนได้เหมือนการเกิดฟันผุ ระบุได้เพียงค่าความเป็นกรดต่างต่ำจะมีผลต่อการสึกกร่อน (74) จากความแตกต่างที่กล่าวมา อาจทำให้การใช้เรซินไฮคอนในรอยโรคจุดขาวจำลอง ไม่สามารถต้านทานการสึกกร่อนจากกรดของเครื่องดื่มได้ แม้ว่า การใช้เรซินแทรกซึมเข้าไปในรอยโรคจุดขาวสามารถต้านทานกรดของโรคฟันผุได้ก็ตาม (18, 19)

จากการศึกษาวิจัยนี้ พบข้อจำกัดของการใช้ ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน นอกจาก การเตรียมสภาพพื้นผิวตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตในผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอนนั้น อาจรุนแรงมากเกินไปสำหรับรอยโรคจุดขาวดังที่กล่าวมาแล้ว เมื่อนำมาใช้จริงกับคนไข้ทางคลินิกต้องระวังอันตรายจากสารที่ใช้เตรียมสภาพพื้นผิวต่อเนื้อเยื่ออ่อน เช่น การใช้กรด ไฮโดรคลอริกความเข้มข้นสูงอาจทำอันตรายต่อเนื้อเยื่ออ่อนได้ โดยหากนำมาใช้จริงกับคนไข้ทางคลินิกต้องระมัดระวังการใช้อย่างสูงโดยจำเป็นต้องใส่แผ่นยางกันน้ำลายทุกครั้งเพื่อป้องกันกรด ประกอบกับการออกแบบลักษณะการใช้งานของปลายเครื่องในชุดผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน เมื่อทาสาร ในผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน มีโอกาสที่สารจะเกินไปบริเวณที่ไม่ได้เป็นรอยโรค (overetch) เนื่องจากปลายเครื่องมือมีขนาดใหญ่ และตัวคุณสมบัติของสารนั้นสามารถไหลแผ่ได้ดี เมื่อสารไปปกคลุมบริเวณที่ไม่ได้เป็นรอยโรค นอกจากจะทำให้เคลือบฟันปกติถูกทำลาย สารเรซินอาจไปขัดขวางกระบวนการการกลับคืนของแร่ธาตุปกติได้

ข้อเสนอแนะ

ในผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอนมีเจลกรดไฮคอนเอทช์ (Icon®-Etch) และไฮคอนดราย (Icon®-Dry) ในการเตรียมสภาพพื้นผิวเพื่อให้เรซินแทรกซึมลงไป ในรอยโรคจุดขาว เจลกรดไฮคอนเอทช์ในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว คือ เจลกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 15 ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ให้ทำเป็นระยะเวลา 120 วินาที และไฮคอนดราย คือ เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 99 โดยให้ทำเป็นเวลา 30 วินาที การเตรียมสภาพพื้นผิวตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตในผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน อาจรุนแรงมากเกินไปสำหรับรอยโรคจุดขาว เนื่องจากผลการศึกษาแสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก กับ รอยโรคจุดขาวจำลองของเคลือบฟันที่ใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไฮคอน โดยเฉพาะการใช้ เจลกรดไฮโดรคลอริกในผลิตภัณฑ์ และเมื่อทาสารเรซินในผลิตภัณฑ์ไฮคอน ยังคงเหลือการเปลี่ยนแปลงจากการสึกกร่อน ในขั้นตอนการทำเจลกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งส่งผลอาจทำให้รอยโรคจุดขาวอ่อนแอเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากทำให้โครงสร้างของรอยโรคจุดขาวบนผิวเคลือบฟันเปิดออก และ สัมผัสสิ่งแวดล้อมที่ก่อโรคฟันผุ ประกอบกับ สารเรซิน

ไอคอนอินฟิลเทรนท์ ในผลิตภัณฑ์เรซินไอคอน เป็น เรซินที่เหมาะสมสำหรับแทรกซึมเข้าไปใน รอยโรค แม้ใน ผลิตภัณฑ์จะไม่ได้ระบุส่วนประกอบแน่ชัด แต่ตามแนวคิดแคร์อินฟิลเทรชั่น สารเรซินจะมีส่วนประกอบเป็นพวกเทกมา ซีมา และเอทานอลเป็นตัวทำละลาย เพื่อให้ สารเรซินมีความเหนียว และมีค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมสูง เหมาะสมสำหรับแทรกซึมเข้าไปในรอยโรค แต่จากส่วนประกอบดังกล่าวจะทำให้พื้นผิวเรซินไม่มีคุณภาพ ขาดความแข็งแรง เนื่องจากมีการระเหยของตัวทำละลาย และเกิดความไม่สมบูรณ์ของ ปฏิกริยาการเกิดพอลิเมอร์ เป็นผลจาก ส่วนประกอบทำให้เรซินที่ทาบางมาก ส่งผลให้ชั้นทั้งหมดเป็นชั้นที่ถูกลบทิ้ง ปฏิกริยาการเกิดพอลิเมอร์ด้วยออกซิเจน จึงทำให้เรซินดังกล่าวเกิดการละลายในเครื่องมือที่มีกรด หรือน้ำ แม้กระทั่งในน้ำลายได้ การศึกษา ในอนาคตอาจปรับความความเข้มข้นของกรด และระยะเวลาในการทาของกรดลง และในอนาคตอาจทำการออกแบบการศึกษา ให้ทาสารเรซินชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติพื้นผิวและความแข็งแรงที่ดีกว่า ซ้ำหลังจากใช้ผลิตภัณฑ์เรซิน ไอคอน เนื่องจากตัววัสดุเรซินไอคอน จากวัตถุประสงค์ของ แคร์อินฟิลเทรชั่น จะมีคุณสมบัติในการแทรกซึมลงไป ในรอยโรคได้ดี แต่ขาดความแข็งแรงของพื้นผิว ดังนั้นจึงอาจจำเป็นต้องมีวัสดุเรซินที่มีความแข็งแรงมากกว่าทาซ้ำคลุม เพื่อให้รอยโรคมีความแข็งแรงและสามารถใช้งานได้

การศึกษานี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำลายเทียม ซึ่งไม่สามารถสร้างเพลลิเคิลได้ ผลการศึกษานี้จึงอาจไม่สามารถนำมาใช้ในสภาพอันซับซ้อนที่เกิดขึ้นจริงกับผู้ป่วยได้ทั้งหมด อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกที่ศึกษาเกี่ยวกับ การสีกร่อนของ รอยโรคจุดขาวจำลองกับรอยโรคจุดขาวจำลองที่ถูกแทรกซึมโดยวัสดุเรซินไอคอน เมื่อสัมผัสกับ เครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด ซึ่งสามารถใช้ เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม หรือเป็นแนวทางในการพัฒนาวิจัยวัสดุได้ ในอนาคตอาจทำการศึกษาโดยการสร้างเพลลิเคิลด้วยน้ำลาย ก่อน ที่จะทำให้เคลือบฟันสีกร่อนเพื่อจำลองสภาวะจริงในช่องปาก หรืออาจทำการศึกษาแบบอิน ซิทู (In situ) เพื่อให้สามารถจำลองสภาวะจริงในช่องปากได้ดียิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การใช้ผลิตภัณฑ์เรซินไอคอนแทรกซึมเข้าไปในรอยโรคจุดขาวจำลอง ไม่สามารถต้านทานการสีกร่อนจากเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรดได้ โดยกลุ่มที่แช่ในเครื่องดื่มโคลามีการสีกร่อนมากที่สุด

รายการอ้างอิง

- (1) Zero, D.T. Dental caries process. Dent Clin North Am. 43 (October 1999): 635-64.
- (2) Mueller, J., Meyer-Lueckel, H., Paris, S., Hopfenmuller, W., Kielbassa, A.M. Inhibition of lesion progression by the penetration of resins in vitro: influence of the application procedure. Oper Dent. 31 (May-June 2006): 338-45.
- (3) Souza-Zaroni, W.C., Ciccone, J.C., Souza-Gabriel, A.E., Ramos, R.P., Corona, S.A., Palma-Dibb, R.G. Validity and reproducibility of different combinations of methods for occlusal caries detection: an in vitro comparison. Caries Res. 40 (2006): 194-201.
- (4) Benson, P. Evaluation of White Spot Lesions on Teeth with Orthodontic Brackets. Seminars in Orthodontics. 14 (2008): 200-8.
- (5) Zandona, A.F., Zero, D.T. Diagnostic tools for early caries detection. J Am Dent Assoc. 137 (December 2006): 1675-84.
- (6) Pretty, I.A. Caries detection and diagnosis: novel technologies. J Dent. 34 (November 2006): 727-39.
- (7) Ten Cate, J.M., Duijsters, P.P. Influence of fluoride in solution on tooth demineralization. I. Chemical data. Caries Res. 17 (1983): 193-9.
- (8) Reynolds, E.C. Remineralization of enamel subsurface lesions by casein phosphopeptide-stabilized calcium phosphate solutions. J Dent Res. 76 (September 1997): 1587-95.
- (9) Paris, S., Meyer-Lueckel, H., Mueller, J., Hummel, M., Kielbassa, A.M. Progression of sealed initial bovine enamel lesions under demineralizing conditions in vitro. Caries Res. 40 (2006): 124-9.
- (10) Paris, S., Meyer-Lueckel, H., Colfen, H., Kielbassa, A.M. Penetration coefficients of commercially available and experimental composites intended to infiltrate enamel carious lesions. Dent Mater. 23 (June 2007): 742-8.
- (11) Griffin, S.O., Gray, S.K., Malvitz, D.M., Gooch, B.F. Caries risk in formerly sealed teeth. J Am Dent Assoc. 140 (April 2009): 415-23.

- (12) Going, R.E., Loesche, W.J., Grainger, D.A., Syed, S.A. The viability of microorganisms in carious lesions five years after covering with a fissure sealant. J Am Dent Assoc. 97 (September 1978): 455-62.
- (13) Meyer-Lueckel, H., Paris, S., Mueller, J., Colfen, H., Kielbassa, A.M. Influence of the application time on the penetration of different dental adhesives and a fissure sealant into artificial subsurface lesions in bovine enamel. Dent Mater. 22 (January 2006): 22-8.
- (14) Paris, S., Meyer-Lueckel, H., Colfen, H., Kielbassa, A.M. Resin infiltration of artificial enamel caries lesions with experimental light curing resins. Dent Mater J. 26 (July 2007): 582-8.
- (15) Meyer-Lueckel, H., Paris, S. Progression of artificial enamel caries lesions after infiltration with experimental light curing resins. Caries Res. 42 (2008):117-24.
- (16) Meyer-Lueckel, H., Paris, S., Kielbassa, A.M. Surface layer erosion of natural caries lesions with phosphoric and hydrochloric acid gels in preparation for resin infiltration. Caries Res. 41 (2007): 223-30.
- (17) Paris, S., Meyer-Lueckel, H. Masking of labial enamel white spots by resin infiltration-A clinical report. Quintessence Int. 40 (2009): 713-8.
- (18) Paris, S., Meyer-Lueckel, H. Inhibition of caries progression by resin infiltration in situ. Caries Res. 44 (2010): 47-54.
- (19) Paris, S., Meyer-Lueckel, H. Infiltrants inhibit progression of natural caries lesions in vitro. J Dent Res. 89 (November 2010):1276-80.
- (20) Paris, S., Hopfenmuller, W., Meyer-Lueckel, H. Resin infiltration of caries lesions: an efficacy randomized trial. J Dent Res. 89 (August 2010): 823-6.
- (21) Zero, D.T. Etiology of dental erosion--extrinsic factors. Eur J Oral Sci. 104 (April 1996): 162-77.
- (22) Jarvinen, V.K., Rytomaa, I.I., Heinonen, O.P. Risk factors in dental erosion. J Dent Res. 70 (June 1991): 942-7.
- (23) Lussi, A., Jaeggi, T., Zero, D. The role of diet in the aetiology of dental erosion. Caries Res. 38 (2004): 34-44.

- (24) Attin, T. Methods for assessment of dental erosion. Monogr Oral Sci. 20 (2006): 152-72.
- (25) Jager, D.H., Vieira, A.M., Ruben, J.L., Huysmans, M.C. Influence of beverage composition on the results of erosive potential measurement by different measurement techniques. Caries Res. 42 (2008): 98-104.
- (26) Azzopardi, A., Bartlett, D.W., Watson, T.F., Sherriff, M. The measurement and prevention of erosion and abrasion. J Dent. 29 (August 2001): 395-400.
- (27) Panich, M., Poolthong, S. The effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate and a cola soft drink on in vitro enamel hardness. J Am Dent Assoc. 140 (April 2009): 455-60.
- (28) White, D.J. Use of synthetic polymer gels for artificial carious lesion preparation. Caries Res. 21 (1987): 228-42.
- (29) Featherstone, J.D. Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. Community Dent Oral Epidemiol. 27 (February 1999): 31-40.
- (30) Arends, J., Christoffersen, J. The nature of early caries lesions in enamel. J Dent Res. 65 (January 1986): 2-11.
- (31) Thystrup, A., Fejerskov, O. Clinical and pathological feature of dental caries. Thystrup, A., Fejerskov, O. (ed), Textbook of clinical cariology, pp.111-57. Munksgaard Denmark:1994.
- (32) Silverstone, L.M., Hicks, M.J., Featherstone, M.J. Dynamic factors affecting lesion initiation and progression in human dental enamel. II. Surface morphology of sound enamel and carieslike lesions of enamel. Quintessence Int. 19 (November 1988): 773-85.
- (33) Holmen, L., Thylstrup, A., Ogaard, B., Kragh, F. A scanning electron microscopic study of progressive stages of enamel caries in vivo. Caries Res. 19 (1985): 355-67.
- (34) Backer Dirks, O. Posteruptive changes in dental enamel. J Dent Res. 45 (1966): 503-11.

- (35) Hicks, J., Garcia-Godoy, F., Flaitz, C. Biological factors in dental caries: role of remineralization and fluoride in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 3). J Clin Pediatr Dent. 28 (Spring 2004): 203-14.
- (36) Pearce, E.I. A microradiographic and chemical comparison of in vitro systems for the simulation of incipient caries in abraded bovine enamel. J Dent Res. 62 (September 1983): 969-74.
- (37) Ten Cate, J.M., Jongebloed, W.L., Arends, J. Remineralization of artificial enamel lesions in vitro. IV. Influence of fluorides and diphosphonates on short- and long-term remineralization. Caries Res. 15 (1981): 60-9.
- (38) Kielbassa, A.M., Gillmann, L., Zantner, C., Meyer-Lueckel, H., Hellwig, E., Schulte-Monting, J. Profilometric and microradiographic studies on the effects of toothpaste and acidic gel abrasivity on sound and demineralized bovine dental enamel. Caries Res. 39 (September-October 2005): 380-6.
- (39) Kidd, E.A. How 'clean' must a cavity be before restoration? Caries Res. 38 May-June 2004): 305-13.
- (40) Robinson, C., Hallsworth, A.S., Weatherell, J.A., Kunzel, W. Arrest and control of carious lesions: a study based on preliminary experiments with resorcinol-formaldehyde resin. J Dent Res. 55 (September-October 1976): 812-8.
- (41) Mertz-Fairhurst, E.J., Curtis, J.W., Ergle, J.W., Rueggeberg, F.A., Adair, S.M. Ultraconservative and cariostatic sealed restorations: results at year 10. J Am Dent Assoc. 129 (January 1998): 55-66.
- (42) Schmidlin, P.R., Zehnder, M., Zimmermann, M.A., Zimmermann, J., Roos, M., Roulet, J.F. Sealing smooth enamel surfaces with a newly devised adhesive patch: a radiochemical in vitro analysis. Dent Mater. 21 (January 2005): 545-50.
- (43) Meyer-Lueckel, H., Paris, S. Improved resin infiltration of natural caries lesions. J Dent Res. 87 (December 2008): 1112-6.
- (44) Paris, S., Meyer-Lueckel, H. Influence of application frequency of an infiltrant on enamel lesions. J Dent Res. 87 (2008): 1585.

- (45) Ten Cate, J.M., Imfeld, T. Dental erosion, summary. Eur J Oral Sci. 104 (April 1996): 241-4.
- (46) Wang, X., Lussi, A. Assessment and management of dental erosion. Dent Clin North Am. 54 (July 2010): 565-78.
- (47) Finke, M., Hughes, J.A., Parker, D.M., Jandt, K.D. mechanical properties of in situ demineralised human enamel measured by AFM nanoindentation. Surface Science. 491 (2001): 456-67.
- (48) Meurman, J.H., Ten Cate, J.M. Pathogenesis and modifying factors of dental erosion. Eur J Oral Sci. 104 (April 1996): 199-206.
- (49) Rytomaa, I., Meurman, J.H., Koskinen, J., Laakso, T., Gharazi, L., Turunen, R. In vitro erosion of bovine enamel caused by acidic drinks and other foodstuffs. Scand J Dent Res. 96 (August 1988): 324-33.
- (50) Buonocore, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res. 34 (December 1955): 849-53.
- (51) Lussi, A., Jaggi, T., Scharer, S. The influence of different factors on in vitro enamel erosion. Caries Res. 27 (1993): 387-93.
- (52) Meurman, J.H., Frank, R.M. Scanning electron microscopic study of the effect of salivary pellicle on enamel erosion. Caries Res. 25 (1991): 1-6.
- (53) Meurman, J.H., Harkonen, M., Naveri, H., Koskinen, J., Torkko, H., Rytomaa, I. and et al. Experimental sports drinks with minimal dental erosion effect. Scand J Dent Res. 98 (April 1990): 120-8.
- (54) Attin, T., Weiss, K., Becker, K., Buchalla, W., Wiegand, A. Impact of modified acidic soft drinks on enamel erosion. Oral Dis. 11 (January 2005): 7-12.
- (55) Kitchens, M., Owens, B.M. Effect of carbonated beverages, coffee, sports and high energy drinks, and bottled water on the in vitro erosion characteristics of dental enamel. J Clin Pediatr Dent. 31 (Spring 2007): 153-9.
- (56) Barbour, M.E., Rees, J.S. The laboratory assessment of enamel erosion: a review. J Dent. 32 (November 2004): 591-602

- (57) Talor Hobson. User's manual:Surface Finish Metrology. Iss 3, 2003.
(Mimeographed)
- (58) วิไลพรรณ เดชาภิมุข. การศึกษาของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ผลิตในประเทศภายหลังทดสอบการแปรง. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2549
- (59) Taylor Hobson. User's manual: TalyScan 150. version 1.0.1. 1999.
(Mimeographed)
- (60) Pretty, I.A., Edgar, W.M., Higham, S.M. The validation of quantitative light-induced fluorescence to quantify acid erosion of human enamel. Arch Oral Biol. 49 (April 2004): 285-94.
- (61) Buchalla, W., Imfeld, T., Attin, T., Swain, M.V., Schmidlin, P.R. Relationship between nanohardness and mineral content of artificial carious enamel lesions. Caries Res. 42 (2008): 157-63.
- (62) Elton, V., Cooper, L., Higham, S.M., Pender, N. Validation of enamel erosion in vitro. J Dent. 37 (May 2009): 336-41.
- (63) เต็มศรี ชำนิจารกิจ. สถิติทบทวนในสถิติวิจัยทางการแพทย์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
- (64) Rugg-Gunn, A.J., Maguire, A., Gordon, P.H., McCabe, J.F., Stephenson, G. Comparison of erosion of dental enamel by four drinks using an intra-oral applicance. Caries Res. 32 (1998): 337-43.
- (65) Hooper, S., West, N.X., Sharif, N., Smith, S., North, M., De'Ath, J. and et al. A comparison of enamel erosion by a new sports drink compared to two proprietary products: a controlled, crossover study in situ. J Dent. 32 (September 2004): 541-5.
- (66) Joyston-Bechal, S., Kidd, E.A. The effect of three commercially available saliva substitutes on enamel in vitro. Br Dent J. 163 (September 1987): 187-90.
- (67) Wongkhantee, S., Patanapiradej, V., Maneenut, C., Tantbirojn, D. Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentine, and tooth-coloured filling materials. J Dent. 34 (Mar 2006): 214-20.

- (68) Kupradi, P., Patanapiradej, V., Oonsomba, C. Wear of glass ionomer cements after brushing. CU Dent J. 33 (2010): 119-30.
- (69) Dechapimukkul, W., Chongvisal, S., Poolthong, S. Wear of Domestic Pit and Fissure Sealants after Simulated Brushing. J Dent Assoc Thai. 59 (2009): 1-10.
- (70) Spielman, A.I. Interaction of saliva and taste. J Dent Res. 69 (March 1990): 838-43.
- (71) Maupome, G., Aguilar-Avila, M., Medrano-Ugalde, H., Borges-Yanez, A. In vitro quantitative microhardness assessment of enamel with early salivary pellicles after exposure to an eroding cola drink. Caries Res. 33 (1999): 140-7.
- (72) Nekrashevych, Y., Stosser, L. Protective influence of experimentally formed salivary pellicle on enamel erosion. An in vitro study. Caries Res. 37 (May-June 2003): 225-31.
- (73) Imfeld, T. Dental erosion. Definition, classification and links. Eur J Oral Sci. 104 (April 1996): 151-5.
- (74) Lussi, A., Jaeggi, T. Chemical factors. Monogr Oral Sci. 20 (2006): 77-87.
- (75) Featherstone, J.D., Lussi, A. Understanding the chemistry of dental erosion. Monogr Oral Sci. 20 (2006): 66-76.
- (76) Han, L., Okamoto, A., Fukushima, M., Okiji, T. Evaluation of flowable resin composite surfaces eroded by acidic and alcoholic drinks. Dent Mater J. 27 (May 2008): 455-65.
- (77) Ortengren, U., Wellendorf, H., Karlsson, S., Ruyter, I.E. Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. J Oral Rehabil. 28 (December 2001): 1106-15.
- (78) Rueggeberg, F.A., Margeson, D.H. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. J Dent Res. 69 (October 1990): 1652-8.

ภาคผนวก

ตารางที่ 15 องค์ประกอบของเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์เป็นกรด น้ำลายเทียม และวัสดุเรซินที่ใช้ในการทดลองนี้

Product (Trade name)	Manufacturer	Composition
Cola soft drink (Coke)	Thainumtip, Bangkok, Thailand	Carbonated water, 10% sugar, flavors
Orange juice (Tipco)	Tipco Foods CO. Ltd. Prajubkirikhan, Thailand	100% Tangerine juice
Sports drink (Gatorade)	Sermsuk beverage CO.Ltd.,Chonburi, Thailand	Carbonated drink with minerals
Low viscous light curing resins (Icon®)	DMG, Germany	Icon®-etch:Hydrochloric acid, pyrogenic silicic acid, surface-active substance Icon®-Dry:99% ethanol Icon®-Infiltration: Methacrylate-base resin matrix, initiators, additives
Artificial saliva	Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University	2.2 g/L gastric mucin, 0.381 g/L sodium chloride, 0.231 g/L calcium chloride, 0.738 g/L potassium phosphate, 1.114 g/L potassium chloride, 0.02% sodium azide, trace of sodium hydroxide to pH 7.0

ตารางที่ 16 การทดสอบการแจกแจงข้อมูลของค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง และความถี่ที่เกิดขึ้น

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

DRINK	Tx		Volume	mean		
1	1	N	20	20		
		Normal Parameters ^{a,b}	Mean	351984.5000	.9361	
			Std. Deviation	46546.74561	.36427	
		Most Extreme Differences	Absolute	.088	.117	
			Positive	.083	.117	
			Negative	-.088	-.095	
		Kolmogorov-Smirnov Z		.393	.523	
		Asymp. Sig. (2-tailed)		.998	.948	
		2	2	N	20	20
				Normal Parameters ^{a,b}	Mean	1.4586E6
Std. Deviation	4.22577E5				1.07035	
Most Extreme Differences	Absolute			.115	.118	
	Positive			.115	.118	
	Negative			-.088	-.118	
Kolmogorov-Smirnov Z				.513	.528	
Asymp. Sig. (2-tailed)				.955	.944	
2	1	N	20	20		
		Normal Parameters ^{a,b}	Mean	317509.4000	.5070	
			Std. Deviation	75243.19170	.24854	
		Most Extreme Differences	Absolute	.120	.201	
			Positive	.120	.201	
			Negative	-.103	-.123	
		Kolmogorov-Smirnov Z		.538	.898	
		Asymp. Sig. (2-tailed)		.934	.395	
		2	2	N	20	20
				Normal Parameters ^{a,b}	Mean	1.1631E6
Std. Deviation	3.17646E5				.85715	
Most Extreme Differences	Absolute	.105	.248			

			Positive		.095	.248
			Negative		-.105	-.151
			Kolmogorov-Smirnov Z		.468	1.111
			Asymp. Sig. (2-tailed)		.981	.169
3	1	N			20	20
		Normal Parameters ^{a,b}	Mean		275651.7500	.5106
			Std. Deviation		35429.39164	.09283
		Most Extreme Differences	Absolute		.116	.156
			Positive		.116	.156
			Negative		-.081	-.121
			Kolmogorov-Smirnov Z		.517	.697
			Asymp. Sig. (2-tailed)		.952	.716
	2	N			20	20
		Normal Parameters ^{a,b}	Mean		893624.3000	2.0577
			Std. Deviation		2.23703E5	.73644
		Most Extreme Differences	Absolute		.104	.187
			Positive		.104	.187
			Negative		-.070	-.113
			Kolmogorov-Smirnov Z		.465	.838
			Asymp. Sig. (2-tailed)		.982	.484
4	1	N			20	20
		Normal Parameters ^{a,b}	Mean		65094.0500	.1415
			Std. Deviation		19601.36379	.02919
		Most Extreme Differences	Absolute		.150	.123
			Positive		.114	.064
			Negative		-.150	-.123
			Kolmogorov-Smirnov Z		.670	.548
			Asymp. Sig. (2-tailed)		.760	.925
	2	N			20	20
		Normal Parameters ^{a,b}	Mean		423799.6500	.9091
			Std. Deviation		1.62722E5	.35937
		Most Extreme Differences	Absolute		.155	.117

	Positive	.147	.065
	Negative	-.155	-.117
Kolmogorov-Smirnov Z		.692	.522
Asymp. Sig. (2-tailed)		.724	.948

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

ตารางที่ 17 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงจากการสูดกร่อน ระหว่างกลุ่ม 8 กลุ่ม โดยสถิติการเปรียบเทียบแบบจับคู่พหุคูณ แบบแทมเฮน (Tamhane)

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Volume

Tamhane

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-1.10660E6	95062.66125	.000	-1.4493E6	-763905.5561
	3.00	34475.10000	19784.00544	.931	-32820.7038	101770.9038
	4.00	-8.11078E5	71786.31437	.000	-1.0692E6	-553005.2650
	5.00	76332.75000*	13080.21659	.000	32267.6821	120397.8179
	6.00	-5.41640E5	51092.77387	.000	-724217.1105	-359062.4895
	7.00	2.86890E5	11293.38964	.000	247621.6491	326159.2509
	8.00	-71815.15000	37845.12693	.872	-205787.6076	62157.3076
2.00	1.00	1.10660E6	95062.66125	.000	763905.5561	1.4493E6
	3.00	1.14107E6	95977.37484	.000	797027.9634	1.4851E6
	4.00	2.95519E5	1.18210E5	.385	-102897.6840	693936.3840
	5.00	1.18293E6	94822.68545	.000	840574.1569	1.5253E6
	6.00	5.64958E5	1.06915E5	.000	198055.2419	931860.6581
	7.00	1.39349E6	94592.76008	.000	1.0514E6	1.7355E6
	8.00	1.03478E6	1.01255E5	.000	681025.7966	1.3885E6
3.00	1.00	-34475.10000	19784.00544	.931	-101770.9038	32820.7038
	2.00	-1.14107E6	95977.37484	.000	-1.4851E6	-797027.9634
	4.00	-8.45553E5	72993.30003	.000	-1.1055E6	-585572.8326
	5.00	41857.65000	18596.74661	.606	-22399.3173	106114.6173
	6.00	-5.76115E5	52775.16897	.000	-761704.8971	-390524.9029
	7.00	2.52415E5	17386.41907	.000	190667.5418	314163.1582
	8.00	-1.06290E5	40087.41138	.313	-244948.3559	32367.8559
4.00	1.00	8.11078E5	71786.31437	.000	553005.2650	1.0692E6
	2.00	-2.95519E5	1.18210E5	.385	-693936.3840	102897.6840
	3.00	8.45553E5	72993.30003	.000	585572.8326	1.1055E6

	5.00	8.87411E5	71468.22402	.000	629798.4972	1.1450E6
	6.00	2.69439E5	86873.96917	.102	-24162.0074	563039.2074
	7.00	1.09797E6	71162.88097	.000	840780.5454	1.3552E6
	8.00	7.39263E5	79805.19163	.000	464865.9467	1.0137E6
5.00	1.00	-7.63328E4	13080.21659	.000	-120397.8179	-32267.6821
	2.00	-1.18293E6	94822.68545	.000	-1.5253E6	-840574.1569
	3.00	-41857.65000	18596.74661	.606	-106114.6173	22399.3173
	4.00	-8.87411E5	71468.22402	.000	-1.1450E6	-629798.4972
	6.00	-6.17973E5	50644.87787	.000	-799853.7320	-436091.3680
	7.00	2.10558E5	9053.88109	.000	179566.7923	241548.6077
	8.00	-1.48148E5	37238.22963	.019	-281073.8188	-15221.9812
6.00	1.00	5.41640E5	51092.77387	.000	359062.4895	724217.1105
	2.00	-5.64958E5	1.06915E5	.000	-931860.6581	-198055.2419
	3.00	5.76115E5	52775.16897	.000	390524.9029	761704.8971
	4.00	-2.69439E5	86873.96917	.102	-563039.2074	24162.0074
	5.00	6.17973E5	50644.87787	.000	436091.3680	799853.7320
	7.00	8.28530E5	50213.06840	.000	647272.4369	1.0098E6
	8.00	4.69825E5	61855.19559	.000	261071.0276	678578.2724
7.00	1.00	-2.86890E5	11293.38964	.000	-326159.2509	-247621.6491
	2.00	-1.39349E6	94592.76008	.000	-1.7355E6	-1.0514E6
	3.00	-2.52415E5	17386.41907	.000	-314163.1582	-190667.5418
	4.00	-1.09797E6	71162.88097	.000	-1.3552E6	-840780.5454
	5.00	-2.10558E5	9053.88109	.000	-241548.6077	-179566.7923
	6.00	-8.28530E5	50213.06840	.000	-1.0098E6	-647272.4369
	8.00	-3.58706E5	36648.79710	.000	-490727.4591	-226683.7409
8.00	1.00	71815.15000	37845.12693	.872	-62157.3076	205787.6076
	2.00	-1.03478E6	1.01255E5	.000	-1.3885E6	-681025.7966
	3.00	1.06290E5	40087.41138	.313	-32367.8559	244948.3559
	4.00	-7.39263E5	79805.19163	.000	-1.0137E6	-464865.9467
	5.00	1.48148E5	37238.22963	.019	15221.9812	281073.8188
	6.00	-4.69825E5	61855.19559	.000	-678578.2724	-261071.0276
	7.00	3.58706E5	36648.79710	.000	226683.7409	490727.4591

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ 18 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความลึกที่เกิดขึ้นจากการสีกกร่อน ระหว่าง 8 กลุ่ม โดยสถิติการเปรียบเทียบแบบจับคู่พหุคูณ แบบแทมเฮน (Tamhane)

Multiple Comparisons

mean

Tamhane

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-1.52631*	.25282	.000	-2.4149	-.6377
	3.00	.42915*	.09861	.003	.0954	.7629
	4.00	-1.37062*	.20825	.000	-2.0944	-.6469
	5.00	.42550*	.08406	.001	.1268	.7242
	6.00	-1.12159*	.18372	.000	-1.7546	-.4886
	7.00	.79466*	.08171	.000	.4996	1.0897
	8.00	.02700	.11442	1.000	-.3564	.4104
2.00	1.00	1.52631*	.25282	.000	.6377	2.4149
	3.00	1.95546*	.24571	.000	1.0798	2.8311
	4.00	.15568	.30662	1.000	-.8755	1.1869
	5.00	1.95181*	.24024	.000	1.0846	2.8191
	6.00	.40472	.29052	.995	-.5782	1.3876
	7.00	2.32097*	.23943	.000	1.4548	3.1871
	8.00	1.55331*	.25247	.000	.6654	2.4412
3.00	1.00	-.42915*	.09861	.003	-.7629	-.0954
	2.00	-1.95546*	.24571	.000	-2.8311	-1.0798
	4.00	-1.79978*	.19956	.000	-2.5059	-1.0937
	5.00	-.00365	.05932	1.000	-.2112	.2039
	6.00	-1.55074*	.17380	.000	-2.1618	-.9397
	7.00	.36551*	.05596	.000	.1639	.5671
	8.00	-.40215*	.09770	.007	-.7326	-.0717
4.00	1.00	1.37062*	.20825	.000	.6469	2.0944
	2.00	-.15568	.30662	1.000	-1.1869	.8755
	3.00	1.79978*	.19956	.000	1.0937	2.5059

	5.00	1.79613*	.19279	.000	1.1011	2.4912
	6.00	.24904	.25269	1.000	-.5992	1.0972
	7.00	2.16529*	.19178	.000	1.4716	2.8590
	8.00	1.39763*	.20783	.000	.6748	2.1205
5.00	1.00	-.42550*	.08406	.001	-.7242	-.1268
	2.00	-1.95181*	.24024	.000	-2.8191	-1.0846
	3.00	.00365	.05932	1.000	-.2039	.2112
	4.00	-1.79613*	.19279	.000	-2.4912	-1.1011
	6.00	-1.54709*	.16598	.000	-2.1447	-.9494
	7.00	.36916*	.02176	.000	.2924	.4459
	8.00	-.39850*	.08300	.003	-.6933	-.1037
6.00	1.00	1.12159*	.18372	.000	.4886	1.7546
	2.00	-.40472	.29052	.995	-1.3876	.5782
	3.00	1.55074*	.17380	.000	.9397	2.1618
	4.00	-.24904	.25269	1.000	-1.0972	.5992
	5.00	1.54709*	.16598	.000	.9494	2.1447
	7.00	1.91625*	.16480	.000	1.3202	2.5123
	8.00	1.14859*	.18323	.000	.5168	1.7804
7.00	1.00	-.79466*	.08171	.000	-1.0897	-.4996
	2.00	-2.32097*	.23943	.000	-3.1871	-1.4548
	3.00	-.36551*	.05596	.000	-.5671	-.1639
	4.00	-2.16529*	.19178	.000	-2.8590	-1.4716
	5.00	-.36916*	.02176	.000	-.4459	-.2924
	6.00	-1.91625*	.16480	.000	-2.5123	-1.3202
	8.00	-.76766*	.08062	.000	-1.0588	-.4765
8.00	1.00	-.02700	.11442	1.000	-.4104	.3564
	2.00	-1.55331*	.25247	.000	-2.4412	-.6654
	3.00	.40215*	.09770	.007	.0717	.7326
	4.00	-1.39763*	.20783	.000	-2.1205	-.6748
	5.00	.39850*	.08300	.003	.1037	.6933
	6.00	-1.14859*	.18323	.000	-1.7804	-.5168
	7.00	.76766*	.08062	.000	.4765	1.0588

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นางสาว จินตนาลักษณณ์ พรโชติทวีทรัพย์

วัน เดือน ปี เกิด 22 สิงหาคม 2523

วุฒิการศึกษา ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีสำเร็จการศึกษา 2548

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2548 รับราชการทันตแพทย์ประจำ ร.พ.วังสามหมอ อ. วังสามหมอ จ. อุดรธานี

พ.ศ. 2550 รับราชการทันตแพทย์ประจำ ร.พ.พิบูลย์รักษ์ อ.พิบูลย์รักษ์ จ. อุดรธานี