การศึกษาเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟัน ที่มีผลต่อความแข็งผิวระดับจุลภาคและความหยาบของฟันมนุษย์
The Study of Rice Gel as Bleaching Carrier on Microhardness and Roughness of Human Tooth

ณัฐกร กิติศรี[1], ศิริพร โอโกโนกิ[2], สาครรัตน์ คงขุนเทียน[3], พิสัยศิษฏ์ ชัยจรีนนท์[4]
[1]นักศึกษาหลักสูตรการฝึกอบรมทันตแพทย์ประจำบ้านเพื่อวุฒิบัตร ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2]คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[3]ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[4]ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Nattakorn Kitisri[1], Siriporn Okonogi[2], Sakornrat Khongkhunthian[3], Pisaisit Chaijareenont[2]
[1]Residency program (Prosthodontics), Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University
[2]Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University
[3]Department of Restorative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University
[4]Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม. ทันตสาร 2563; 41(1) : 69-80
CM Dent J 2020; 41(1) : 69-80

Received: 24 May, 2019
Revised: 1 July, 2019
Accepted: 19 July, 2019

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: ศึกษาผลของเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันที่มีผลต่อความหยาบและความแข็งผิวระดับจุลภาคของฟันมนุษย์เปรียบเทียบกับเจลฟอกสีฟันทางการค้า

วัสดุและวิธีการ: เตรียมตัวอย่างผิวเคลือบฟันมนุษย์จำนวน 84 ชิ้น แบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 12 ชิ้น สำหรับทดสอบกับเจลฟอกสีฟันชนิดต่าง ๆ ได้แก่ 1) เจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันความเข้มข้นร้อยละ 10 2) เจลฟอกสีฟันทางการค้าความเข้มข้นร้อยละ 10 3) เจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันความเข้มข้นร้อยละ 20 4) เจลฟอกสีฟันทางการค้าความเข้มข้นร้อยละ 20 5) เจลฟอกสีฟันทางการค้าความ

Abstract

Objectives: The purpose of this study was to investigate the effects of rice gel with bleaching agents on human tooth roughness and microhardness compared with commercial bleaching gels.

Methods: Eighty four human tooth samples were prepared and randomly divided in to 7 groups (N=12). The samples were bleached with 7 gels as follow : 1) 10% rice gel with bleaching agents 2) 10% commercial bleaching gel 3) 20% rice gel with bleaching agents 4) 20% commercial bleach-

Corresponding Author:

พิสัยศิษฏ์ ชัยจรีนนท์
อาจารย์ ดร. ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Pisaisit Chaijareenont
Lecturer, Dr., Department of Prosthodontics,
Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,
Chiang Mai 50200, Thailand.
E-mail: ***yodent@hotmail.com***

เข้มข้นร้อยละ 35 เป็นกลุ่มควบคุมผลบวก 6) เจลข้าวเป็นกลุ่มควบคุมผลลบ 7) น้ำลายเทียมเป็นกลุ่มการรักษาหลอก วัดค่าความหยาบผิว ความแข็งแรงผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์และวิเคราะห์ลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด วิเคราะห์ค่าความหยาบผิวและความแข็งผิวระดับจุลภาคด้วยสถิติความแปรปรวนแบบทางเดียวที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษา: ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าความหยาบผิวและค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคในแต่ละกลุ่มทดลอง ส่วนลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของพื้นผิวฟันพบว่ากลุ่มเจลฟอกสีฟันทางการค้า (กลุ่มที่ 2, 4 และ 5) ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงโดยพบลักษณะผิวไม่เรียบมีรูพรุนขนาดเล็กกระจายทั่วไป ขณะที่กลุ่มที่ฟอกด้วยเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟัน (กลุ่มที่ 1 และ 3) กลุ่มเจลข้าวที่ไม่ผสมสารฟอกสีฟัน (กลุ่มที่ 6) และกลุ่มน้ำลายเทียม (กลุ่มที่ 7) พบผิวฟันเรียบไม่มีรูพรุน

สรุป: ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าความหยาบผิวและค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคของฟันมนุษย์ระหว่างเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันและเจลฟอกสีฟันทางการค้า

คำสำคัญ: เจลฟอกสีฟัน ความแข็งผิวระดับจุลภาค ลักษณะจุลสัณฐานวิทยา เจลข้าว ความหยาบผิว

ing gel 5) 35% commercial bleaching gel as a positive control 6) rice gel as a negative control 7) artificial saliva as a placebo. Surface roughness, Vicker's microhardness and scanning electron microscopy were tested. The average of surface roughness and Vicker's microhardness were compared using the One-way ANOVA test ($p<0.05$).

Results: No significant differences in surface roughness and Vicker's microhardness among the groups was found. For surface morphology of the commercial bleaching gels (Groups 2, 4 and 5), the enamel surface textures showed partially-etched surfaces with many shallow depressions, whereas the surface morphology of the rice gels with bleaching agents (Groups 1 and 3), the rice gel (Group 6) and the artificial saliva (Group 7) showed smooth and clear surfaces.

Conclusions: No Significant differences in surface roughness and Vicker's microhardness on human tooth was found between rice gel with bleaching agents and commercial bleaching gels.

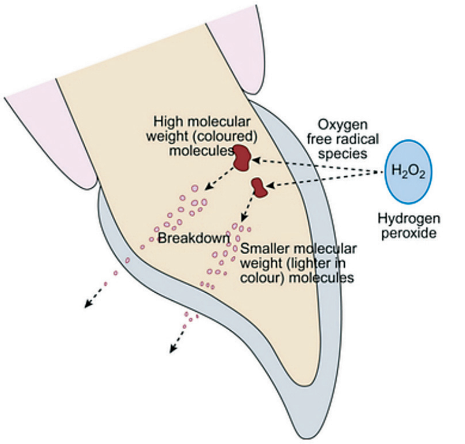
Keywords: bleaching gel, microhardness, microscopic morphology, rice gel, surface roughness

บทนำ

การฟอกสีฟันเป็นการแก้ไขปัญหาด้านความสวยงามทางทันตกรรมที่สงวนเนื้อฟันที่สุด โดยเป็นการเปลี่ยนสีฟันให้มีความขาวสว่างขึ้นด้วยสารเคมี เช่น ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) คาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ (carbamide peroxide) และยูเรียเพอร์ออกไซด์ (urea peroxide) เป็นต้น[1] การฟอกสีฟันแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่การฟอกสีฟันโดยทันตแพทย์ในคลินิก (in-office bleaching) และการฟอกสีฟันโดยผู้ป่วยเอง (home bleaching) จากการศึกษาความพึงพอใจที่ผ่านมาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ป่วยแต่อย่างใด[2,3] การฟอกสีฟันโดยผู้ป่วยเองเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมเนื่องจากให้ประสิทธิภาพที่ดี ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก และค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการจัดการด้านความสวยงามของฟันด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น การทำครอบฟันหรือวีเนียร์ (veneer) เป็นต้น การฟอกสีฟันจึงได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน

เมื่อศึกษาส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เจลฟอกสีฟันในท้องตลาด พบว่าประกอบด้วยส่วนที่ทำปฏิกิริยาและส่วนที่ไม่ทำปฏิกิริยา ส่วนที่ทำปฏิกริยาเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีฟันได้แก่ คาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ โดยเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำลายจะแตกตัวเป็นไฮโดรเจนเพอร์-ออกไซด์[4,5] ที่สามารถกระจายเข้าสู่ผิวฟันเกิดเป็นอนุมูล

อิสระที่ไม่เสถียร (unstable free radical) ไปทำลายพันธะคู่ของโมเลกุลเม็ดสีในฟัน ทำให้โมเลกุลเม็ดสีมีขนาดเล็กลงเป็นผลให้ตัวฟันมีสีขาวขึ้น(6-8) ดังแสดงในรูปที่ 1 ส่วนระยะเวลาในการฟอกสีฟันจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์และบริษัทผู้ผลิตกำหนด



รูปที่ 1 *กลไกในการฟอกสีฟัน (คัดลอกโดยได้รับอนุญาตจาก Mrzezo. Dental bleaching systems 2015 [updated 2015 Jan 31; cited 2018 Apr 1]. Available from: https://pocketdentistry.com/18-dental-bleaching-systems/)*[9]

Figure 1 *Mechanism of tooth bleaching (underprint from Mrzezo. Dental bleaching systems 2015 [updated 2015 Jan 31; cited 2018 Apr 1]. Available from: https://pocketdentistry.com/18-dental-bleaching-systems/)*[9]

ส่วนที่ไม่ทำปฏิกิริยามักอยู่ในรูปแบบเจลซึ่งไม่ได้ทำหน้าที่แตกตัวให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของฟันแต่จะทำหน้าที่เป็นสารตัวนำให้กับสารฟอกสีฟัน มีส่วนประกอบดังนี้[4]

1.สารคงเสถียรภาพ (stabilizer) สารเพิ่มความหนืด (thickening agents) และส่วนทำละลาย (suspending agent)

เจลฟอกสีฟันโดยทั่วไปนิยมใช้คาร์โบพอล [carbopol (carboxypolymethylene)] ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0.5 ถึงร้อยละ 1 ช่วยลดการไหลของสารฟอกสีฟันออกจากถาดพิมพ์ปาก ยืดระยะเวลาการปลดปล่อยของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์จากสารคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ และยังช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่างเพอร์ออกไซด์กับฟันอีกด้วย[10]

2. สารตัวนำ (carrier)

เจลฟอกสีฟันโดยทั่วไปนิยมใช้กลีเซอรีน (glycerin) และโพรพิลีนไกลคอล (propylene glycol) เพื่อ เป็นตัวทำละลายและคงความชุ่มชื้นให้กับสารฟอกสีฟัน

3. สารลดแรงตึงผิว (surfactant) และสารช่วยกระจายเม็ดสี (pigment dispersant)

สารลดแรงตึงผิวจะช่วยให้ส่วนประกอบที่ทำหน้าที่ในการฟอกสีฟันกระจายตัวได้ดียิ่งขึ้น ส่วนสารกระจายเม็ดสีจะช่วยกระจายสีและคงสภาพสีของเจลฟอกสีฟันไว้ได้นานขึ้น

4. สารเพิ่มรสชาติ (flavoring)

ใช้เพื่อปรับรสชาติของผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้นและทำให้ผู้ใช้พึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์มากขึ้น

5. สารกันเสีย (preservative)

สารกันเสียที่นิยมใช้คือ เมทิลโพรพิลพาราเบน (methyl propylparaben) และโซเดียมเบนโซเอต (sodium benzoate) ที่ช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ส่งผลให้เจลฟอกสีฟันมีอายุการใช้งานนานขึ้น

การฟอกสีฟันโดยใช้สารฟอกสีฟันที่มีส่วนประกอบของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์หรือคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวฟันทั้งด้านเคมีและด้านกายภาพซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของเนื้อฟันและเคลือบฟัน[11-19] โครงสร้างของแร่ธาตุในฟัน[20-22] และยังส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของโปรตีนและแคลเซียมบริเวณพื้นผิวฟันได้[23] จากการศึกษาของ Kwon และคณะ ที่ทำการฟอกสีชิ้นฟันทดสอบด้วยเจลฟอกสีฟันทางการค้าหลายชนิด พบว่าการฟอกสีฟันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความแข็งผิวระดับจุลภาคและความหยาบผิวได้[24] อีกทั้งหลายการศึกษาที่ทดลองนำชิ้นฟันทดสอบที่ผ่านการฟอกสีฟันมาส่องดูพื้นผิวฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบมีการสึกกร่อน (erosion) และเกิดรูพรุน (porosity) บนผิวฟันได้[21,25,26] นอกจากนี้การฟอกสีฟันยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ (organic) และสารอนินทรีย์ (inorganic) ในตัวฟันซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถทดสอบได้โดยการศึกษาความแข็งผิวระดับจุลภาคของผิวฟัน[27] โดยการศึกษาของ Lewinstein และคณะ พบว่าชิ้นฟันทดสอบที่มีการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์จากการฟอกสีฟัน จะ

มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าความแข็งผิวกับชิ้นฟันทดสอบที่ไม่ผ่านการฟอกสีฟัน[20] นอกจากนี้การบูรณะฟันภายหลังการฟอกสีฟันยังทำให้ค่าแรงยึดติดและค่าความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างวัสดุอุดสีเหมือนฟันกับผิวเคลือบฟันลดลงได้[28,29] แต่ก็มีหลายการศึกษาที่พบว่าสารฟอกสีฟันไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อฟันทั้งทางด้านเคมีและกายภาพ[16-18,21,30,31]

จากการศึกษาของคณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้นำข้าวที่เป็นพืชเศรษฐกิจและมีความผูกพันกับคนไทยมาช้านานอีกทั้งยังมีต้นทุนที่ต่ำมาพัฒนาให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่าเจลข้าว เพื่อใช้เป็นสารพื้นให้แก่สารหลายชนิดได้แก่ ยาชา ฟลูออไรด์ (fluoride) ยาเททระไซคลิน (tetracyclin) และยาแก้เชื้อรา เป็นต้น พบว่าเจลข้าวที่ใช้เป็นสารพื้นนั้นไม่ส่งผลขัดขวางประสิทธิภาพของยา[32-34] จึงมีความเป็นไปได้ที่เจลข้าวจะมาทดแทนสารพื้นในเจลฟอกสีฟันได้ โดยมีการศึกษาก่อนหน้าที่พบว่าเจลข้าวที่นำมาใช้เป็นสารพื้นในการนำส่งสารฟอกสีฟันไม่มีผลขัดขวางการแตกตัวของคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ในการเปลี่ยนแปลงสีของฟันและมีประสิทธิภาพในการฟอกสีฟันให้ขาวขึ้นไม่แตกต่างจากเจลฟอกสีฟันทางการค้า[35] ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันที่ทางคณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่พัฒนาขึ้น มาทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและกายภาพเปรียบเทียบกับเจลฟอกสีฟันทางการค้าที่มีจำหน่ายในท้องตลาด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฟอกสีฟันที่มีผลต่อค่าความหยาบผิวและความแข็งผิวระดับจุลภาคของฟัน โดยมีสมมุติฐานหลักคือไม่มีความแตกต่างกันของค่าความหยาบผิวและความแข็งผิวระดับจุลภาคของฟัน ภายหลังการฟอกสีฟันด้วยเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันกับการฟอกด้วยเจลฟอกสีฟันทางการค้า

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมชิ้นงาน

การศึกษานี้ผ่านการรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการพิทักษ์สวัสดิภาพและป้องกันภยันตรายของผู้ถูกวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เอกสารเลขที่ 21/2558

นำซี่ฟันตัดบนที่ยังอยู่ในสภาพดีปราศจากรอยผุ รอยร้าว หรือมีตำหนิจากการเจริญน้อยเกินไป (hypoplastic defects) ที่ยังอยู่ในสภาพดีหลังถอนจำนวน 84 ซี่ ถูกเก็บไว้ในสารละลายไทมอล (thymol solution) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ภายใต้อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 4 อาทิตย์หลังถอน นำตัวฟันที่สมบูรณ์ไปตัดด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ (Cutting Machine, IsoMet® 1000 precision saw, Buehler, U.S.A) ภายใต้น้ำหล่อลื่นให้ได้หน้าตัดเคลือบฟันรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 4×4 มิลลิเมตร และลึก 3 มิลลิเมตร สร้างชิ้นงานโดยยึดชิ้นฟันลงในแบบโลหะรูปวงแหวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร สูง 10 มิลลิเมตร ในตำแหน่งกึ่งกลางแบบหล่อและให้ผิวฟันขนานกับพื้นราบ ด้วยเรซินอะคริลิกชนิดบ่มเอง (Orthojet, Lang, Wheeling, Illinois, USA)

การแบ่งกลุ่มทดสอบ

สุ่มแบ่งชิ้นงานออกเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 12 ชิ้น โดยกำหนดอุณหภูมิในการฟอกสีฟันที่ 37 องศาเซลเซียส และกำหนดระยะเวลาในการฟอกสีฟันตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเจลฟอกสีฟันทางการค้า ดังนี้

1) กลุ่มแช่ชิ้นฟันในเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

2) กลุ่มแช่ชิ้นฟันในเจลฟอกสีฟันทางการค้าความเข้มข้นร้อยละ 10 (Opalescence®, Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, U.S.A.) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

3) กลุ่มแช่ชิ้นฟันในเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันความเข้มข้นร้อยละ 20 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

4) กลุ่มแช่ชิ้นฟันในเจลฟอกสีฟันทางการค้าความเข้มข้นร้อยละ 20 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

5) กลุ่มแช่ชิ้นฟันในเจลฟอกสีฟันทางการค้าความเข้มข้นร้อยละ 35 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (กลุ่มควบคุมผลบวก)

6) กลุ่มแช่ชิ้นฟันในเจลข้าวที่ไม่มีสารฟอกสีฟัน เป็นเวลา 8 ชั่วโมง (กลุ่มควบคุมผลลบ)

7) กลุ่มแช่ชิ้นฟันในน้ำลายเทียม (กลุ่มการรักษาหลอก) โดยทุกกลุ่มจะทำการเปลี่ยนน้ำยาฟอกสีฟันทุกวันเป็นเวลา 2 สัปดาห์ดังแสดงในตารางที่ 1

กระบวนการฟอกสีฟัน

เตรียมเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันด้วยการผสมเจลข้าวและคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ใหม่ทุกวันในโกร่งผสมยาให้

ได้ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 20 ด้วยเทคนิคการเจือจางแบบเรขาคณิต (geometric dilution) ส่วนเจลฟอกสีฟันทางการค้าจะอยู่ในรูปผลิตภัณฑ์บรรจุเสร็จพร้อมใช้งาน ใส่เจลฟอกสีฟัน 0.1 มิลลิลิตร ตามด้วยน้ำลายเทียม 0.5 มิลลิลิตร ลงบนชิ้นงานให้เจลและน้ำลายเทียมคลุมผิวฟันทั้งหมด ทำเช่นนี้กับเจลฟอกสีฟันทุกกลุ่ม จากนั้นเก็บชิ้นงานไว้ในตู้ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เพื่อให้มีสภาวะแวดล้อมใกล้เคียงในช่องปากและป้องกันการสูญเสียน้ำของชิ้นฟัน ฟอกสีฟันด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกันตามที่กำหนดไว้ในแต่ละกลุ่มทดสอบ เมื่อฟอกสีฟันเสร็จตามเวลาที่กำหนดในแต่ละวันนำชิ้นงานออกมาล้างผ่านน้ำปราศจากประจุ (deionize water) เป็นเวลา 30 วินาที หรือจนกว่าสารฟอกสีฟันที่ตกค้างบนผิวฟันถูกล้างออกจนหมด ระยะเวลาระหว่างที่ไม่ฟอกสีฟันในแต่ละวันให้ทำการแช่ชิ้นงานในน้ำลายเทียมแล้วเก็บไว้ในตู้ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ก่อนฟอกสีฟันในวันถัดไปให้ทำการล้างน้ำลายเทียมออกด้วยน้ำปราศจากประจุเป็นเวลา 30 วินาที ทำเช่นนี้ทุกวันจนครบ 2 สัปดาห์

ก่อนเริ่มกระบวนการฟอกสีฟันทำการวัดค่าความเป็นกรดด่างของสารฟอกสีฟันทุกกลุ่ม ได้แก่ เจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 20 เจลฟอกสีฟันทางการค้าความเข้มข้นร้อยละ 10 20 และ 35 เจลข้าวที่ไม่ผสมสารฟอกสีฟัน และน้ำลายเทียม ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter, Mettler Toledo MP225, Mettler Toledo GmbH, Zurich, Switzerland) โดยจะทำการวัด 3 ครั้งนำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วจึงกำหนดให้เป็นค่าความเป็นกรดด่างของสารนั้น ดังแสดงในตารางที่ 1

การทดสอบค่าความหยาบของพื้นผิว[27]

นำชิ้นงานทั้ง 7 กลุ่ม ๆ ละ 10 ชิ้น มาวัดค่าความหยาบของพื้นผิวฟัน (surface roughness, Ra) ด้วยเครื่องทดสอบความหยาบละเอียดผิววัสดุ (Mitutoyo-Surftest SJ-410, Nfg Co, Ltd., Ninato-Ku. Tokyo, Japan) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปลายเข็มวัด (stylus) เท่ากับ 5 ไมโครเมตร กำหนดความเร็วในการเคลื่อนเข็มวัด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะการวัด 4 มิลลิเมตรต่อตำแหน่ง จำนวน 3 ตำแหน่งต่อหนึ่งชิ้นงาน ได้แก่แนวตั้ง (vertical) แนวนอน (horizontal) และแนวขวาง (transversal) นำค่าความหยาบของชิ้นฟันที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วจึงกำหนดให้เป็นค่าความหยาบของชิ้นฟันนั้น นำค่าเฉลี่ยความหยาบของพื้นผิวทั้งหมดมาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) ด้วยโปรแกรมเอสพีเอสเอส (SPSS version 17.0 for Windows, IBM, Chicago, IL, USA)

การทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์ (Vicker's microhardness, VHN)[36]

นำชิ้นงานทั้ง 7 กลุ่ม ๆ ละ 10 ชิ้น ที่ผ่านการวัดค่าความหยาบแล้วมาทดสอบต่อด้วยเครื่องทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาค (STARTECH SMC-1000, Guiyang Sunproc International Trade Co.,Ltd., Guiyang, China) วัดความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์บนผิวฟันด้วยหัวกดเพชรขนาดแรงกด 50 กรัม เป็นเวลา 20 วินาที จำนวน 6 จุดต่อหนึ่งชิ้นงาน โดยแต่ละรอยกดห่างกันอย่างน้อย 0.1 มิลลิเมตร นำค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 1 *การแบ่งกลุ่มทดสอบและค่าความเป็นกรดด่าง*

Table 1 *Sample test groups and pH value*

Group	Concentration, pH	Application (14 days)
Group 1: 10% Rice gel	10% CP, pH 6.85	8 hours daily
Group 2: 10% Commercial gel	10% CP, pH 6.25	8 hours daily
Group 3: 20% Rice gel	20% CP, pH 6.8	4 hours daily
Group 4: 20% Commercial gel	20% CP, pH 6.3	4 hours daily
Group 5: 35% Commercial gel (positive control)	35% CP, pH 6.2	1 hours daily
Group 6: Rice gel (negative control)	pH 7.3	8 hours daily
Group 7: Artificial saliva (control)	pH 7.0	8 hours daily

แล้วจึงกำหนดให้เป็นค่าความแข็งผิวแบบวิกเกอร์ของชิ้นงานนั้น นำค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์ทั้งหมดมาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) และบันทึกภาพรอยกดด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล (Digital microscope DVM 6, Leica Microsystems Ltd, Heerbrugg, Switzerland) ที่กำลังขยาย 500 เท่า

วิธีการศึกษาลักษณะพื้นผิวฟันภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด[36]

นำชิ้นงาน 2 ชิ้น จากแต่ละกลุ่มมาศึกษาลักษณะพื้นผิวฟันหลังผ่านการฟอกสีฟันและกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฟอกสีฟันโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JSM-5910LV, JEOL, Peabody, Massachusetts, USA) ที่กำลังขยาย 2000 เท่า ด้วยอัตราเร่ง 20 kV

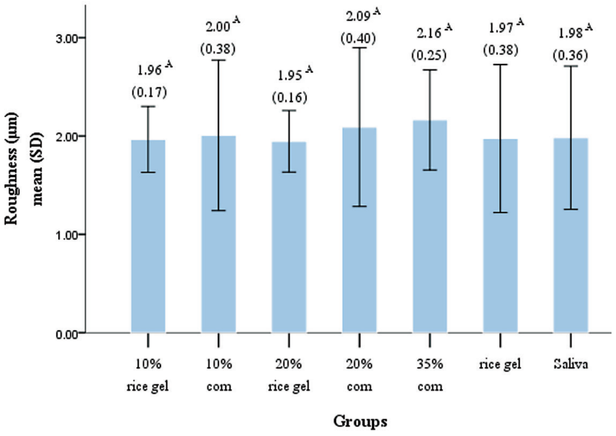
ผลการศึกษา

ผลการศึกษาค่าความหยาบของพื้นผิว

ผิวฟันภายหลังผ่านการฟอกสีฟันด้วยเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันความเข้มข้นร้อยละ 20 มีค่าเฉลี่ยความหยาบผิวต่ำที่สุด (1.95 ± 0.16 ไมโครเมตร) ในขณะที่ผิวฟันที่ผ่านการฟอกด้วยเจลฟอกสีฟันทางการค้าความเข้มข้นร้อยละ 35 ที่เป็นกลุ่มควบคุมผลบวก มีค่าเฉลี่ยความหยาบผิวสูงที่สุด (2.16 ± 0.25 ไมโครเมตร) เมื่อนำข้อมูลทุกกลุ่มมาคำนวณค่าสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.709$) ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1

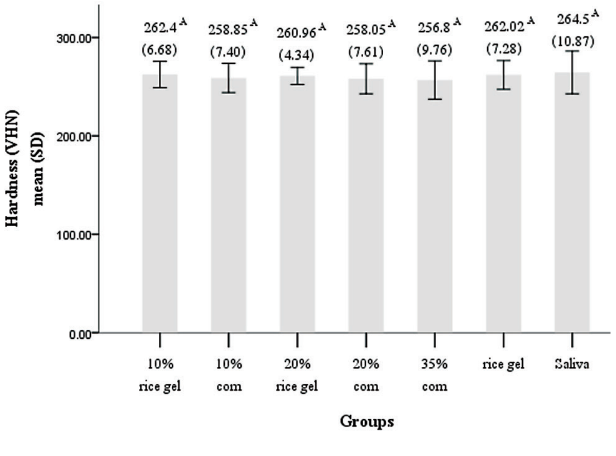
ผลการศึกษาค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์

ผิวฟันภายหลังผ่านการฟอกสีฟันด้วยเจลฟอกสีฟันทางการค้าความเข้มข้นร้อยละ 35 มีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวต่ำที่สุด (256.8 ± 9.76 VHN) ขณะที่ผิวฟันที่แช่ในน้ำลายเทียมที่เป็นกลุ่มการรักษาหลอก มีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวสูงที่สุด (264.5 ± 10.87 VHN) แต่เมื่อนำข้อมูลทุกกลุ่มมาคำนวณค่าสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.440$) ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2



***แผนภูมิที่ 1** ค่าเฉลี่ยความหยาบผิว (ไมโครเมตร) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อักษรตัวยกภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าความหยาบผิวที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05)*

***Diagram 1** Mean and standard deviation (SD) of surface roughness. Different capital superscript letters indicated that surface roughness were significantly different at p< 0.05.*



***แผนภูมิที่ 2** ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบวิกเกอร์ (mean VHN) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อักษรตัวยกภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงถึงค่า VHN ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05)*

***Diagram 2** Mean and standard deviation (SD) of Vicker's hardness number (VHN). Different capital superscript letters indicated that VHN were significantly different at p< 0.05.*

ลักษณะรอยกดที่เกิดขึ้นจากการทดสอบค่าความแข็งผิวของทุกกลุ่มทดสอบเมื่อพิจารณาด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 500 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 2

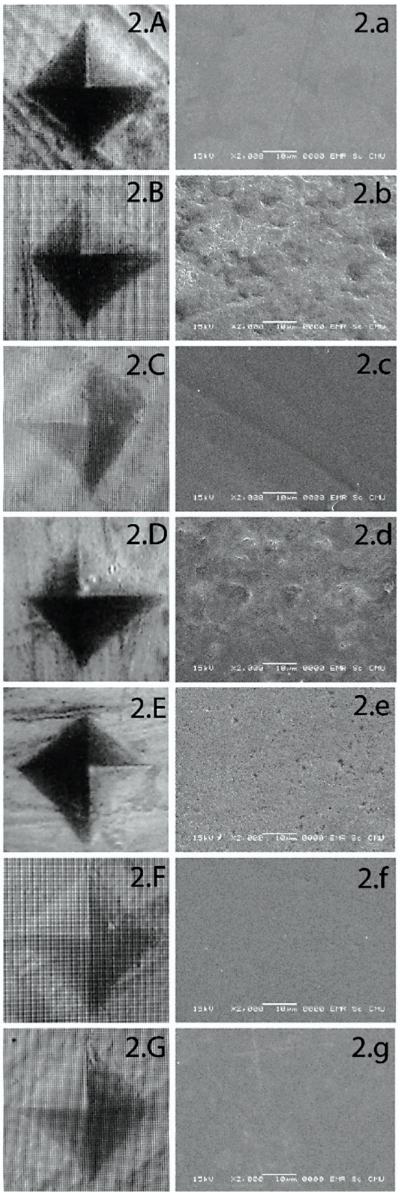
ผลการศึกษาลักษณะพื้นผิวฟันภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

เมื่อพิจารณาลักษณะพื้นผิวฟันทั้ง 7 กลุ่มภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดดังแสดงในรูปที่ 2 พบผิวฟันที่ผ่านการฟอกสีฟันด้วยเจลฟอกสีฟันทางการค้าความเข้มข้นร้อยละ 10 20 และ 35 มีลักษณะผิวไม่เรียบ มีรูพรุนขนาดเล็กกระจายทั่วไป (รูปที่ 2.b 2.d และ 2.e) ในขณะที่ผิวฟันที่ผ่านการฟอกสีฟันด้วยเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 20 (รูปที่ 2.a และ 2.c) กลุ่มเจลข้าวไม่ผสมสารฟอกสีฟันที่เป็นกลุ่มควบคุมผลลบ (รูปที่ 2.f) และกลุ่มน้ำลายเทียมที่เป็นกลุ่มการรักษาหลอก (รูปที่ 2.g) ไม่พบการเปลี่ยนแปลงหรือพบการเปลี่ยนแปลงของผิวฟันเพียงเล็กน้อย

บทวิจารณ์

การศึกษานี้เป็นการศึกษาความหยาบผิวฟันและความแข็งผิวระดับจุลภาคของฟันที่ผ่านการฟอกสีฟันด้วยเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันและเจลฟอกสีฟันทางการค้า โดยผลการวิจัยพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของความหยาบผิวและความแข็งผิวระดับจุลภาคภายหลังการฟอกสีฟันด้วยเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟัน เจลฟอกสีฟันทางการค้า เจลข้าวที่ไม่ผสมสารฟอกสีฟัน และน้ำลายเทียม ดังนั้นจึงได้ผลการศึกษาที่เป็นไปตามสมมติฐานหลักคือ ไม่มีความแตกต่างกันของค่าความหยาบผิวและความแข็งผิวระดับจุลภาคของฟัน ภายหลังการฟอกสีฟันด้วยเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันกับการฟอกด้วยเจลฟอกสีฟันทางการค้า

มีหลายการศึกษากล่าวถึงการฟอกสีฟันด้วยคาร์บาไมด์-เพอร์ออกไซด์ส่งผลต่อทั้งคุณสมบัติเชิงกลและกายภาพของผิวฟัน เช่น ผลต่อความหยาบของฟัน[37,38] ผลต่อค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคของฟัน[12,39,40] ผลต่อส่วนประกอบทางเคมีของฟัน[14,16,18] และยังมีผลต่อความแข็งแรงของการเชื่อมยึดระหว่างเคลือบฟันกับวัสดุอุดสีเหมือนฟันอีกด้วย[22] พบว่าผลต่อความหยาบและความแข็งผิวระดับจุลภาคของฟันนั้นมักจะสัมพันธ์กับการสูญเสียแร่ธาตุ (demineralization)



รูปที่ 2 *: แถวซ้าย ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัลกำลังขยาย 500 เท่าแสดงลักษณะรอยกดที่ได้จากการทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์ของผิวฟันหลังผ่านการฟอกสีฟันในทุกกลุ่มทดสอบ*

: แถวขวา ภาพจากกล้องจุลทรรศอิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 2,000 เท่าแสดงลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของฟันที่ผ่านการฟอกสีฟันในทุกกลุ่มทดสอบ

Figure 2 *: Left row images from digital microscope at magnification 500X characterize indentations from the Vicker's microhardness test of tooth surface after bleached in all groups.*

: Right row images of SEM at magnification 2,000X characterize surface microscopic morphology of tooth after bleached in all groups.

หรือการคืนแร่ธาตุ (remineralization) บริเวณผิวฟัน โดย Shannon และคณะ พบว่าชิ้นฟันทดสอบที่ผ่านการฟอกสีฟันด้วยเจลฟอกสีฟันชนิดฟอกเองที่บ้าน ส่งผลให้ชิ้นฟันทดสอบสูญเสียแร่ธาตุบริเวณผิวฟันได้[19] ในขณะที่ชิ้นฟันทดสอบที่ผ่านการฟอกสีฟันหากนำมาแช่ในน้ำลายเทียมอย่างน้อย 24 ชั่วโมง พบว่าเกิดการคืนกลับของแร่ธาตุที่สูญเสียไปจากการฟอกสีฟันได้[28,41] ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าความหยาบผิวฟันหลังผ่านการฟอกสีฟันในทุกกลุ่มทดสอบซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kwon และคณะ[24] ที่ศึกษาค่าความหยาบของผิวฟันเมื่อผ่านการฟอกสีฟันด้วยเจลฟอกสีฟันทางการค้าหลายยี่ห้อและความเข้มข้น โดยจะทำการแช่ผิวฟันทดสอบในน้ำลายเทียมทั้งในระหว่างขั้นตอนการฟอกสีฟันและหลังฟอกสีฟันเสร็จ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าความหยาบผิวฟันที่ผ่านการฟอกและไม่ผ่านการฟอกสีฟัน และยังสอดคล้องกับการศึกษาในทางคลินิกของ Cadenaro และคณะ[42] ที่ศึกษาเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวฟันก่อนและหลังการฟอกสีฟันโดยการวัดด้วยเครื่องทดสอบความหยาบละเอียดผิววัสดุบนแบบจำลองฟันของอาสาสมัคร พบว่าการฟอกสีฟันไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความหยาบของผิวฟันแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามมีการศึกษาที่ให้ผลขัดแย้งโดย Basting และคณะ ที่ศึกษาเปรียบเทียบค่าความหยาบของชิ้นฟันทดสอบระหว่างกลุ่มควบคุมที่แช่ชิ้นฟันในน้ำลายเทียม กับชิ้นฟันที่ผ่านการฟอกสีฟันเป็นเวลา 3 สัปดาห์ด้วยเจลฟอกสีฟันทางการค้าที่มีคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 พบว่ากลุ่มที่ผ่านการฟอกสีฟันมีค่าความหยาบผิวมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีสาเหตุจากการสูญเสียแร่ธาตุของชิ้นฟันทดสอบ[43]

ในการศึกษานี้พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์ของฟันหลังผ่านการฟอกสีฟันในทุกกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับหลายการศึกษาที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์ของฟันที่ผ่านการฟอกสีฟันด้วยเจลฟอกสีฟันทางการค้าผสมคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์[19,44-47] แต่มีการศึกษาที่ให้ผลขัดแย้งโดย Basting และคณะ[48] ที่ศึกษาการฟอกสีฟันของเจลฟอกสีฟันชนิดฟอกเองที่บ้าน ที่ฟอกสีฟัน 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 42 วัน รวมถึง Chen และคณะ[49] ที่ฟอกสีฟันด้วย เจลฟอกสีฟันทางการค้า 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 14 วัน ทั้งสองการศึกษาพบว่าค่าความแข็งผิวฟันลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ฟอกสีฟัน โดยสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงความแข็งผิวฟันระดับจุลภาคหลังผ่านการฟอกสีฟันนั้นมีหลายปัจจัย ได้แก่ ระยะเวลาที่สารฟอกสีฟันสัมผัสกับตัวฟัน ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของสารฟอกสีฟัน ชนิดของฟัน และสารที่ใช้แช่ฟันระหว่างขั้นตอนการฟอกสีฟัน (storage medium)[36] ซึ่งหลายการศึกษาสรุปไว้ว่าสารที่ใช้แช่ฟันระหว่างขั้นตอนการฟอกสีฟันเป็นปัจจัยสำคัญต่อค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมีส่วนเพิ่มการคืนกลับของแร่ธาตุให้กับผิวฟันที่ผ่านการฟอกสีฟันได้[27,36,39] จึงมีข้อเสนอให้ใช้น้ำลายเทียมหรือน้ำลายมนุษย์เป็นสารแช่ฟันระหว่างขั้นตอนการฟอกสีฟัน การแช่ชิ้นฟันระหว่างการทดลองด้วยน้ำลายเทียมหรือน้ำลายมนุษย์นอกจากจะเป็นการจำลองให้มีความใกล้เคียงสภาพจริงในช่องปากแล้ว ยังสามารถทำให้เกิดการคืนกลับของแร่ธาตุที่อาจสูญเสียไปประหว่างการฟอกสีฟันด้วย[50] ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยกลไกที่ว่าน้ำลายเทียมหรือน้ำลายมนุษย์ที่ประกอบไปด้วยแคลเซียมและฟอสเฟตไอออนสามารถเพิ่มการตกตะกอนแร่ธาตุในผิวเคลือบฟันได้[51] และยังพบว่าการแช่ฟันในน้ำลายเทียมระหว่างขั้นตอนการฟอกสีฟันร่วมกับแช่ต่ออีก 24 ชั่วโมงหลังฟอกสีฟันเสร็จมีส่วนช่วยให้คุณสมบัติเชิงกลและกายภาพของผิวฟันไม่เปลี่ยนแปลงไป[16]

เมื่อพิจารณาพื้นผิวฟันภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่ากลุ่มที่ถูกฟอกสีฟันด้วยเจลฟอกสีฟันทางการค้าที่ผสมคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวฟันอย่างชัดเจน โดยจะเห็นลักษณะผิวถูกกัดไม่เรียบ มีรูพรุนกระจายอยู่ทั่วไป และเมื่อนำไปพิจารณาร่วมกับค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์ก็พบว่ากลุ่มเจลฟอกสีฟันทางการค้ามีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยความแข็งผิวต่ำกว่ากลุ่มเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟัน กลุ่มเจลข้าวที่ไม่ผสมสารฟอกสีฟันและกลุ่มแช่ฟันในน้ำลายเทียม ที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวฟัน แต่ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด หลายการศึกษาให้เหตุผลของการสึกกร่อนของผิวฟันว่าสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดด่างของสารฟอกสีฟัน[19,36,52,53] โดยในการศึกษาของ Xu และคณะ พบว่าสารฟอกสีฟันที่มีค่าความเป็นกรดด่างใกล้เคียงค่าความเป็นกลาง (pH 7.0) ไม่ส่งผลให้เกิดการสึกกร่อนของผิวฟัน ในขณะที่เจลฟอกสีฟันที่มีค่า

ความเป็นกรดด่างต่ำจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวฟันได้[54] ซึ่งได้ผลสอดคล้องกับการศึกษานี้ที่พบว่าเจลฟอกสีฟันทางการค้าที่มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า (pH 6.2-6.3) ก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของผิวฟันในขณะที่เจลข้าวผสมสารฟอกสีฟัน (pH 6.8-6.85) เจลข้าวที่ไม่ผสมสารฟอกสีฟัน (pH 7.1) และน้ำลายเทียม (pH 7.0) ที่มีค่าความเป็นกรดด่างที่ใกล้ค่ากลางมากกว่ากลับไม่พบการเปลี่ยนแปลงของผิวฟันหรือมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงอาจสรุปได้ว่าเจลฟอกสีฟันที่มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ใกล้กลางมากกว่า (pH 7.0) อาจเป็นสาเหตุให้ผิวฟันไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้

เนื่องจากเจลฟอกสีฟันทางการค้าและเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันมีองค์ประกอบคล้ายกันประกอบด้วย สารที่ทำหน้าที่แตกตัวคือคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์และสารที่ไม่ทำหน้าที่แตกตัวคือเจล แสดงว่าเจลข้าวที่นำมาใช้เป็นสารพื้นทดแทนสารพื้นของเจลฟอกสีฟันทางการค้านั้นไม่มีผลทำให้ค่าความหยาบผิวและค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับเจลฟอกสีฟันในท้องตลาด แต่ด้วยค่าความเป็นกรดด่างของเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันที่มีค่าใกล้กลางมากกว่าเจลฟอกสีฟันทางการค้า จึงไม่ส่งผลต่อลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของผิวฟัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของเจลฟอกสีฟันที่ใช้เจลข้าวเป็นสารพื้นในระบบนำส่งยาแบบเฉพาะที่

จากการศึกษาก่อนหน้าของ Natthachai และคณะ[35] ที่ศึกษาถึงประสิทธิผลของเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟันมนุษย์เปรียบเทียบกับเจลฟอกสีฟันทางการค้า ซึ่งได้ข้อสรุปว่าเจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันและเจลฟอกสีฟันทางการค้ามีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงสีใกล้เคียงกัน เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับผลทดสอบค่าความหยาบผิวและค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์ของการศึกษานี้ อาจกล่าวได้ว่าเจลข้าวสามารถทำหน้าที่เป็นเจลพื้นสำหรับสารฟอกสีฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแผนงานวิจัยเรื่องการพัฒนาเจลข้าวสำหรับใช้ทางทันตกรรมที่เป็นโครงการวิจัยร่วมระหว่างคณะเภสัชศาสตร์และคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สามารถนำข้าวไทยมาดัดแปรด้วยวิธีการทางเภสัชวิทยาจนสามารถก่อตัวเป็นเจลได้รวมถึงมีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่เหมาะสมในการนำมาทำเป็นเจลพื้นในระบบนำส่งยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ[32,33]

บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดทางการวิจัยในการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า

1. เจลข้าวที่ผสมสารฟอกสีฟันให้คุณสมบัติทางกลไม่แตกต่างจากเจลฟอกสีฟันทางการค้า เมื่อประเมินด้วยค่าความหยาบผิวฟัน และค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์ของซี่ฟันที่ถูกฟอกสีฟัน ซึ่งแสดงผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2. เจลข้าวผสมสารฟอกสีฟันที่มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ใกล้กลางมากกว่าเจลฟอกสีฟันทางการค้า ไม่ส่งผลรบกวนต่อลักษณะทางกายภาพเมื่อประเมินด้วยภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

3. เจลข้าวไม่มีส่วนในการฟอกสีชิ้นผิวเคลือบฟันมนุษย์จึงไม่ขัดขวางและไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการฟอกสีฟันที่มีสารคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์เป็นสารออกฤทธิ์

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรมทันตแพทย์ประจำบ้านเพื่อวุฒิบัตรจากราชวิทยาลัยทันตแพทย์แห่งประเทศไทย ขอบคุณศูนย์วิจัยทางนาโนเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย และขอขอบคุณ ดร.ธนพัฒน์ ศาสตระรุจิ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์ทางสถิติในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Setien VJ, Roshan S, Nelson PW. Clinical management of discolored teeth. *Gen Dent* 2008; 56: 294-300.
2. Giachetti L, Bertini F, Bambi C, et al. A randomized clinical trial comparing at-home and in-office tooth whitening techniques: a nine-month follow-up. *J Am Dent Assoc* 2010; 141: 1357-1364.

3. Auschill TM, Hellwig E, Schmidale S, et al. Efficacy, side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home). *Oper Dent* 2005; 30: 156-163.
4. Alqahtani MQ. Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: a literature review. *Saudi Dent J* 2014; 26: 33-46.
5. Kwon SR, Wertz PW. Review of the mechanism of tooth whitening. *J Esthet Restor Dent* 2015; 27: 240-257.
6. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. *J Dent* 2006; 34: 412-419.
7. Minoux M, Serfaty R. Vital tooth bleaching: biologic adverse effects-a review. *Quintessence Int* 2008; 39: 645-659.
8. Dahl JE, Pallesen U. Tooth bleaching a critical review of the biological aspects. *Crit Rev Oral Biol Med* 2003; 14: 292-304.
9. Mrzezo. Dental bleaching systems 2015 [updated 2015 Jan 31; cited 2018 Apr 1]. Available from: https://pocketdentistry.com/18-dental-bleaching-systems/
10. Rodrigues JA, Oliveira GP, Amaral CM. Effect of thickener agents on dental enamel microhardness submitted to at-home bleaching. *Braz Oral Res* 2007; 21: 170-175.
11. Al-Salehi SK, Wood DJ, Hatton PV. The effect of 24h non-stop hydrogen peroxide concentration on bovine enamel and dentine mineral content and microhardness. *J Dent* 2007; 35: 845-850.
12. Araujo O, Baratieri LN, Araujo E. In situ study of in-office bleaching procedures using light sources on human enamel microhardness. *Oper Dent* 2010; 35: 139-146.
13. Azer SS, Machado C, Sanchez E, et al. Effect of home bleaching systems on enamel nanohardness and elastic modulus. *J Dent* 2009; 37: 185-190.
14. Azrak B, Callaway A, Kurth P, et al. Influence of bleaching agents on surface roughness of sound or eroded dental enamel specimens. *J Esthet Restor Dent* 2010; 22: 391-399.
15. Efeoglu N, Wood D, Efeoglu C. Microcomputerised tomography evaluation of 10% carbamide peroxide applied to enamel. *J Dent* 2005; 33: 561-567.
16. Josey AL, Meyers IA, Romaniuk K, et al. The effect of a vital bleaching technique on enamel surface morphology and the bonding of composite resin to enamel. *J Oral Rehabil* 1996; 23: 244-250.
17. McGuckin RS, Babin JF, Meyer BJ. Alterations in human enamel surface morphology following vital bleaching. *J Prosthet Dent* 1992; 68: 754-760.
18. Bitter NC, Sanders JL. The effect of four bleaching agents on the enamel surface: a scanning electron microscopic study. *Quintessence Int* 1993; 24: 817-824.
19. Shannon H, Spencer P, Gross K, et al. Characterization of enamel exposed to 10% carbamide peroxide bleaching agents. *Quintessence Int* 1993; 24: 39-44.
20. Lewinstein I, Hirschfeld Z, Stabholz A, et al. Effect of hydrogen peroxide and sodium perborate on the microhardness of human enamel and dentin. *J Endod* 1994; 20: 61-63.
21. Zalkind M, Arwaz JR, Goldman A, et al. Surface morphology changes in human enamel, dentin and cementum following bleaching: a scanning electron microscopy study. *Endod Dent Traumatol* 1996; 12: 82-88.
22. Kwon YH, Huo MS, Kim KH, et al. Effects of hydrogen peroxide on the light reflectance and morphology of bovine enamel. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 473-477.

23. Bailey SJ, Swift EJ. Effects of home bleaching products on composite resins. *Quintessence Int* 1992; 23: 489-494.
24. Kwon SR, Kurti SR, Oyoyo U, et al. Effect of various tooth whitening modalities on microhardness, surface roughness and surface morphology of the enamel. *Odontology* 2015; 103: 274-279.
25. Ernst CP, Marroquin BB, Willershausen-Zonnchen B. Effects of hydrogen peroxide-containing bleaching agents on the morphology of human enamel. *Quintessence Int* 1996; 27: 53-56.
26. Pretty IA, Edgar WM, Higham SM. The effect of bleaching on enamel susceptibility to acid erosion and demineralisation. *Br Dent J* 2005; 198: 285-290.
27. DE Abreu DR, Sasaki RT, Amaral FL, et al. Effect of home-use and in-office bleaching agents containing hydrogen peroxide associated with amorphous calcium phosphate on enamel microhardness and surface roughness. *J Esthet Restor Dent* 2011; 23: 158-168.
28. Dishman MV, Covey DA, Baughan LW. The effects of peroxide bleaching on composite to enamel bond strength. *Dent Mater* 1994; 10: 33-36.
29. Garcia-Godoy F, Dodge WW, Donohue M, et al. Composite resin bond strength after enamel bleaching. *Oper Dent* 1993; 18: 144-147.
30. Ruse ND, Smith DC, Torneck CD, et al. Preliminary surface analysis of etched, bleached, and normal bovine enamel. *J Dent Res* 1990; 69: 1610-1613.
31. Haywood VB, Leech T, Heymann HO, et al. Nightguard vital bleaching: effects on enamel surface texture and diffusion. *Quintessence Int* 1990; 21: 801-804.
32. Okonogi S, Khongkhunthian S, Jaturasitha S. Development of mucoadhesive buccal films from rice for pharmaceutical delivery systems. *Drug Discov Ther* 2014; 8: 262-267.
33. Okonogi S, Kaewpinta A, Khongkhunthian S, et al. Effect of rice variety on the physicochemical properties of the modified rice powders and their derived mucoadhesive gels. *Drug Discov Ther* 2015; 9: 221-228.
34. Okonogi S, Kaewpinta A, Yotsawimonwat S, et al. Preparation and characterization of lidocaine rice gel for oral application. *Drug Discov Ther* 2015; 9: 397-403.
35. Jaraspankul N, Sukapattee M, Sirisuwat C, et al. In vitro effectiveness of rice gel as beaching carrier on color alteration of human tooth. *CM Dent J* 2018; 39(3): 59-69.(in Thai)
36. Lopes GC, Bonissoni L, Baratieri LN, et al. Effect of bleaching agents on the hardness and morphology of enamel. *J Esthet Restor Dent* 2002; 14: 24-30.
37. Mondelli RF, Azevedo JF, Francisconi PA, et al. Wear and surface roughness of bovine enamel submitted to bleaching. *Eur J Esthet Dent* 2009; 4: 396-403.
38. Tezel H, Ertas OS, Ozata F, et al. Effect of bleaching agents on calcium loss from the enamel surface. *Quintessence Int* 2007; 38: 339-347.
39. Attin T, Schmidlin PR, Wegehaupt F, et al. Influence of study design on the impact of bleaching agents on dental enamel microhardness: a review. *Dent Mater* 2009; 25: 143-157.
40. Sulieman M, Addy M, Macdonald E, et al. A safety study in vitro for the effects of an in-office bleaching system on the integrity of enamel and dentine. *J Dent* 2004; 32: 581-590.

41. Featherstone JD, O'Really MM, Shariati M, et al. *Factors relating to demineralization and remineralization of the teeth.* Oxford: S.A. Leach; 1986: 23-34.
42. Cadenaro M, Breschi L, Nucci C, et al. Effect of two in-office whitening agents on the enamel surface in vivo: a morphological and non-contact profilometric study. *Oper Dent* 2008; 33: 127-134.
43. Basting RT, Rodrigues AL, Serra MC. Micromorphology and surface roughness of sound and demineralized enamel and dentin bleached with a 10% carbamide peroxide bleaching agent. *Am J Dent* 2007; 20: 97-102.
44. Smidt A, Weller D, Roman I, et al. Effect of bleaching agents on microhardness and surface morphology of tooth enamel. *Am J Dent* 1998; 11: 83-85.
45. Murchison DF, Charlton DG, Moore BK. Carbamide peroxide bleaching: effects on enamel surface hardness and bonding. *Oper Dent* 1992; 17: 181-185.
46. Seghi RR, Denry I. Effects of external bleaching on indentation and abrasion characteristics of human enamel in vitro. *J Dent Res* 1992; 71: 1340-1344.
47. Potocnik I, Kosec L, Gaspersic D. Effect of 10% carbamide peroxide bleaching gel on enamel microhardness, microstructure, and mineral content. *J Endod* 2000; 26: 203-206.
48. Basting RT, Rodrigues AL, Jr., Serra MC. The effects of seven carbamide peroxide bleaching agents on enamel microhardness over time. *J Am Dent Assoc* 2003; 134: 1335-1342.
49. Chen HP, Chang CH, Liu JK, et al. Effect of fluoride containing bleaching agents on enamel surface properties. *J Dent* 2008; 36: 718-725.
50. Freitas P, Turssi C, Hara A, et al. Monitoring of demineralized dentin microhardness throughout and after bleaching. *Am J Dent* 2004; 17: 342-346.
51. Basting RT, Rodrigues JA, Serra MC, et al. Shear bond strength of enamel treated with seven carbamide peroxide bleaching agents. *J Esthet Restor Dent* 2004; 16: 250-259.
52. Joiner A. Review of the effects of peroxide on enamel and dentine properties. *J Dent* 2007; 35: 889-896.
53. Sa Y, Chen D, Liu Y, et al. Effects of two in-office bleaching agents with different pH values on enamel surface structure and color: an in situ vs. in vitro study. *J Dent* 2012; 40: 26-34.
54. Xu B, Li Q, Wang Y. Effects of pH values of hydrogen peroxide bleaching agents on enamel surface properties. *Oper Dent* 2011; 36: 554-562.