ประสิทธิภาพของน้ำยาฟอกสีฟันที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟัน

THE EFFICIENCY OF TOOTH BLEACHING AGENT ACTIVATED WITH ZINC OXIDE ON TOOTH COLOR CHANGE

นัชชา คลังจตุรเวทย์[1], *ดวงพร ศรีสุภาพ*[2], *ณปภา เอี่ยมจิรกุล*[3], *ภาวิณีย์ ปฏิพัทธ์วุฒิกุล ดิดรอน*[4]*

Nutcha Klungjaturavet[1], *Duangporn Srisuparbh*[2], *Napapa Aimjirakul*[3], *Pavinee Padipatvuthikul Didron*[4]*

[1]*สาขาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*

[1]*Program in General Dentistry, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.*

[2]*ภาควิชาโอษฐวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*

[2]*Department of Stomatology, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.*

[3]*ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*

[3]*Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.*

[4]*ภาควิชาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*

[4]*Department of General Dentistry, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.*

**Corresponding author, e-mail: pavinee.didron@gmail.com*

Received: *1 June 2022;* ***Revised:*** *1 July 2022;* ***Accepted:*** *11 July 2022*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงสีฟันของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ และน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ ฟันกรามน้อยบนจำนวน 40 ซี่ ถูกแบ่งเป็น 8 กลุ่ม เพื่อรับการฟอกสีฟันด้วยน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ และน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ความเข้มข้น 0.1% โดยใช้ระยะเวลาการฟอกสีฟัน 8, 16, 24 และ 32 นาที วัดค่าสีฟันก่อนและหลังจากฟอกสีฟันด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง และใช้วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณแบบบอนเฟอโรนีที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α = 0.05) เมื่อใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 8, 16, 24 และ 32 นาที พบว่าค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของกลุ่มที่ฟอกด้วยน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ คือ 3.02±1.79, 4.39±1.19, 5.12±1.41 และ 5.09±0.27 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของกลุ่มที่ฟอกด้วยน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 8, 16, 24 และ 32 นาที คือ 4.43±1.27, 4.99±1.35, 7.49±1.09 และ 7.02±0.29 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 24 และ 32 นาที กลุ่มที่ฟอกสีด้วยน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันมากกว่ากลุ่มที่ฟอกด้วยน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 และ 16 นาที จากผลการศึกษานี้สรุปได้ว่าน้ำยาฟอกสีฟัน

โพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงสีฟันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 24 และ 32 นาที

คำสำคัญ: น้ำยาฟอกสีฟัน โพลาออฟฟิศ ซิงค์ออกไซด์ การเปลี่ยนแปลงสีฟัน

Abstract

The purpose of this study was to investigate an efficiency of tooth bleaching agents and tooth bleaching agent activated with zinc oxide on tooth color change. Forty premolar teeth were divided into eight groups, each group was treated with PolaOffice® and PolaOffice® activated with 0.1% zinc oxide, using 8, 16, 24 and 32 minutes bleaching time. The tooth color was measured before and after bleaching, using the Spectrophotometer. The data was statistically analyzed using two-way ANOVA and Post-Hoc Bonferroni test at 95% level of confidence (α = 0.05). The average tooth color change of the group treated with PolaOffice® for 8, 16, 24 and 32 minutes were 3.02±1.79, 4.39±1.19, 5.12±1.41 and 5.09±0.27 respectively, whereas the average tooth color change of the group treated with PolaOffice® activated with zinc oxide for 8, 16, 24 and 32 minutes were 4.43±1.27, 4.99±1.35, 7.49±1.09, and 7.02±0.29 respectively. The statistical analysis showed that the tooth color change of groups treated with PolaOffice® activated with zinc oxide for 24 and 32 minutes were significantly higher than the group treated with PolaOffice® for the same duration. In conclusion, PolaOffice® activated with 0.1% zinc oxide can significantly improve the tooth color change when using 24 and 32 minutes bleaching time.

Keywords: Tooth Bleaching Agents, Pola Office, Zinc Oxide, Tooth Color Change

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสีฟัน (Tooth discoloration) เป็นปฏิกิริยาทางเคมีจากการที่มีสารโครมาเจน (Chromagen) มาสัมผัสกับโครงสร้างฟันแล้วทำให้ฟันเปลี่ยนเป็นสีที่ไม่ต้องการ กลไกการสะสมสารโครมาเจนสามารถก่อให้เกิดการติดสีภายนอกฟัน (Extrinsic stain) เช่น กรณีของสารที่ได้จากการย่อยสลายของอาหารหรือเครื่องดื่ม หรืออาจก่อให้เกิดการติดสีภายในฟัน (Intrinsic stain) เช่น กรณีการติดสีวัสดุอมัลกัม (Amalgam) หรือการติดสีจากการใช้ยาเตตร้าไซคลิน (Tetracycline) การฟอกสีฟันเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถกำจัดหรือลดคราบสีดังกล่าวได้ เนื่องจากสารฟอกสีฟันสามารถแพร่เข้าสู่ชั้นเคลือบฟัน และเนื้อฟันเพื่อไปออกซิไดซ์ (Oxidize) สารโคร-มาเจนที่สะสมอยู่ได้ [1-3]

การฟอกสีฟันในฟันที่มีชีวิต ได้แก่ การฟอกสีฟันในคลินิกทันตกรรม (In-office bleaching) การฟอกสีฟันเองที่บ้าน (Home bleaching) ด้วยน้ำยาที่สั่งจ่ายโดยทันตแพทย์ หรือน้ำยาที่ผู้ป่วยสามารถหาซื้อได้เอง [3] สำหรับการฟอกสีฟันในคลินิกนั้นทันตแพทย์จะควบคุมกระบวนการฟอกสีฟันโดยใช้น้ำยาฟอกสีฟันที่มีความเข้มข้นของสารที่ทำให้ฟันขาวในปริมาณที่สูง ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) ที่มีความเข้มข้น 25-40% ทาลงบนผิวฟันตามระยะเวลาที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด และอาจใช้แสงเป็นปัจจัยกระตุ้นการแตกตัวของน้ำยาฟอกสีฟัน จนกระทั่งฟันมีการเปลี่ยนสีขาวขึ้น [2, 4] ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีฟันที่ได้รับการฟอก ประกอบด้วย อายุของผู้ป่วย ชนิดของน้ำยาฟอกสีฟัน ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ (Metal catalyst)

เอนไซม์ออกซิรีดักเตส (Oxireductase enzyme*)* ความเข้มข้นของสารฟอกสีฟัน ระยะเวลาของการฟอกสีฟัน ความร้อนและแสงที่ใช้กระตุ้นสารฟอกสีฟัน [5-8]

กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (Photocatalysis process) คือ กระบวนการของตัวเร่งปฏิกิริยาสารเคมีที่ต้องการแสงเพื่อเร่งปฏิกิริยาเคมี กลไกของกระบวนการนี้เริ่มจากแสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet light) และ/หรือแสงที่มองเห็นได้ (Visible light) กระตุ้นโลหะออกไซด์ (Metal oxide) สร้างคู่อิเล็กตรอนกับโฮล ส่งผลให้อิเล็กตรอนถูกกระตุ้นให้วิ่งจากแถบเวเลนซ์ (Valence band) ไปแถบนำ (Conduction band) ต่อมาสารประกอบที่อยู่บนผิวของสารเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (Photocatalyst) จะถูกรีดิวซ์หรือออกซิไดซ์ เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชันบนแถบเวเลนซ์ที่เปลี่ยนไฮดรอกซิลแอนไอออน (Hydroxyl anion) เป็นสารอนุมูลไฮดรอกซิล (Hydroxyl radical) ปฏิกิริยารีดักชันบนแถบนำที่เปลี่ยนออกซิเจน (Oxygen) เป็นสารอนุมูลออกซิเจน (Oxygen radical) ปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดขึ้นต่อเนื่องจนกระทั่งสารอนุมูลทั้งหมดทำให้สารประกอบเสื่อมสภาพ [9-11]

ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide) เป็นสารเคมีที่สามารถเกิดกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง โดยสร้างอิเล็กตรอนและโฮล ซึ่งเป็นสารที่มีความสำคัญต่อการสร้างสารออกซิไดซ์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ [11-13] โดยทั่วไปจะใช้ปริมาณความเข้มข้นของสารซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1-25 โดยน้ำหนัก และจากสิทธิบัตรสารที่ทำให้ฟันขาวร่วมกับสารเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง มีการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 9 ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 4-6 โดยน้ำหนัก และใช้แสงความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร เพื่อกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา [14]

เนื่องจากการใช้น้ำยาฟอกสีฟันที่มีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นต่ำร่วมกับระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟันลดลงสามารถลดสภาวะแทรกซ้อนได้ [15] ดังนั้นการศึกษานี้ได้สนใจพัฒนาส่วนประกอบของน้ำยาฟอกสีฟันที่ใช้ฟอกสีฟันในคลินิกเพื่อลดปริมาณสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอนาคตและเพิ่มประสิทธิภาพทำให้ฟันขาวขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ *(*PolaOffice®*)* ที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟัน เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศในรูปแบบปกติ โดยออกแบบให้รูปแบบของการศึกษามีความสอดคล้องกับสภาวะทางคลินิก สมมติฐานของการศึกษานี้คือ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศและน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีฟันแตกต่างกัน

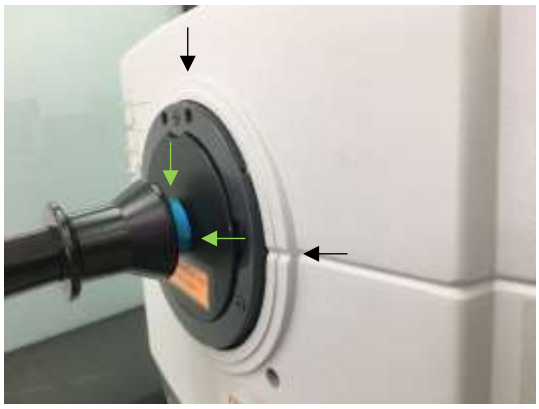
วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยประสิทธิภาพของน้ำยาฟอกสีฟันที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟันนี้ใช้ฟันกรามน้อย 55 ซี่ และได้ผ่านการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมสำหรับโครงการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (หมายเลขรับรอง SWUEC*/X/*G-077/2564) มีการกำหนดเกณฑ์คัดเลือกฟันตัวอย่าง คือ ไม่มีรอยผุ ไม่มีรอยร้าว ไม่มีวัสดุบูรณะ หรือลักษณะผิดปกติอื่น ๆ บนตัวฟัน ทำการเก็บสะสมฟันกรามน้อยที่ถูกถอนเนื่องจากการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ทำความสะอาดฟันตัวอย่างโดยกำจัดเศษเนื้อเยื่ออ่อนด้วยเครื่องมือขูดหินน้ำลาย (Periodontal curette) และเก็บฟันตัวอย่างในสารละลายไทมอล ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลาไม่เกิน 1 เดือน

1. การเตรียมฟันตัวอย่าง

นำฟันตัวอย่างที่เก็บได้มาแช่ในน้ำกลั่นก่อนเตรียมชิ้นงาน 1 สัปดาห์ ตัดฟันด้วยเครื่องตัดฟัน รุ่น IsoMet (Buehler, Illinois, USA) บริเวณรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน (Cementoenamel junction) และตัดแบ่งครึ่งซี่ฟันบริเวณร่องกลางฟัน (Central groove) ในแนวด้านใกล้กลางถึงไกลกลาง (Mesial-Distal) เพื่อให้ได้ชิ้นฟันด้านใกล้แก้ม ทำการตรวจสอบฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (SZ61, Olympus, Tokyo, Japan) ที่กำลังขยาย 20x เพื่อคัดแยกฟันแตกร้าว (Crack) หรือฟันที่มีความผิดปกติ (Defect) ออกจากการศึกษา

นำฟันที่คัดเลือกแล้วยึดติดกับอีพอกซี่เรซินชนิดใส (Epoxy resin, All Art Center, Nonthaburi, Thailand) โดยที่อีพอกซี่เรซินชนิดใสสัมผัสด้านเนื้อเยื่อในไว้จนถึงกึ่งกลางฟันและหงายผิวฟันด้านใกล้แก้มขึ้นในท่อพีวีซี (PVC) เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร ใช้ผงขัดพิวมิซปราศจากฟลูออไรด์ (Fluoride-free pumice, Whipmix, Kentucky, USA) ร่วมกับหัวขัดยางรูปถ้วย (Polishing cup, PENG LIM Enterprise, Kaohsiung, Taiwan) และด้ามจับหัวกรอฟันแบบช้าทำความสะอาดผิวฟัน ล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วใช้ผ้าก๊อซซับให้แห้ง [16] ทำการวัดค่าสีฟันด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer, UltraSCAN® PRO, Hunter Associates Laboratory, Virginia, USA) เป็นค่าเริ่มต้นในแต่ละชิ้นงานตัวอย่าง (Baseline) จากนั้นทำเครื่องหมายบนท่อพีวีซีด้านบน ซ้ายและขวา ให้ตรงกับร่องบนเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (ลูกศร) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การวัดสีฟันด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง

จำนวนฟันตัวอย่างทั้งหมด 55 ซี่ แบ่งมาทดสอบหาความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับน้ำยาฟอกสีฟันจำนวน 15 ซี่ และใช้ทดสอบประสิทธิภาพการฟอกสีของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศและน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลาแตกต่างกันจำนวน 40 ซี่

2. การเตรียมน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศและโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์

เตรียมน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ ตามคำแนะนำการใช้ผลิตภัณฑ์น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ (PolaOffice®, SDI Limited, Victoria, Australia) โดยชั่งน้ำหนักผงโพลาออฟฟิศ 0.3 กรัม ผสมกับส่วนของเหลวโพลาออฟฟิศ 2 มิลลิลิตร

เตรียมน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยคำนวณน้ำหนักผงซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide Powder, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) จากสูตร

$$\text{ร้อยละโดยน้ำหนักของสาร} = \frac{\text{น้ำหนักของสาร}}{\text{น้ำหนักทั้งหมด}} \times 100$$

จากนั้นชั่งน้ำหนักผงซิงค์ออกไซด์ที่คำนวณได้ โดยกลุ่มที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 0.1 2 4 และ 6 ใช้ผงซิงค์ออกไซด์ 0.003 0.057 0.116 และ 0.178 กรัม ตามลำดับ จากนั้นนำผงซิงค์ออกไซด์ในแต่ละกลุ่มมาผสมละลายในน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ 2 มิลลิลิตร ที่เตรียมตามคำแนะนำของบริษัทข้างต้น ผสมให้เข้ากันเป็นระยะเวลา 30 วินาที

3. การทดสอบหาความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ที่เหมาะสมในน้ำยาฟอกสีฟัน

3.1 การทดสอบความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์และอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา

แบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ตามความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ในน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 0.1 2 4 และ 6 ตามลำดับ [11, 14] ทำการทดสอบกลุ่มละ 3 ชิ้นตัวอย่าง โดยผสมน้ำยาฟอกสีฟันตามความเข้มข้นที่กำหนด และวัดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาด้วยหัววัดของเทอร์มอคัปเปิล (Thermocouple, testo 925, Testo SMI Sdn Bhd, Selangor Darul Ehsan, Malaysia) บันทึกอุณหภูมิที่เกิดจากปฏิกิริยา ทุก ๆ 1 นาที ตลอดการทดลอง

เมื่ออุณหภูมิของน้ำยาฟอกสีฟันที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ มีอุณหภูมิเท่ากับหรือน้อยกว่า 45 องศาเซลเซียส จึงเริ่มทำการฟอกสีฟันด้วยระบบแสงแอลอีดี (Saab® KY-M209, Foshan Keyuan Medical Equipment Co., Ltd., Foshan City, China) โดยทาน้ำยาลงบนชิ้นตัวอย่างหนา 1 มิลลิเมตร และจัดตำแหน่งให้มีระยะห่างระหว่างชิ้นตัวอย่างกับแหล่งกำเนิดแสง 3 เซนติเมตร กระตุ้นด้วยแสงแอลอีดีเป็นระยะเวลา 8 นาที เช็ดน้ำยาฟอกสีฟันออก แล้วทำการฟอกสีซ้ำตามวิธีเดิมจนครบ 4 รอบ (32 นาที) ตามคำแนะนำการใช้ผลิตภัณฑ์น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระบุจำนวนรอบสูงสุด 4 รอบ โดยแต่ละรอบใช้ระยะเวลาฟอกสีฟันนาน 8 นาที

3.2 การทดสอบความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ต่อการฟอกสีฟัน

นำฟันตัวอย่าง จำนวน 15 ซี่ แบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม ตามความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ในน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 0.1 2 4 6 และกลุ่มควบคุมคือน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ กลุ่มละ 3 ตัวอย่าง เตรียมน้ำยาฟอกสีฟันในแต่ละกลุ่ม สำหรับกลุ่มน้ำยาฟอกสีที่มีอุณหภูมิสูง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำยาฟอกสีฟันลดลงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 45 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่เริ่มรับรู้ความเจ็บปวด (Pain threshold) [17] ทาน้ำยาฟอกสีฟันด้วยพู่กันขนาดเล็กบนผิวฟันหนา 1 มิลลิเมตร และกระตุ้นด้วยแสงแอลอีดี โดยมีระยะห่างระหว่างชิ้นตัวอย่างกับแหล่งกำเนิดแสง 3 เซนติเมตร เป็นระยะเวลา 8 นาที

จากนั้นใช้ผ้าก๊อซเช็ดน้ำยาฟอกสีฟันออก และทำการฟอกสีฟันซ้ำตามวิธีเดิมจนครบ 4 รอบ (32 นาที) เก็บชิ้นงานตัวอย่างในน้ำกลั่น แล้วนำชิ้นงานตัวอย่างประเมินการเปลี่ยนแปลงสีของฟันด้วยเครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงแล้วเลือกความเข้มข้นของน้ำยาฟอกสีฟันที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบจากค่าความสว่างที่แตกต่างกัน (ΔL) มากที่สุด ค่าแกนสีน้ำเงิน-เหลืองที่แตกต่างกัน (Δb) น้อยที่สุด และค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) มากที่สุด เพื่อใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป [18]

4. การทดสอบประสิทธิภาพการฟอกสีของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศและน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

นำฟันตัวอย่างจำนวน 40 ซี่ มาแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ชิ้นตัวอย่าง และทำการทดสอบดังรายละเอียดต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1-4 ฟอกสีฟันด้วยน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ ระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 16 24 และ 32 นาที ตามลำดับ

กลุ่มที่ 5-8 ฟอกสีฟันด้วยน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นที่เลือกไว้จากขั้นตอนที่ 3 โดยใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 16 24 และ 32 นาที ตามลำดับ

เก็บชิ้นงานตัวอย่างในน้ำกลั่น แล้วนำชิ้นตัวอย่างมาประเมินการเปลี่ยนแปลงสีของฟันด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UltraScan® PRO, Hunter Associates Laboratory Inc., VA, USA) โดยใช้โปรแกรม EasyMatch® QC ประเมินค่าความสว่างที่แตกต่างกัน (ΔL) ค่าแกนสีเขียว-แดงที่แตกต่างกัน (Δa) ค่าแกนสีน้ำเงิน-เหลืองที่แตกต่างกัน (Δb) และค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ซึ่งค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันสามารถคำนวณจากสูตร [19]

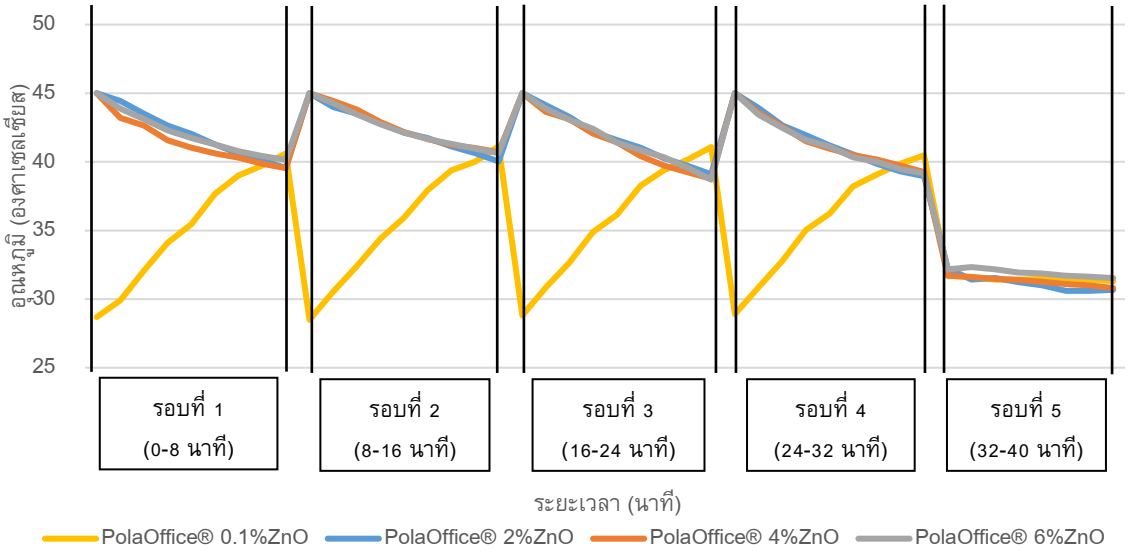
$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

5. การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ

ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลด้วยสถิติ Levene's test สำหรับสถิติพาราเมตริก (Parametric statistics) ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันระหว่างกลุ่มร่วมกับการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison) ด้วยสถิติ Bonferroni test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัย

จากการประเมินความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์และอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาในห้องปฏิบัติการที่มีอุณหภูมิห้อง 30.2 องศาเซลเซียส พบว่า น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 0.1 2 4 และ 6 โดยน้ำหนัก ใช้ระยะเวลา 30 วินาที 4.56 นาที 4.28 นาที และ 3.58 นาที ตามลำดับ เพื่อให้อุณหภูมิของน้ำยาฟอกสีฟันดังกล่าวลดลงเหลือ 45 องศาเซลเซียส เมื่อวัดอุณหภูมิในช่วงระยะเวลา 33-40 นาที พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 30.6-32.3 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 อุณหภูมิของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 0.1 2 4 และ 6 โดยน้ำหนักที่ได้รับการกระตุ้นด้วยแสง

จากการประเมินความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ที่ระดับต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่ระยะเวลา 32 นาที พบว่าได้ผลค่าเฉลี่ยความสว่างที่แตกต่างกัน (ΔL) ค่าเฉลี่ยแกนสีเขียว-แดงที่แตกต่างกัน (Δa) ค่าเฉลี่ยแกน

สีน้ำเงิน-เหลืองที่แตกต่างกัน (Δb) และค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ และน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศเร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของความสว่างที่แตกต่างกัน (ΔL) แกนสีเขียว-แดงที่แตกต่างกัน (Δa) แกนสีน้ำเงิน-เหลืองที่แตกต่างกัน (Δb) และการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ของน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 5 กลุ่ม

Tooth bleaching agent	Mean ΔL	Mean Δa	Mean Δb	Mean ΔE
PolaOffice®	4.38	-0.04	-2.91	5.26
PolaOffice® with Zinc oxide (0.1% by w)	5.46	-0.023	-5.956	8.08
PolaOffice® with Zinc oxide (2% by w)	-2.91	0.4233	-5.433	6.17
PolaOffice® with Zinc oxide (4% by w)	-4.33	0.51	-4.23	6.07
PolaOffice® with Zinc oxide (6% by w)	-5.86	0.56	-1.13	5.99

ลักษณะน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่มีระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก เป็นเจลเนื้อเดียวกัน มีความหนืดน้อยกว่าน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศเล็กน้อย และที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 4 และ 6 โดยน้ำหนัก ไม่เป็นเจล ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน คล้ายทรายเปียกน้ำ ดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.1% 2% 4% และ 6% โดยน้ำหนัก (เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา)

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ค่าความสว่างที่แตกต่างกัน (ΔL) ค่าแกนสีเขียว-แดงที่แตกต่างกัน (Δa) และค่าแกนสีน้ำเงิน-เหลืองที่แตกต่างกัน (Δb) ของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศและน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ ดังแสดงในตารางที่ 2 3 4 และ 5

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ของน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 8 กลุ่ม

Tooth bleaching agent	Mean and SD of color change			
	8 นาที	16 นาที	24 นาที	32 นาที
PolaOffice®	$3.02\pm1.79^{a,A}$	$4.39\pm1.19^{a,b,B}$	$5.12\pm1.41^{b,c,C}$	$5.09\pm0.27^{b,c,E}$
PolaOffice® with Zinc oxide	$4.43\pm1.27^{d,A}$	$4.99\pm1.35^{d,B}$	$7.49\pm1.09^{e,D}$	$7.02\pm0.29^{e,F}$

ตัวอักษรเล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหรือตัวอักษรใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยความสว่างที่แตกต่างกัน (ΔL) ของน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 8 กลุ่ม

Tooth bleaching agent	Mean and SD of different lightness			
	8 นาที	**16 นาที**	**24 นาที**	**32 นาที**
PolaOffice®	$1.29\pm0.22^{a,A}$	$2.17\pm0.26^{b,B}$	$3.38\pm0.16^{c,D}$	$4.45\pm0.28^{d,F}$
PolaOffice® with Zinc oxide	$1.45\pm0.27^{e,A}$	$2.96\pm0.52^{f,C}$	$4.77\pm0.44^{g,E}$	$5.62\pm0.45^{h,G}$

ตัวอักษรเล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหรือตัวอักษรใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยแกนสีเขียว-แดงที่แตกต่างกัน (Δa) ของน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 8 กลุ่ม

Tooth bleaching agent	Mean and SD of different lightness			
	8 นาที	**16 นาที**	**24 นาที**	**32 นาที**
PolaOffice®	$-0.35\pm0.59^{a,A}$	$-0.40\pm0.45^{a,B}$	$-0.29\pm0.41^{a,C}$	$-0.08\pm0.09^{a,E}$
PolaOffice® with Zinc oxide	$0.01\pm0.59^{b,A}$	$-0.01\pm0.55^{b,B}$	$0.46\pm0.40^{b,D}$	$-0.14\pm0.67^{b,E}$

ตัวอักษรเล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหรือตัวอักษรใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยแกนสีน้ำเงิน-เหลืองที่แตกต่างกัน (Δb) ของน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 8 กลุ่ม

Tooth bleaching agent	Mean and SD of different chroma in blue-yellow axis			
	8 นาที	**16 นาที**	**24 นาที**	**32 นาที**
PolaOffice®	$-2.28\pm2.2^{a,A}$	$-3.69\pm1.37^{a,B}$	$-2.86\pm2.89^{a,C}$	$-1.88\pm1.55^{a,E}$
PolaOffice® with Zinc oxide	$-4.01\pm1.55^{b,A}$	$-3.62\pm2.06^{b,B}$	$-5.59\pm1.60^{b,D}$	$-4.06\pm0.72^{b,E}$

ตัวอักษรเล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหรือตัวอักษรใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) พบว่า ปัจจัยน้ำยาฟอกสีฟันและระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟันไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (Interaction) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) แต่พบความแตกต่างของค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันระหว่างกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันและระหว่างกลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟัน พบว่าที่ระยะเวลาฟอกสีฟัน 24 และ 32 นาที ของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันมากกว่าน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) แต่ที่ระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 และ 16 นาที น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันไม่แตกต่างน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน 4 กลุ่ม พบว่าค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ กลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน 24 และ 32 นาที มีความแตกต่างจากกลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 นาที อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ กลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน 24 และ 32 นาที มีความแตกต่างจากทั้งกลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 และ 16 นาที อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟัน โดยเปรียบเทียบกับน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศในรูปแบบปกติ สมมติฐานของการศึกษานี้คือ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศและน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีฟันแตกต่างกัน

โดยทั่วไปการฟอกสีฟันในคลินิกทันตกรรมใช้น้ำยาฟอกสีฟันที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นสูงซึ่งทำให้มีโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนขึ้น เช่น การเกิดเนื้อเยื่อในอักเสบแบบผันกลับได้ (Reversible pulpitis) เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อบุ หรือเกิดอาการเสียวฟันภายหลังการฟอกสีฟัน [20] ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide) เป็นสารเคมีที่สามารถเร่งปฏิกิริยาเคมีร่วมกับแสง สามารถสร้างสารออกซิไดซ์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ [13] และมีการจดสิทธิบัตรเกี่ยวกับสารที่ทำให้ฟันขาวโดยใช้ร่วมกับสารเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง *(*US 9492257 B2*)* โดยใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซิงค์ออกไซด์ และแสงความยาวคลื่น 415 นาโนเมตรร่วมกัน เพื่อกระตุ้นให้สีฟันขาวขึ้นในระยะเวลาที่สั้นลง [14]

ในขั้นตอนการศึกษานำร่อง ผู้วิจัยได้ทดสอบการใช้ซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ผสมกับน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศและพบว่ามีความร้อนเกิดขึ้น จึงได้ทำการประเมินระดับความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ที่ส่งต่ออุณหภูมิของน้ำยาฟอกสีฟันเพื่อคัดเลือกระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อฟันและเนื้อเยื่อในโพรงประสาทฟัน เมื่อพิจารณาร่วมกับเอกสารอ้างอิงทางวิชาการแล้วจึงได้กำหนดอุณหภูมิสูงสุดของน้ำยาฟอกสีฟันที่ 45 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่กลุ่มตัวอย่างเริ่มรู้สึกร้อน ในขณะที่เซลล์ในโพรงประสาทฟัน และเนื้อฟันไม่เกิดพยาธิสภาพ [17, 21] เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิคือเทอร์มอคัปเปิลซึ่งมีส่วนวัดอุณหภูมิเป็นปลายแหลมที่สามารถจุ่มลงในน้ำยาฟอกสีฟันเพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำยาฟอกสีฟัน หรือวางแตะที่ผิวของถ้วยใส่ผงขัด (Dappen dish) เพื่อวัดอุณหภูมิก่อนและหลังจากใช้น้ำยาฟอกสีฟัน เริ่มจากผสมน้ำยาฟอกสีฟันนาน 30 วินาที จากนั้นวัดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นและบันทึกเวลา ต่อมาเริ่มบันทึกอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิที่วัดได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาฟอกสีฟันรอบละ 8 นาที ทั้งหมด 4 รอบ ซึ่งเป็นระยะเวลาฟอกสีฟันสูงที่สุดตามคำแนะนำการใช้ผลิตภัณฑ์น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ หลังจากนั้นวัดอุณหภูมิที่ผิวถ้วยใส่ผงขัดอีก 8 นาที เพื่อทราบอุณหภูมิที่เกิดขึ้นหลังจากใช้น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ จากผลจากการศึกษานี้ ทำให้ทราบว่าในการผสมน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ในแต่ละความเข้มข้นต้องรอเวลานานเท่าใดก่อนที่จะสามารถนำไปใช้ฟอกสีฟันได้ เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการฟอกสีฟันในคลินิก

การประเมินความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ในน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟัน มีเป้าหมายเพื่อเลือกกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ที่เหมาะสมที่สุดต่อการฟอกสีฟันจากค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้น ค่าแกนสีน้ำเงิน-เหลืองที่ลดลง และค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันเพิ่มขึ้น ใช้ระยะเวลารอตั้งแต่เริ่มผสมจนกระทั่งนำไปฟอกสีฟันตามการศึกษาข้างต้นและใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 32 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาฟอกสีฟันสูงสุดตามการแนะนำการใช้ผลิตภัณฑ์น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ

เมื่อพิจารณาค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันในงานบูรณะเพื่อความสวยงาม ได้มีการรายงานว่าค่าการเปลี่ยน-แปลงสีฟันที่มากกว่า 1 แต่น้อยกว่า 3.3 ($1.0 < \Delta E < 3.3$) เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่มนุษย์สามารถแยกสีได้จากการสังเกตและได้รับการยอมรับทางคลินิก สำหรับค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่มากกว่าหรือเท่ากับ 3.3 ($\Delta E \geq 3.3$) เป็นค่าที่มนุษย์สามารถแยกสีได้ง่าย [19] อย่างไรก็ตามมาตรฐาน ISO 28399 ได้กำหนดให้ผลิตภัณฑ์น้ำยาฟอกสีฟันที่มีประสิทธิภาพต้องมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) มากกว่าหรือเท่ากับ 2 โดยจะต้องมีค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้น และค่าแกนน้ำเงิน-เหลืองที่ลดลง [21]

จากสิทธิบัตรสารที่ทำให้ฟันขาวร่วมกับสารเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงที่ใช้ความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 4-6 โดยน้ำหนัก เมื่อผู้วิจัยได้ใช้น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 4 และ 6 โดยน้ำหนัก พบว่าน้ำยาฟอกสีฟันดังกล่าวไม่ผ่านมาตรฐาน ISO 28399 จึงได้ปรับระดับความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ลงปริมาณน้อยที่สุดที่ระบุไว้ในสิทธิบัตร คือ ร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก และได้เพิ่มปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก เพื่อให้กลุ่มทดลองมีระดับความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ที่ต่อเนื่องประกอบด้วยความเข้มข้นร้อยละ 0.1 2 4 และ 6 โดยน้ำหนัก [11, 14]

ผลการทดลองในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ในระดับที่สายตามนุษย์สามารถบอกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน โดยกลุ่มที่ฟอกสีด้วยน้ำยาโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ ออกไซด์ความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนัก มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันมากที่สุด และกลุ่มที่ฟอกสีด้วยน้ำยาโพลาออฟฟิศมาตรฐาน มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันน้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาค่าการเปลี่ยนแปลงความสว่าง (ΔL) พบว่ามีเพียงกลุ่มที่ฟอกสีด้วยน้ำยาโพลาออฟฟิศมาตรฐาน และกลุ่มที่ฟอกสีด้วยน้ำยาโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนักเท่านั้นที่มีค่าบวก ซึ่งหมายถึงสีมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้น้ำยาโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนักในการศึกษาขั้นต่อไป เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฟอกสีฟันที่ระยะเวลาต่าง ๆ นอกจากนี้ลักษณะน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่มีที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 4 และ 6 โดยน้ำหนัก ไม่เป็นเจล ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน คล้ายทรายเปียกน้ำ ดังภาพที่ 3 จึงอาจจะส่งผลให้ค่าสีฟันที่วัดได้ในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันดังกล่าวลดลง

จากผลค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 2 กลุ่ม ดังตารางที่ 2 พบว่าน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่มนุษย์สามารถเห็นความแตกต่างของสีได้ง่าย ($\Delta E \geq 3.3$) และผ่านมาตรฐาน ISO 28399 ยกเว้นกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลา 8 นาที ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันเท่ากับ 3.02 ซึ่งเป็นค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่มนุษย์สามารถแยกสีได้จากการสังเกต ($1.0 < \Delta E < 3.3$)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟัน พบว่ากลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 8 24 และ 32 นาที มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่มนุษย์สามารถแยกสีได้จากการสังเกต เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลาเดียวกัน (1.41 2.37 และ 1.93 ตามลำดับ)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน พบว่าค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ กลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน 16 24 และ 32 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 1.37 2.10 และ 2.07 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 นาที ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่มนุษย์สามารถสังเกตค่าสีที่เปลี่ยนได้

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน พบว่าค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ กลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน 24 และ 32 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 3.06 และ 2.59 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 นาที และมีค่าเพิ่มขึ้น 2.50 และ 2.03 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน 16 นาที ซึ่งค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันดังกล่าวมีค่ามากกว่า 1

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบของกลุ่มที่ฟอกสีด้วยน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ พบว่ากลุ่มที่ใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 24 และ 32 นาที มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันแตกต่างจากกลุ่มที่ใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบของกลุ่มที่ฟอกสีด้วยน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศเร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์

สำหรับกลุ่มที่ฟอกสีด้วยน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศเร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ พบว่ากลุ่มที่ใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 24 และ 32 นาที มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันแตกต่างจากกลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน 16 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ในขณะที่กลุ่มที่ฟอกสีด้วยน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ ที่ใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 24 และ 32 นาที มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันไม่แตกต่างจากกลุ่มระยะเวลาฟอกสีฟัน 16 นาที

เมื่อใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 และ 16 นาที พบว่ากลุ่มที่ฟอกสีด้วยน้ำยาโพลาออฟฟิศ และกลุ่มที่ฟอกสีด้วยน้ำยาโพลาออฟฟิศเร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่เมื่อใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 24 และ 32 นาที พบว่ากลุ่มที่ฟอกสีด้วยน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศเร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันเพิ่มขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกลุ่มที่ฟอกสีด้วยน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ ($p < 0.05$)

จึงสรุปได้ว่าการใส่สารซิงค์ออกไซด์เพื่อเร่งปฏิกิริยาในน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของกลุ่มตัวอย่างสูงขึ้น เนื่องจากซิงค์ออกไซด์มีกลไกการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง ทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระ (Free radical) ที่สามารถออกซิไดซ์สารประกอบจนเสื่อมสภาพ [3, 11] นอกจากนี้เมื่อใช้ซิงค์ออกไซด์ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเสื่อมสภาพของสารประกอบให้ดียิ่งขึ้น [11] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาสารไทเทเนียมไดออกไซด์ซึ่งเป็นวัสดุโฟโตคะตะลิสต์เช่นเดียวกับซิงค์ออกไซด์ที่มีรายงานว่า การใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เจือไนโตรเจน (Nitrogen doped titanium dioxide) ในน้ำยาฟอกสีฟันที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 6% ภายใต้การใช้แสงกระตุ้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการฟอกสีฟันได้ [22] ในการศึกษาประสิทธิภาพการเปลี่ยนสีวัสดุเรซินคอมโพสิต (Resin composite) ด้วยน้ำยาฟอกสีฟันร่วมวัสดุโฟโตคะตะลิสต์ที่แตกต่างกัน พบว่า ซิงค์ออกไซด์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของวัสดุเรซินคอมโพสิตที่เปลี่ยนสีจากการแช่ในน้ำชา [23]

ซิงค์ออกไซด์เป็นสารที่ไม่มีพิษ ราคาถูก สามารถใช้เป็นสารกรองแสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet filter) ในระดับเติมสารได้อย่างปลอดภัยโดยไม่จำกัดปริมาณ แต่ให้ใช้เท่าที่จำเป็น (Generally recognized as safe) ตามบทบัญญัติเครื่องสำอาง (Cosmetics directives) [24-25]

จากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันมีค่าค่อนข้างสูง อาจจะเกิดได้จากหลายสาเหตุ ดังนี้

1. ฟันที่ใช้ศึกษาถูกถอนฟันจากผู้ป่วยที่มีอายุน้อยเนื่องจากใช้ฟันที่ถูกถอนจากการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน จึงทำให้น้ำยาฟอกสีฟันมีประสิทธิภาพฟอกสีฟันได้ดีกว่าฟันผู้สูงอายุ [6]

2. การไม่ได้คัดเลือกค่าสีฟันก่อนจะนำมาใช้ศึกษาซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lin และคณะ ที่พบว่าฟันที่มีค่าสีของวัตถุระดับ A จะมีการเปลี่ยนแปลงสีมากกว่าสีของวัตถุระดับ C หรือ D [26]

3. สารโครโมเจน (Chromogen) ที่แตกต่างกันในฟันแต่ละซี่ที่สะสมมีผลต่อค่าปริมาณของสี (Chroma) และค่าความสว่างของสี (Value) [27]

4. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้ใช้ผิวฟันที่มีความโค้งแตกต่างกันในฟันแต่ละซี่เพื่อให้สอดคล้องกับผิวฟันในคลินิก อาจจะทำให้ความแนบสนิทของผิวฟันกับช่องที่วัดสีลดลง (Edge loss effect) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่เตรียมผิวฟันให้แบนเรียบ (Flat) ซึ่งอาจส่งผลต่อการวัดสีฟัน [27-28]

5. การวัดสีฟันในการศึกษานี้ไม่ได้ใช้อุปกรณ์การวัดสีฟันเฉพาะบุคคล (Custom positioning jig) แต่ใช้การบันทึกตำแหน่งบนชิ้นงานให้ตรงกับร่องของช่องวัดสีฟันของเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง รวมทั้งผิวฟันมีลักษณะที่โค้งจึงทำให้การวัดค่าสีฟันคลาดเคลื่อนได้ [27]

6. สีฟันที่วัดได้เป็นผลมาจากแสงที่สะท้อน (Reflect) จากผิวชั้นเคลือบฟันที่มีความโค้งผิวแตกต่างกันและแสงที่กระเจิง (Scatter) จากชั้นเคลือบฟันและชั้นเนื้อฟันที่มีโครมาเจนที่แตกต่างกัน [29]

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการจึงไม่สามารถจำลองสภาวะในคลินิกและในช่องปากได้ทั้งหมด ผลการศึกษานี้มีเพียงค่าที่ได้จากการวัดสีฟันและค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันในระยะเวลาที่แตกต่างกัน จึงควรมีการศึกษาเพิ่มก่อนจะนำมาใช้ในคลินิก เพื่อให้ทราบถึงคุณลักษณะอื่น ๆ ของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์ รวมถึงผลข้างเคียงอื่น ๆ ที่อาจเกิดจากการใช้งาน เช่น ผลต่อเนื้อเยื่อเหงือก และเยื่อบุช่องปาก ผลข้างเคียงเมื่อสัมผัสกับกับวัสดุบูรณะฟันชนิดต่าง ๆ เป็นต้น นอกจากนี้ควรระวังปริมาณการใช้ซิงค์ออกไซด์ในน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศเนื่องจากมีผลต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น

จากผลการศึกษานี้สรุปได้ว่า เมื่อใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 และ 16 นาที น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์และน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศมาตรฐานมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงสีฟันไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 24 และ 32 นาที น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่สูงกว่าน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยของนิสิตระดับปริญญาโท ประจำปีงบประมาณ 2565 จากบัณฑิตวิทยาลัย และคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารอ้างอิง

[1] Marciano, M. A., Costa, R. M., Camilleri, J., Mondelli, R. F., Guimarães, B. M., & Duarte, M. A. H. (2014, March). Assessment of Color Stability of White Mineral Trioxide Aggregate Angelus and Bismuth Oxide in Contact with Tooth Structure. *Journal of Endodontics, 40*(8), 1235-1240.

[2] Alqahtani, M. Q. (2014, April). Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *The Saudi Dental Journal, 26(2)*, 33-46.

[3] Junior, M. T., Rodrigues, C. A., Bernardes, V. L., Araujo, T. S. B., Nicoli, G. A., & Derceli, J. R. (2018, November). Dental Bleaching and New Possibilities: Literature Review. *Health Science Journal, 12(*6*)*, 1-6.

[4] Chaudhary, D., Pupneja, D., & Sibal, N. (2011, July). Bleaching in the Clinical Practice of Dentistry: An Overview. *Asian Journal of Oral Health & Allied Sciences, 1*(3), 187-194.

[5] American Dental Association. (2009, September). *Tooth Whitening/Bleaching: Treatment Considerations for Dentists and Their Patients*. American Dental Association. Retrieved from https://www.ada.org/~/media/ADA/About%20the%20ADA/Files/ada_house_of_delegates_whitening_report.ashx

[6] Joiner, A. (2006, August). The bleaching of teeth: A review of the literature. *Journal of Dentistry, 34(7)*, 412-419.

[7] Münchow, E. A., Martini, T., Valente, L. L., Isolan, C. P., & Piva, E. (2013, December). In-Office Tooth Bleaching Treatment Using Light-Activated Hydrogen Peroxide Agent: A Case Report. *JSciMed Central, 2(1)*, 1020.

[8] Trindade, F. Z., Ribeiro, A. P., Sacono, N. T., Oliveira, C. F., Lessa, F. C., Hebling, J., & Costa, C. A. (2009, July). Trans-enamel and trans-dentinal cytotoxic effects of a 35% H_2O_2 bleaching gel on cultured odontoblast cell lines after consecutive applications. *International endodontic journal, 42*(7), 516-524.

[9] Jiang, L., Wang, Y., & Feng, C. (2012, December). Application of Photocatalytic Technology in Environmental Safety. *Procedia Engineering, 45*, 993-997.

[10] Khan, M. M., Adil, S. F., & Al-Mayouf A. (2015, May). Metal oxides as photocatalysts. *Journal of Saudi Chemical Society, 19*(5), 462-464.

[11] Rajamanickam, D., & Shanthi, M. (2016, November). Photocatalytic degradation of an organic pollutant by zinc oxide – solar process. *Arabian Journal of Chemistry, 9*, 1858-1868.

[12] Khattab, I. A., Ghaly, M. Y., Österlund, L., Ali, M. E. M., Farah, J. Y., Zaher, F. M., & Badawy, M. I. (2012, November). Photocatalytic degradation of azo dye Reactive Red 15 over synthesized titanium and zinc oxides photocatalysts: A comparative study. *Desalination and Water Treatment, 48(1-3)*, 120-129.

[13] Arsana, P., Bubpa, C., & Sang-aroon, W. (2013, June). Photocatalytic Activity under Solar Irradiation of Silver and Copper Doped Zincoxide: Photodeposition Versus Liquid Impregnation Methods. *Journal of Applied Sciences, 12*, 1809-1816.

[14] Jablow, E., & Muehlemann, M. M. (2016, November). Las Vegas Patent No. US 9,492,257 B2. *United States Patent*.

[15] Bersezio, C., Estay, J., Jorquera, G., Peña, M., Araya, C., Angel, P., & Fernández, E. (2019, April). Effectiveness of Dental Bleaching with 37.5% and 6% Hydrogen Peroxide and Its Effect on Quality of Life. Operative Dentistry Journal*, 44*(2), 146-155.

[16] Bannakiatkul, C., & Panich, M. (2021, January). The Effect of Silver Diamine Fluoride and Potassium Iodide on Microtensile Bond Strength of Resin Composite Restoration and Dentin. *Srinakharinwirot University Dental Journal, 14*(1), 51-63.

[17] Baldissara, P., Catapano, S., & Scotti, R. (1997, November). Clinical and histological evaluation of thermal injury thresholds in human teeth: A preliminary study. *Journal of Oral Rehabilitation*, *24*(11), 791-801.

[18] ISO 28399. (2011, January). *Dentistry-Products for external tooth bleaching*. n.p.

[19] ElSayad, I. I. (2018, July). Color and translucency of finished and unfinished esthetic restorative materialsafter staining and bleaching. *The Saudi Dental Journal, 30*(3), 219-225.

[20] Ziemba, S. L. (2005, January). *Tooth Whitening/Dental Bleaching Products Containing Hydrogen Peroxide in the European Union*. In Proposals to Modify Current Regulations -Submitted to the European Union Scientific Committee on Consumer Products (SCCP), Retrieved from https://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_sccp/docs/sccp_oc01_021.pdf

[21] Gale, M. S., & Darvell, B. W. (1999, February). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry, 27*(2), 89-99.

[22] Martín, J., Vildósola, P., Bersezio, C., Herrera, A., Bortolatto, J., Saad, J. R. C., Oliveira, O. B., Jr., & Fernández, E. (2015, August). Effectiveness of 6% hydrogen peroxide concentration for tooth Bleaching-A double-blind, randomized clinical trial. *Journal of Dentistry, 43*(8), 965-972.

[23] Osman, E. (2013, November). Effect of Different Bleaching Materials on Color of Stained Resin Composite by Photocatalytic Treatment. *Journal of Applicable Chemistry,* 2, 1690-1700.

[24] Ziashahabi, A., Prato, M., Dang, Z., Poursalehi, R., & Naseri, N. (2019, August). The effect of silver oxidation on the photocatalytic activity of Ag/ZnO hybrid plasmonic/metal-oxide nanostructures under visible light and in the dark. *Scientific Reports,* 9(1), Article number: 11839. https://doi.org/10.1038/s41598-019-48075-7

[25] Smijs, T. G., & Pavel, S. (2011, October). Titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in sunscreens: Focus on their safety and effectiveness. *Nanotechnology, science and applications, 4*, 95-112.

[26] Lin, C.-H., Chou, T.-M., Chen, J.-H., Chen, J.-H., Chuang, F.-H., Lee, H.-E., & Coluzzi, D. J. (2008, October). Evaluation of the effect of laser tooth whitening. *The International Journal of Prosthodontics, 21*(5), 415-418.

[27] Joiner A. (2004, February). Tooth colour: A review of the literature. *Journal of Dentistry, 32*(Suppl. 1), 3-12.

[28] Meireles, S. S., Fontes, S. T., Coimbra, L. A., Della Bona, Á., & Demarco, F. F. (2012, April). Effectiveness of different carbamide peroxide concentrations used for tooth bleaching: An in vitro study. *Journal of Applied Oral Science, 20*(2), 186-191.

[29] Johnston, W. M., & Kao, E. C. (1989, May). Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *Journal of Dental Research, 68*(5), 819-822.