ประสิทธิภาพของน้ำยาฟอกสีฟันที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์และเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส

THE EFFICACY OF TOOTH BLEACHING GEL ACTIVATED WITH ZINC OXIDE AND HORSERADISH PEROXIDASE

นัชชา คลังจตุรเวทย์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

ประสิทธิภาพของน้ำยาฟอกสีฟันที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์และเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส

นัชชา คลังจตุรเวทย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมทั่วไปขั้นสูง
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE EFFICACY OF TOOTH BLEACHING GEL ACTIVATED WITH ZINC OXIDE AND HORSERADISH PEROXIDASE

NUTCHA KLUNGJATURAVET

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF SCIENCE

(Master of Science (Advanced General Dentistry))

Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพของน้ำยาฟอกสีฟันที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์และ

เอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส

ของ

นัชชา คลังจตุรเวทย์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมทั่วไปขั้นสูง

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ภาวิณีย์ ปฏิพัทธ์วุฒิกุล ดิดรอน)

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยพรรณา พุ่มผลึก)

..... ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณปภา เอี่ยมจิรกุล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรสวรรค์ ธนธรวงศ์)

ชื่อเรื่อง	ประสิทธิภาพของน้ำยาฟอกสีฟันที่เร่งปฏิกิริยาด้วยซิงค์ออกไซด์และเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส
ผู้วิจัย	นัชชา คลังจตุรเวทย์
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ภาวิณีย์ ปฏิพัทธ์วุฒิกุล ดิดรอน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณปภา เอี่ยมจิรกุล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีฟันของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์และน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสเปรียบเทียบกับน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ โดยนำฟันกรามน้อยบนของมนุษย์จำนวน 60 ซี่ แบ่งเป็น 12 กลุ่ม ตามฟอกสีฟันด้วยน้ำยาฟอกสีฟัน 3 กลุ่ม ได้แก่ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส และน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลาฟอกสีฟันนาน 8 นาที 16 นาที 24 นาที และ 32 นาที ภายใต้การทดสอบวัดการเปลี่ยนแปลงสีฟันด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อเปรียบเทียบค่าสีที่วัดได้ก่อนและหลังฟอกสีฟัน ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ตัวประกอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันแตกต่างจากกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศทุกระยะเวลา ในขณะที่กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันแตกต่างจากกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลา 24 และ 32 นาที เมื่อเปรียบเทียบภายในน้ำยาฟอกสีฟันชนิดเดียวกันที่ระยะเวลาต่างกันพบว่า กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันไม่แตกต่างกันในทุกระยะเวลา ในขณะที่ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ กลุ่มระยะเวลา 24 และ 32 นาที แตกต่างจากกลุ่มระยะเวลา 8 นาที และแตกต่างจากกลุ่มระยะเวลา 16 นาที การศึกษานี้สรุปว่า น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสและน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์สามารถเพิ่มค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันในทุกระยะเวลา และในระยะเวลา 24 นาที ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ

คำสำคัญ : การเปลี่ยนแปลงสีฟัน, น้ำยาฟอกสีฟัน, โพลาออฟฟิศ, ซิงค์ออกไซด์, เอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส

Title	THE EFFICACY OF TOOTH BLEACHING GEL ACTIVATED WITH ZINC OXIDE AND HORSERADISH PEROXIDASE
Author	NUTCHA KLUNGJATURAVET
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Pavinee Padipatvuthikul Didron
Co Advisor	Assistant Professor Dr. Napapa Aimjirakul

The purpose of this study is to compare the tooth color changes of tooth bleaching agents (PolaOffice®), including tooth bleaching agent, PolaOffice®, with horseradish peroxidase, and a tooth bleaching agent, PolaOffice®, with zinc oxide. Sixty premolar teeth were divided into 12 groups (n=5), based on the three tooth bleaching agents and four treatment times (8 16 24 32 minutes). The tooth color was measured before and after bleaching, using the UltraSCAN® PRO Spectrophotometer. All of the data were analyzed using two-way ANOVA with a 95% confidence level. The results showed that (1) when comparing tooth color changes, there was a significant difference between the group using PolaOffice® with horseradish peroxidase and the group using PolaOffice® alone, at 8, 16, 24 and 32 minutes; (2) the group using PolaOffice® with zinc oxide was significantly different from the group using PolaOffice® at 24 and 32 minutes; (3) when using PolaOffice® with horseradish peroxidase, there was no significant difference in any time period; (4) the group using PolaOffice® with zinc oxide at 24 and 32 minutes were significantly different from PolaOffice® with zinc oxide groups at eight and 16 minutes. In conclusion, PolaOffice® with horseradish peroxidase and PolaOffice® with zinc oxide were effective in increasing tooth color changes at every duration and for 24 minutes, respectively, in comparison to PolaOffice® alone.

Keyword : Color change, Tooth bleaching gel, PolaOffice®, Zinc oxide, Horseradish peroxidase

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้นั้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.ทพญ.ดร.ภาวิณีย์ ปฏิพัทธ์วุฒิกุล ดิดรอน ผศ.ดร.ทพญ.ณปภา เอี่ยมจิรกุล ผศ.ดร.ดวงพร ศรีสุภาพ ผศ.ดร.ทพญ.ปิยะนารถ เอกวรพจน์ ผศ.ดร.วัยวุฒฒ์ อยู่ในศิล และอาจารย์ อุษา ศรีจินดารัตน์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพื่อการปรับปรุงแก้ไขปริญญานิพนธ์ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบคุณบุคลากรและคณาจารย์ ภาควิชาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ คุณศิริพงศ์ ตั้งประเสริฐกิจและบุคลากร ภาคโอษฐวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือดำเนินการต่างๆ อย่างดียิ่ง และได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากทุนสนับสนุนการทำวิจัยของนิสิตระดับปริญญาโท ประจำปีการศึกษา 2565 จากหน่วยงานคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และได้รับการสนับสนุนงานวิจัยจากศูนย์วิจัยและพัฒนาทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุดท้ายขอขอบคุณ พ่อ แม่ น้องสาว เพื่อนนิสิตทันตแพทย์มหาบัณฑิตทุกท่านและบุคคลรอบข้างที่คอยให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจ และสนับสนุนในเรื่องต่างๆ แก่ผู้วิจัยอย่างดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นัชชา คลังจตุรเวทย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลังและเหตุผล 1

คำถามการวิจัย 3

วัตถุประสงค์ 3

กรอบแนวคิดงานวิจัย 4

ตัวแปรอิสระ 4

ตัวแปรตาม 4

ขอบเขตงานวิจัย 4

สมมติฐานงานวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

ความเป็นมาของการใช้น้ำยาฟอกสีฟัน 6

คราบสีภายนอกและภายในตัวฟัน 6

น้ำยาฟอกสีฟัน 7

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 9

เอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส 10

กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (Photocatalysis process) 11
อุณหภูมิบนผิวฟันที่เริ่มทำให้เกิดอาการปวด 13
ซิงค์ออกไซด์ 13
ปรากฏการณ์สีและการวัดสีฟัน 14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย 16
วัสดุและอุปกรณ์ 16
การเลือกกลุ่มและขนาดตัวอย่าง 17
การศึกษาปริมาณของซิงค์ออกไซด์ที่มีผลต่ออุณหภูมิ 18
การเตรียมชิ้นตัวอย่าง 20
การเตรียมน้ำยาฟอกสีฟัน 22
การศึกษาปริมาณของเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส และซิงค์ออกไซด์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟัน 24
การศึกษากลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันที่แตกต่างกันในระยะเวลาฟอกสีฟันที่แตกต่างกัน 26
การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ 28
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย 30
การประเมินความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ที่มีผลต่ออุณหภูมิ 30
การประเมินปริมาณความเข้มข้นเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสและซิงค์ออกไซด์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟัน 30
การประเมินกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันที่แตกต่างกันในระยะเวลาฟอกสีฟันแตกต่างกัน 32
บทที่ 5 อภิปรายผล และสรุปผลการวิจัย 43
อภิปรายผลการวิจัย 43
สรุปผลการวิจัย 48
บรรณานุกรม 49
ภาคผนวก 54

ประวัติผู้เขียน..... 55

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 8 กลุ่ม 25

ตาราง 2 แสดงกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 12 กลุ่ม 27

ตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความสว่างที่แตกต่างกัน (ΔL) ค่าแกน b^* ที่แตกต่างกัน(Δb) และค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ตามกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟัน 31

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติของค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) 34

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันที่ใช้ศึกษาที่เพิ่มขึ้นจากกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศในระยะเวลาเดียวกัน 34

ตาราง 6 แสดงค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ของกลุ่มที่ระยะเวลา 16 24 และ 32 นาทีเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที ในน้ำยาฟอกสีฟันกลุ่มเดียวกัน 35

ตาราง 7 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติของค่าความสว่างที่แตกต่างกัน (ΔL) 38

ตาราง 8 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติของค่าแกน b ที่แตกต่างกัน (Δb) 40

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 ประเมินอุณหภูมิของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ 18

ภาพประกอบ 2 ชิ้นงานตัวอย่าง 21

ภาพประกอบ 3 การวัดสีฟันด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)..... 21

ภาพประกอบ 4 การฟอกสีฟันด้วยน้ำยาฟอกสีฟันที่แตกต่างกันบนชิ้นงานตัวอย่าง..... 28

ภาพประกอบ 5 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส ความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 ยูนิตต่อมิลลิลิตร (เรียงจากซ้ายไปขวา) 31

ภาพประกอบ 6 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.1% 2% 4% และ 6% โดยน้ำหนัก (เรียงจากซ้ายไปขวา)..... 32

ภาพประกอบ 7 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการเปลี่ยนแปลงสีฟันของน้ำยาฟอกสีฟันเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 33

ภาพประกอบ 8 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความสว่างที่แตกต่างกันของน้ำยาฟอกสีฟันเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 39

ภาพประกอบ 9 แสดงค่าเฉลี่ยแกน b^* ที่แตกต่างกันของน้ำยาฟอกสีฟันเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน..... 41

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลังและเหตุผล

จากการสำรวจของสถาบันทันตกรรมเพื่อความสวยงาม ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 2015 พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการมารับบริการทันตกรรมเพื่อความสวยงาม ได้แก่ ภาพลักษณ์ต่อคนรอบข้างที่ดูดีขึ้น ความสวยงาม ต้องการให้ตัวเองดูดี เพิ่มความมั่นใจในตัวเอง และปัจจัยที่ผู้รับบริการใส่ใจในการรักษา เช่น ความสวยงาม ค่ารักษา การรักษาที่ยาวนาน เวลาที่ใช้รักษา ความเจ็บปวด ปริมาณฟันที่หายไป เพราะฉะนั้น ผู้มารับการรักษาสนใจการรักษาที่ทำให้ฟันสวยงามดูดีมีความมั่นใจ มีค่ารักษาที่เหมาะสม มีเวลาที่ใช้รักษาไม่นาน มีความเจ็บปวดน้อย และมีการสูญเสียฟันที่น้อยลง*(1)*

การเปลี่ยนสีของฟันเป็นปฏิกิริยาทางเคมีของสารใดๆ ที่ได้สัมผัสกับโครงสร้างฟันแล้ว ให้ผลที่ไม่เป็นที่ต้องการ(2) ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้จากการสะสมสารที่ก่อให้เกิดสีที่เรียกว่า โครมาเจน (*Chromagen*) มาสะสมภายนอกตัวฟัน (*Extrinsic stain*) โดยสารโครมาเจนสามารถสร้างขึ้นจากการย่อยสลายอาหาร เครื่องดื่ม ยาสูบ และสามารถแก้ไขคราบสีได้โดยการแปรงฟันหรือการฟอกสีฟัน (สำหรับคราบสีที่เหลืออยู่หลังจากแปรงฟัน) สำหรับการเปลี่ยนสีของฟันที่มีสาเหตุมาจากภายในตัวฟัน *(Intrinsic stain)* อาจมีสาเหตุมาจากบริเวณโครงสร้างฟันมีลักษณะที่ผิดปกติ เช่น ภาวะการสร้างเนื้อฟันที่ไม่สมบูรณ์ (*Dentinogenesis imperfecta*) ภาวะการสร้างเคลือบฟันที่ไม่สมบูรณ์ (*Amelogenesis imperfecta*) หรือการสะสมของสารโครมาเจนที่แทรกซึมในโครงสร้างฟัน ได้แก่ อาหาร เครื่องดื่ม ยาสูบ ฟันผุ วัสดุบูรณะฟัน การได้รับฟลูออไรด์มากเกิน การใช้ยาเตตร้าไซคลิน (*Tetracycline*) และสามารถใช้วิธีการฟอกสีฟันเพื่อลดคราบสีภายในตัวฟันเนื่องจากสารฟอกสีฟันสามารถแพร่เข้าสู่ชั้นเคลือบฟัน และเนื้อฟันเพื่อไปออกซิไดซ์ (*Oxidize*) สารโครมาเจน (3, 4)

ทางเลือกของการรักษาฟันที่เปลี่ยนสีไปจากเดิมมี 2 วิธี ประกอบด้วย วิธีแบบอนุรักษ์ฟัน ได้แก่ การฟอกสีฟัน (*Dental bleaching*) ไมโครอะเบรชัน (*Microabrasion*) มาโครอะเบรชัน (*Ma-croabrasion*) และวิธีคัทดาวน์ฟันแท้ (*Cut down*) เช่น วีเนียร์ (*Veneer*) ครอบฟัน (*Crown*) นอกจากนี้วิธีรักษาแบบอนุรักษ์ฟันสามารถใช้หลายวิธีร่วมกันได้ เช่น ใช้วิธีไมโครอะเบรชันแล้วใช้การฟอกสีฟัน*(5)*

การทำให้ฟันขาว *(Tooth whitening)* เป็นวิธีการที่ทำให้สีฟันมีความสว่าง (*light*) ขึ้น โดยเอาคราบสีออกทางกายภาพ (*Physical removal*) หรือปฏิกิริยาทางเคมี (*Chemical reaction*) ใน

ขณะที่การฟอกสีฟันเป็นการเสื่อมสภาพทางเคมีของสารโครมาเจน(6)

การฟอกสีฟันมี 2 ประเภท คือ การฟอกสีฟันในฟันที่มีชีวิต และการฟอกสีฟันในฟันที่ไม่มีชีวิต การฟอกสีฟันในฟันที่มีชีวิต เช่น การฟอกสีฟันในคลินิก (*In-office bleaching*) การฟอกสีฟันเองที่บ้าน (*Home bleaching*) และการฟอกสีฟันโดยไม่มีใบสั่งยา (*Over the counter product*) สำหรับการฟอกสีฟันในฟันที่ไม่มีชีวิต เช่น วิธีฟอกสีฟันแบบวอล์คกิง (*Walking bleaching techni -que*) วิธีฟอกสีฟันแบบดัดแปลงวอล์คกิง (*Modified walking bleaching technique*) วิธีฟอกสีฟันแบบอินเทอร์นอลนอนไวเทิลเพาเวอร์ (*Internal non-vital power bleaching technique*) วิธีฟอกสีฟันแบบอินไซด์เอาต์ไซด์ (*Inside/outside bleaching technique*)(3)

การฟอกสีฟันในคลินิก (*In-office bleaching*) เป็นวิธีการฟอกสีฟันโดยทันตแพทย์ด้วยน้ำยาฟอกสีฟันที่มีความเข้มข้นของสารที่ทำให้ฟันขาวในปริมาณที่สูง ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (*Hydrogen peroxide*) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 25-40 จนกระทั่งฟันมีสีที่เหมาะสม วิธีการฟอกสีฟันเริ่มตั้งแต่การใช้แผ่นยางกั้นน้ำลาย (*Rubber dam*) หรือจะใช้วิธีอื่นเพื่อป้องกันเนื้อเยื่ออ่อน (*Soft tissue*) รอบฟัน จากนั้นจึงทาสารที่ทำให้ฟันขาวซึ่งใช้ร่วมหรือไม่ใช้ร่วมกับความร้อน หรือแสงเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อกระตุ้นน้ำยาฟอกสีฟันส่งผลให้ฟันขาวเร็วขึ้น(3, 7)

การฟอกสีฟันเองที่บ้าน (*At home bleaching*) เป็นวิธีการฟอกสีฟันโดยตนเองภายใต้การดูแลของทันตแพทย์โดยใช้ความเข้มข้นของสารที่ทำให้ฟันขาวในปริมาณต่ำ ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์-ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3.5-6.5 หรือคาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10-20 โดยทั่วไปแล้วการฟอกสีฟันเองที่บ้านจะใช้คาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 นาน 8 ชั่วโมงต่อวัน หรือที่ความเข้มข้นร้อยละ 15-20 นาน 3-4 ชั่วโมงต่อวัน นานอย่างน้อย 2 อาทิตย์ (3)

การซื้อผลิตภัณฑ์โดยไม่ผ่านทันตแพทย์ (*Bleaching with over the counter product*) เป็นวิธีการฟอกสีฟันด้วยการซื้อผลิตภัณฑ์ที่ความเข้มข้นของสารที่ทำให้ฟันขาวในปริมาณ ที่ต่ำมาใช้เองในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีหลากหลายชนิด เช่น แบบแผ่น (*strip*) แบบทาบนผิวฟัน (*paint*) ยาสีฟัน (*whitening dentifrices*) แบบถาดฟอกสีฟันสำเร็จรูป (*pre-fabricated tray*) การฟอกสีฟันวิธีนี้จะต้องระวังในเรื่องความปลอดภัย เนื่องจากบางผลิตภัณฑ์ไม่ได้ผ่านการรับรองจากองค์การอาหารและยา*(3)*

การฟอกสีฟันในฟันไม่มีชีวิต (*Non-vital tooth bleaching*) ได้แก่ วิธีฟอกสีฟันแบบวอล์ค-กิงเป็นวิธีที่ใช้สารโซเดียมเปอร์บอเรต (*Sodium perborate*) และน้ำนำเข้าไปในโพรงประสาทฟัน (*Pulp chamber*) วิธีฟอกสีฟันแบบดัดแปลงวอล์คกิงเป็นวิธีการที่ใช้สารโซเดียมเปอร์บอเรต และ

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 นำเข้าไปในโพรงประสาทฟัน วิธีฟอกสีฟันแบบอินเทอร์นอลนอนไวเทิล เพาเวอร์เป็นวิธีที่ใช้สารโซเดียมเปอร์บอเรต และ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 30 นำเข้าไปในโพรงประสาทฟันแล้วกระตุ้นด้วยแสงหรือความร้อน ที่อุณหภูมิสูง 50-60 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วทำให้เย็นลงนานมากกว่า 5 นาที จากนั้นล้างน้ำยาฟอกสีฟันออกและทำให้ฟันแห้ง วิธีฟอกสีฟันแบบอินไซด์เอาต์ไซด์เป็นวิธีที่ใช้การฟอกสีฟันสำหรับฟันที่ไม่มีชีวิตร่วมกับการฟอกสีฟันเองที่บ้านโดยนำสารคาร์บาไมด์เปอร์อกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ10 นำเข้าไปในโพรงประสาทฟัน จากนั้นจึงนำถาดและน้ำยาฟอกสีฟันมาฟอกสีฟันทั้งภายในและภายนอกฟันพร้อมกัน*(3, 7)*

ผลิตภัณฑ์ที่มีสารที่ทำให้ฟันขาวโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 6พบว่าสามารถทำให้มีโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนมากขึ้น เช่น เนื้อเยื่อในอักเสบแบบผันกลับได้ (*Reversible pulpitis*) มีการระคายเคืองต่อเยื่อบุ (*irritation to the mucous*) อาการเสียวฟัน โดยเฉพาะผู้ป่วยที่มีร่องฟันที่ลึก (*deep fissure*) และฟันร้าว (*crack tooth*)(8) นอกจากนี้การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่ำร่วมกับการใช้ระยะเวลาฟอกสีฟันที่น้อยลงสามารถที่จะลดภาวะแทรกซ้อนได้(9) ในปัจจุบันพบว่าน้ำยาฟอกสีฟันที่ใช้ฟอกสีฟันในคลินิกใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูงแล้วทาบนผิวฟันจึงทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนได้ ดังนั้นการศึกษานี้ได้สนใจพัฒนาส่วนประกอบของน้ำยาฟอกสีฟันที่ใช้ฟอกสีฟันในคลินิกเพื่อที่จะลดปริมาณสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และทำให้เกิดประสิทธิภาพการทำให้ฟันขาวขึ้น

คำถามการวิจัย

1. เอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส (*Horseradish peroxidase*) สามารถเร่งการเปลี่ยนแปลงสีฟันของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ (*PolaOffice*®) ได้หรือไม่

2. ซิงค์ออกไซด์ (*Zinc oxide*) สามารถเร่งการเปลี่ยนแปลงสีฟันของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศได้หรือไม่

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีฟันเมื่อเร่งปฏิกิริยาของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศด้วยเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส

2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีฟันเมื่อเร่งปฏิกิริยาของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศด้วยซิงค์ออกไซด์

กรอบแนวคิดงานวิจัย

ตัวแปรอิสระ

1.) น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่มีส่วนประกอบแตกต่างกัน ได้แก่ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส และน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์

2.) ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน ได้แก่ 8 นาที 16 นาที 24 นาที และ 32 นาที

ตัวแปรตาม

การเปลี่ยนแปลงสีฟันที่ได้จากการประเมินการเปลี่ยนแปลงสีฟันในระบบ CIE L*a* b* (ΔE) ซึ่งจะวัดได้จากเครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer, UltraSCAN® PRO, Hunter Associates Laboratory, Virginia, USA)

ขอบเขตงานวิจัย

1.) การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (*Laboratory experimental research*) โดยที่มีทดสอบการเปลี่ยนแปลงสีฟัน เมื่อใช้น้ำยาฟอกสีฟันที่มีส่วนประกอบที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส และน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์กับชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้ฟันกรามน้อย และวัดสีฟันบริเวณกึ่งกลางตัวฟัน

2.) น้ำยาฟอกสีฟันที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศซึ่งมีส่วนประกอบของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 35

3.) สารที่ใช้เติมร่วมในน้ำยาฟอกสีฟันในการศึกษา ได้แก่ เอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิ-เดสที่มีความเข้มข้น 30 ยูนิตต่อไมโครลิตร และซิงค์ออกไซด์เกรดยา (*USP grade*)

สมมติฐานงานวิจัย

สมมติฐานหลัก (H_0) คือ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส และน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α=*0.05*)

สมมติฐานรอง (H_1) คือ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส และน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟันแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α=*0.05*)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความเป็นมาของการใช้น้ำยาฟอกสีฟัน

วิธีการทำให้ฟันขาวในทางทันตกรรมได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องในช่วงปีคริสตศักราช 1800 ทันตแพทย์เริ่มฟอกสีฟันที่ไม่มีชีวิตในคลินิก(10) ต่อมาในปี 1861 *Noovais* และ *Tolodo* ได้เสนอ การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (*Sulfer dioxide*) และโซดียมไฮโปคลอไรด์ (*Sodiumhypochlorite*) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ฟอกสีฟัน(4) โดยในปี 1864 *Truman* ได้เสนอว่าการใช้สารคลอรีน (*Chlorine*) ซึ่งเตรียมจากสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (*Calcium hydroxide*) และสารละลายกรดอะซิติก (*acetic acid*) เพื่อใช้สำหรับการฟอกสีฟันที่ไม่มีชีวิต ในปลายศตวรรษที่ 19 สารฟอกสีฟันหลายชนิดถูกนำมาใช้ในฟันที่ไม่มีชีวิต เช่น โพแทสเซียมไซยาไนด์ (*Cyanide of potassium*) กรดออกซาลิก (*Oxalic acid*) อะลูมิเนียมคลอไรด์ (*Aluminium chloride*) โซเดียมไฮโปฟอสเฟต (*Sodium hypophosphate*) ไพโรโซน (*Pyrozone*) ไฮโดรเจน ไดออกไซด์ (*hydrogen dioxide*) โซเดียมเปอร์ออกไซด์ (*Sodium peroxide*) สารซุปเปอร์รอคซอล (*Superoxol*) ในปี 1911 *Fisher* ได้เสนอการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (*Hydrogen peroxide*) เพื่อฟอกสีฟันที่มีชีวิต และต่อมาได้ใช้ร่วมกับเครื่องมือที่ให้ความร้อนหรือแสง(3) ในปี 1961 ได้มีการเสนอวิธีฟอกสีฟันแบบวอล์คกิงโดยใช้โซเดียมเปอร์บอเรตและน้ำนำเข้าไปในโพรงประสาทฟัน ในปี 1963 วิธีฟอกสีฟันแบบวอล์คกิงได้ถูกดัดแปลงโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30-35 แทนน้ำนำเข้าไปในโพรงประสาทฟันเพื่อทำให้ฟันขาวขึ้นกว่าวิธีเดิม(11) ในช่วงปลายทศวรรษ 1960 *Klusmier* ได้เสนอการใช้คาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ร่วมกับถาดฟอกสีฟันเพื่อใช้รักษาโรคเหงือกอักเสบ และได้สังเกตพบว่า สีฟันมีความสว่างขึ้น ในปี 1989 *Haywood and Heymann* ได้เสนอการฟอกสีฟันเองที่บ้านด้วยสารคาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ และต่อมาวิธีนี้ได้รับการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญทางทันตกรรม(12)

คราบสีภายนอกและภายในตัวฟัน

คราบสีมี 2 ประเภท คือ คราบสีภายนอกตัวฟันและคราบสีภายในตัวฟัน คราบสีภายนอกตัวฟันเกิดจากคราบสีกาแฟ ชาดำ ไวน์แดง และการสูบบุหรี่ ซึ่งคราบสีดังกล่าวจะไปเคลือบบนชั้นเคลือบฟันหลังจากฟันขึ้นมาในช่องปาก มีการศึกษาพบว่า การดื่มชาหรือกาแฟทุกวัน จะทำให้ค่าความสว่างของสีฟัน (L^*) ลดลง 1.5 หน่วย และค่าสีเหลืองและฟ้า (b^*) เพิ่มขึ้น 1.2 หน่วย คราบสี

ภายในตัวฟันสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ คราบสีที่มีมาตั้งแต่กำเนิด (*congenital origin*) เช่น ภาวะการสร้างเคลือบฟันที่ไม่สมบูรณ์ (*Amelogenesis imperfecta*) ภาวะการสร้างเนื้อฟันที่ไม่สมบูรณ์ (*Dentinogenesis imperfecta*) และคราบสีที่ได้รับภายหลัง (*acquired origin*) เช่น ฟันตกกระ (*Fluorosis*) การได้รับยาเตตร้าไซคลิน (*Tetracycline stain*) โรคของเนื้อเยื่อในตาย (*Pulp necrosis*) และอายุที่มากขึ้น (*Aging*)*(4, 13)*

โครโมเจนที่ถูกสะสมภายนอกหรือภายในตัวฟันจะส่งผลให้ฟันมีสีที่เปลี่ยนไปจากเดิมโดยมีค่าปริมาณสี *(Chroma)* มากขึ้น และค่าความสว่างของสี *(Value)* ลดลง โครโมเจนสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ (*Large organic compound*) ที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะ ที่ถูกแยกจากกันด้วยพันธะเดี่ยว 1 พันธะ (*Conjugate double bond*) ทำให้อิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ได้ (*Mobile electron*) จึงเกิดสีที่เปลี่ยนไปจากเดิม และสารประกอบที่มีโลหะร่วมด้วย (*Metal containing compound*) น้ำยาฟอกสีฟันสามารถใช้ได้ผลกับสารประกอบอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่มากกว่าสารประกอบที่มีโลหะร่วมด้วย เนื่องจากน้ำยาฟอกสีฟันสามารถทำปฏิกิริยาบริเวณพันธะคู่ได้ เพราะฉะนั้นสารประกอบที่มีโลหะร่วมด้วยจึงควรใช้วิธีการรักษาด้วยวีเนียร์ หรือครอบฟัน*(6, 13, 14)*

น้ำยาฟอกสีฟัน

1. ส่วนประกอบของน้ำยาฟอกสีฟัน

1 ส่วนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา (Active ingredient) เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ คาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ โซเดียมเปอร์บอเรต (Sodium perborate)

2 ส่วนเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยา (Inactive ingredient) ได้แก่

2.1 สารเพิ่มความข้นหนืด (Thickening agent) เป็นสารที่สามารถเพิ่มความหนืดให้น้ำยาฟอกสีฟัน ช่วยให้น้ำยาฟอกสีฟันยึดติดกับฟันได้ดีขึ้น ส่งผลให้น้ำยาฟอกสีฟันปล่อยออกซิ-เจนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา (active oxygen) ได้นานขึ้นจากเดิม 4 เท่า และลดอาการเสียวฟันลง เนื่องจากฟันมีความชื้นมากขึ้น แต่อายุการใช้งานลดลงจึงควรเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น สารที่นิยมใช้คือ คาร์โบพอล (Carbopol)

2.2 สารขนส่ง (Carrier) เป็นสารที่มีหน้าที่ช่วยละลายส่วนประกอบอื่นๆ ในน้ำยาฟอกสีฟัน และช่วยคงความชื้น สารที่นิยมใช้ในน้ำยาฟอกสีฟัน ได้แก่ ไกลคอล (Glycol) และ กลีเซอรีน (Glycerin)

2.3 สารลดแรงตึงผิวและสารช่วยกระจายสารสี (Surfactant and pigment disper-

sant) เป็นสารที่ช่วยให้ส่วนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แพร่ได้ดีขึ้น และสารกระจายเม็ดสีช่วยป้องกันการตกตะกอนของสารในน้ำยาฟอกสีฟัน

2.4 สารกันเสีย (Preservative) เป็นสารที่ช่วยป้องกันแบคทีเรียเจริญเติบโต และช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์โดยการปล่อยโลหะ เช่น ทองแดง แมกนีเซียม

2.5 สารปรุงแต่ง (Flavoring) เป็นสารที่ช่วยให้กลิ่นของน้ำยาฟอกสีฟันดีขึ้น เช่น แซ็ก-คาริน (Saccharin) เป็บเปอร์มินท์ (peppermint)(3, 7, 10)

2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำให้ฟันขาวขึ้น

1. ชนิดคราบสี พบว่า คราบสีเตตร้าไซคลิน (Tetracycline stain) ในระดับที่น้อยถึงปานกลางจะใช้เวลาฟอกสีฟันนาน 2-6 เดือน แต่ในระดับรุนแรงการฟอกสีฟันอาจจะไม่สำเร็จ(10, 15)

2. อายุ พบว่า การฟอกสีฟันจะมีโอกาสที่สำเร็จในผู้ป่วยอายุน้อยมากกว่าผู้ป่วยอายุมาก(10, 15)

3. ชนิดน้ำยาฟอกสีฟัน พบว่า สารที่ใช้ช่วยทำปฏิกิริยาในน้ำยาฟอกสีฟันในปัจจุบันได้แก่ สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ คาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ โซเดียมคลอไรต์ (Sodium chlorite) โซเดียมเปอร์บอเรต (Sodium perborate) ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ (Metal catalyst) เอนไซม์ออกซิโด-รีดักเทส (Oxireductase enzyme)(16)

4. ความเข้มข้นและระยะเวลาที่ใช้ของสารฟอกสีฟัน พบว่า ในการฟอกสีฟันด้วยสารคาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่างกัน จะใช้เวลาที่แตกต่างกันเพื่อทำให้ฟันขาวขึ้น ดังนี้ คาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 30 และ 22 จะใช้ระยะเวลาฟอกสีฟันนาน 5 และ 10 วัน ตามลำดับ ในขณะที่คาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 15 และ 20 ใช้ระยะเวลาฟอกสีฟันนาน 14 วัน(15)

5. ความร้อนและแสงที่ใช้ พบว่าการใช้น้ำยาฟอกสีฟันชนิดฟอกสีฟันในคลินิกร่วมกับการกระตุ้นโดยแสงจะสามารถเพิ่มอุณหภูมิของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ส่งผลให้ปฏิกิริยาของการฟอกสีฟันจึงถูกเร่งให้เร็วขึ้น โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส อัตราการเกิดปฏิกิริ-ยาจะเพิ่มขึ้น 2 เท่า(16) แต่อย่างไรก็ตามหากใช้ความร้อนที่มากเกินไป จะส่งผลทำให้เกิดอันตรายต่อโพรงประสาทฟันที่ไม่สามารถผันกลับได้(15, 17)

3. ผลข้างเคียงของการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ฟันขาว

1. การเสียวฟัน (Tooth sensitivity) พบว่า น้ำยาฟอกสีฟันที่มีความเข้มข้นของไฮโดร-เจนเปอร์ออกไซด์สูงจะเพิ่มการแพร่ของสารเปอร์ออกไซด์เข้าสู่เนื้อเยื่อในฟันมากขึ้น ส่งผลให้เกิดอาการเสียวฟัน แต่อาการเสียวฟันจะลดลงภายใน 4 วัน หลังจากฟอกสีฟัน โดยอุบัติการณ์ที่เสียว

ฟันในระดับน้อยถึงปานกลางมีโอกาสเกิดได้ร้อยละ 10-90 หลังจากฟอกสีฟัน(18, 19) นอกจากนี้การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 35 ในน้ำยาฟอกสีฟันจะมีโอกาสเกิดอาการเสียวฟันได้ทุกคน โดยเฉพาะฟันที่ได้รับการบูรณะฟันจะมีอาการเสียวฟันได้มากกว่าฟันปกติเนื่องจาก สารเปอร์ออกไซด์สามารถแทรกผ่านโพรงประสาทฟันได้ จึงมีการแนะนำให้ใช้น้ำยาฟอกสีฟันที่มีส่วนประกอบของโพแทสเซียมไนเตรต (Potassium nitrate) และฟลูออไรด์ (Fluoride) เพื่อป้องกันอาการเสียวฟัน(4, 6, 20)

2. การเปลี่ยนแปลงที่ชั้นเคลือบฟัน (Change of enamel surface) พบว่าน้ำยาฟอกสีฟันสามารถทำให้เกิดการเสื่อมสลายของโครงสร้างผลึกของชั้นเคลือบฟัน (Crystalline structure of enamel) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงผิวชั้นเคลือบฟันได้เล็กน้อย(4, 19) สำหรับการใช้น้ำยาฟอกสีฟันร่วมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 30 นาน 15 นาทีจะส่งผลทำให้ความแข็งจุลภาค (Microhardness) ในชั้นเคลือบฟันลดลง(21)

3 การระคายเคืองต่อเยื่อบุช่องปาก (Irritation of oral mucosa) พบว่าสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นสูงสามารถทำให้เกิดเยื่อบุแสบร้อนได้ (Mucosa burn)(19)

4. การเปลี่ยนแปลงของวัสดุบูรณะฟัน (Alteration of restoration) พบว่า เมื่อคาร์บาไมด์เปอร์ออกไซด์สัมผัสกับอะมัลกัม (Amalgam) ส่งผลให้อะมัลกัมจะปล่อยสารปรอท (Mercury) มากขึ้นโดยปริมาณการปล่อยสารปรอทจะขึ้นกับชนิดของอะมัลกัม ชนิดของน้ำยาฟอกสีฟัน และความถี่ของการฟอกสีฟัน นอกจากนี้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถละลายวัสดุกลาส ไอโอโมเอร์ซีเมนต์ (Glass ionomer cement) และซีเมนต์ชนิดอื่นๆ ได้ รวมทั้งไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลืออยู่ในชั้นเคลือบฟันสามารถยับยั้งปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ของวัสดุเรซิน(Resin base material) จึงทำให้ค่าความแข็งแรงยึดติด (Bond strength) ลดลง(19) นอกจากนี้ได้มีการศึกษาพบว่า น้ำยาฟอกสีฟันร่วมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 40 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส สามารถทำให้วัสดุเรซินคอมโพสิต (Composite resin) และวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์มีความแข็งลดลง (22)

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นสารประเภทออกซิไดซ์ที่สามารถแพร่ผ่านตัวฟันได้สามารถแตกตัวเป็นสารอนุมูลอิสระที่ไม่เสถียร (*Unstable free radical*) เช่น เปอร์ไฮดรอกซิลแอนไอออน (*Perhydroxyl anion*) ไฮดรอกซิลแรดดิเคิล (*Hydroxyl radical*) เปอร์ไฮดรอกซิลแรดดิเคิล (*Per-*

hydroxyl radical) ซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (*Superoxide anion*) โดยสารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลเม็ดสีอินทรีย์ (โครโมเจน) บริเวณช่องว่างระหว่างเกลืออินทรีย์ (*Organic salt*) ในชั้นเคลือบฟันทำให้พันธะคู่ของโครมาเจนถูกเปลี่ยนแปลงจนทำให้โครมาเจนมีขนาดเล็กลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีฟันลดลง การสะท้อนแสงสีฟ้าเพิ่มขึ้น และค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ได้แก่ สารประกอบวงคาร์บอนที่มีสีสูง (*Highly pigment carbon ring compound*) ถูกออกซิไดซ์เปลี่ยนพันธะคู่ของโซ่คาร์บอนเป็นหมู่ไฮดรอกซิล (*Hydroxyl group*) ซึ่งเป็นโซ่คาร์บอน (*Carbon chain*) ที่มีความสว่างกว่า(3, 4, 12) จากนั้นจึงถูกออกซิไดซ์ต่อจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (*Carbon dioxide*) และน้ำ*(4, 14)*

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถแพร่ผ่านชั้นเคลือบฟัน เพื่อก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอนุมูลอิสระ (*Free radical oxidation*) ส่งผลข้างเคียงทำให้ฟันสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน (*Denature protein*) เพิ่มรูพรุนบนผิวชั้นเคลือบฟัน สูญเสียอีนาเมลเมทริกซ์ (*Enamel matrix*) และเกิดการเคลื่อนไหวของไอออน (*Ion*) ที่มากขึ้นในโครงสร้างฟัน โดยเฉพาะฟันที่มีความผิดปกติ (*Defect*) หรือรอยร้าว (*Crack*) โดยพบว่า ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถแพร่ผ่านจากชั้นเคลือบฟันไปชั้นเนื้อฟันได้ภายใน 10-30 นาที ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 สามารถแพร่ผ่านเข้าไปในโครงสร้างฟันที่ถูกถอนออกมาได้ จึงทำให้ฟันขาวขึ้นได้และมีโอกาสที่ระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในฟัน (17, 20, 23)

จากการศึกษาประสิทธิผลของความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และจำนวนรอบที่ใช้ฟอกสีฟัน เพื่อที่จะทำให้ฟันขาวที่ระดับ *B1* พบว่า ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 25 15 10 และ 5 จะใช้ระยะเวลาฟอกสีฟัน 1 2 4 7 และ 12 ครั้ง ตามลำดับ (24)

เอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส

ฮอร์สแรดิช *(Horseradish)* เป็นพืชกลุ่มไม้ล้มลุกอายุมากกว่า 2 ปี นิยมเพาะปลูกในเขตอบอุ่น บริเวณรากของฮอร์แรดิชจะพบสารเปอร์ออกซิเดส *(Peroxidase)* โดยเฉพาะซีไอโซเอนไซม์ *(C isoenzyme)* มากที่สุด เอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสชนิดซี (*Horseradish peroxidase C isoenzyme*) มีโลหะอยู่ศูนย์กลาง 2 กลุ่ม ได้แก่ แคลเซียม และกลุ่มฮีโมโกลบิน (*Hemoglobin*) ซึ่งประกอบด้วยธาตุเหล็ก (*Fe III*) และโปรตีนพอร์ไฟริน (*Protoporphyrin*) *(25)*

เอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส (*Horseradish peroxidase*) สามารถนำมาใช้บำบัดน้ำเสีย ย่อยสลายทางชีวภาพ สังเคราะห์สารอินทรีย์ ตรวจสอบระบบภูมิคุ้มกัน (26) รวมทั้งช่วยส่งเสริมให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดการออกซิไดซ์ (*Oxidize*) สารประกอบอินทรีย์ (*Organic*

compound) และสารประกอบอนินทรีย์ (*Inorganic compound*) (25) นอกจากนี้พบว่า เอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส (*Horseradish peroxidase*) ที่สกัดได้จากพืชสามารถย่อยสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้สารอนุมูลอิสระ (*Free radical*) ส่งผลให้มีประสิทธิภาพการฟอกสีฟันเพิ่มขึ้น (27)

จากการศึกษาของ *Soares* และคณะ พบว่า การเติมสารเปอร์ออกซิเดสในน้ำยาฟอกสีฟันที่มีส่วนประกอบของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 ช่วยให้ระดับการลดลงของความมีชีวิตของเซลล์ (*Cell viability reduction*) น้อยลง พบปริมาณปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือในเนื้อฟัน (*Residual hydrogen peroxide*) ลดลง มีความเป็นพิษต่อเซลล์ (*Cytotoxicity*) ลดลง และการเปลี่ยนแปลงสีฟันเพิ่มขึ้นจากเดิม *(27)*

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถออกซิไดซ์ซีไอโซเอนไซม์หรือโลหะเหล็กที่อยู่ศูนย์กลางของสารเร่งปฏิกิริยา และสารเปอร์ออกซิเดสซึ่งอยู่ในสถานะพัก โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ออกซิไดซ์ซีไอโซเอนไซม์หรือโลหะเหล็กที่อยู่ศูนย์กลางของสารเร่งปฏิกิริยาได้น้ำ และสารประกอบโคเวเลนต์เฟอร์ริกออกไซด์ ออกซิเฟอร์ริล (Covalent $Fe^{+4}O$ Oxyferryl species) หรือ สารประกอบที่ 1 (Compound I) ซึ่งสามารถออกซิไดซ์ได้ 2 เท่า เมื่อเทียบกับอยู่ในสถานะพัก ดังสมการที่ (1)

ขั้นตอนที่ 2 สารประกอบที่ 1 จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือตัวรีดิวซ์ (Reductant) ในรูป AH2 จะได้สารประกอบที่ 2 ซึ่งสามารถออกซิไดซ์ได้ 1 เท่า เมื่อเทียบกับอยู่ในสถานะพัก ดังสมการที่ (2)-(3)

ขั้นตอนที่ 3 สารประกอบที่ 2 จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือตัวรีดิวซ์ (Reductant) ชนิด AH_2 จะได้ซีไอโซเอนไซม์หรือโลหะเหล็กที่อยู่ศูนย์กลางของสารเร่งปฏิกิริยาและน้ำ ดังสมการที่ (4) - (5) (27-29)

$$Enz + H_2O_2 \rightarrow H_2O + Compound\ I \quad (1)$$

$$Compound\ I + AH_2 \rightarrow AH^{\cdot} + Compound\ II \quad (2)$$

$$Compound\ I + H_2O_2 \rightarrow HO_2^{\cdot} + Compound\ II \quad (3)$$

$$Compound\ II + AH_2 \rightarrow AH^{\cdot} + Enz + H_2O \quad (4)$$

$$Compound\ II + H_2O_2 \rightarrow HO_2^{\cdot} + Enz + H_2O \quad (5)$$

กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (Photocatalysis process)

โฟโตคะตะลิสต์ คือ วัสดุที่สามารถดูดแสงเพื่อเปลี่ยนรูปทางเคมี (*Chemical transforma-*

tion) โดยสร้างคู่อิเล็กตรอนกับโฮล (*Electron-hole pair*) กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง คือ กระบวนการของตัวเร่งปฏิกิริยาสารเคมีที่ต้องการแสงเพื่อเร่งปฏิกิริยาเคมี กลไกใช้อธิบายเริ่มจากแสงอัลตราไวโอเลต (*Ultraviolet light*) และ/หรือ แสงที่มองเห็นได้ (*Visible light*) กระตุ้นโลหะออกไซด์ (*Metal oxide*) เพื่อสร้างคู่อิเล็กตรอนกับโฮล ต่อมาอิเล็กตรอนถูกกระตุ้นให้วิ่งจากแถบเวเลนซ์ (*Valence band*) ไปแถบนำ (*Conduction band*) ส่งผลให้สารประกอบที่อยู่บนผิวสารเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (*Photocatalyst*) จะถูกรีดิวซ์หรือออกซิไดซ์ เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชันบนแถบเวเลนซ์ที่เปลี่ยนไฮดรอกซิลแอนไอออน (*Hydroxyl anion*) เป็นสารอนุมูลไฮดรอกซิล (*Hydroxyl radical*) ปฏิกิริยารีดักชันบนแถบนำที่เปลี่ยนออกซิเจน (*Oxygen*) เป็นสารอนุมูลออกซิเจน (*Oxygen radical*) เพราะฉะนั้นสารอนุมูลทั้งหมดจะส่งผลให้สารประกอบเสื่อมสภาพ (30-32)

ซิงค์ออกไซด์ (*Zinc oxide*) เป็นวัสดุโฟโตคะตะลิสต์ที่ไม่มีความเป็นพิษ ราคาถูก มีกลไกกำจัดมลภาวะ โดยจากการศึกษาการเสื่อมสภาพของสารพิษอินทรีย์จากน้ำเสียโดยใช้แสงร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาซิงค์ออกไซด์ พบว่าเมื่อใช้ซิงค์ออกไซด์ร่วมกับการใช้แสงอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร เป็นเวลา 90 นาที สามารถทำให้ 4-ไนโตรฟีนอล (*4-Nitrophenol*) เสื่อมสภาพลงได้ร้อยละ 97.7 นอกจากนั้นถ้าใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5-20 มิลลิโมล ร่วมด้วย ประสิทธิภาพของการเสื่อมสภาพจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 79.9 เป็นร้อยละ 95.5 ภายในระยะเวลา 60 นาที กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงเริ่มจากซิงค์ออกไซด์ได้รับพลังงานจากแสงที่สูงกว่าค่าแถบช่องว่างพลังงาน (*Band gap energy*) ของสารกึ่งตัวนำ (ซิงค์ออกไซด์) จึงจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนที่แถบนำไฟฟ้าและโฮลที่แถบวาเลนซ์ส่งผลให้เกิดไฮดรอกซิลแรดดิเคิล และซุปเปอร์ออกไซด์ไอออน ในทางตรงกันข้าม การรวมกันของอิเล็กตรอนและโฮล (*The electron-hole recombine tion*) จะทำให้อัตราส่วนปริมาณโฟตอนที่ถูกดูดกลืนกับถูกคายออกมาลดลงส่งผลให้ปริมาณไฮดรอกซิลแรดดิเคิลและซุปเปอร์ออกไซด์ไอออนลดลงซึ่งสามารถแก้ไขได้ โดยการเติมตัวรับอิเล็กตรอนที่ผันกลับไม่ได้ (*Irreversible electron acceptor*) เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อลดการรวมกันของคู่อิเล็กตรอนและโฮล เพราะฉะนั้นปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติกที่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมด้วยจะทำให้ปริมาณของไฮดรอกซิลแรดดิคัลเพิ่มขึ้น จึงช่วยเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตาไลติกออกซิเดชัน(32-35)

กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงที่ใช้แสงร่วมกับสารซิงค์ออกไซด์ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1.สารซิงค์ออกไซด์เมื่ออยู่ในน้ำและได้รับแสงที่มีพลังงานมากกว่าหรือเท่ากับค่าแถบ

ช่องว่างพลังงาน (Band gap) จะทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอน (Electron) และโฮล (Hole) ดังสมการที่ (6)

$$ZnO + hv \rightarrow ZnO\ (e^- + h^+) \quad (6)$$

2.อิเล็กตรอนที่อยู่ในแถบนำไฟฟ้า (Conduction band) และโฮลที่อยู่ในแถบวาเลนซ์ (Valence band) จะเคลื่อนที่ไปที่ผิวของซิงค์ออกไซด์ จากนั้น โฮลจะทำหน้าที่ออกซิไดซ์น้ำ และไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) ได้สารอนุมูลไฮดรอกซิล ในส่วนที่แถบนำไฟฟ้าพบออกซิเจนทำปฏิกิริยากับอิเล็กตรอน ส่งผลให้เกิดสารซูเปอร์ออกไซด์แรดดิเคิลแอนไอออน (Superoxide radical anion) ดังสมการที่ (7)-(9)

$$h^+ + H_2O \rightarrow OH^{\bullet} + H^+ \quad (7)$$

$$h^+ + OH^- \rightarrow OH^{\bullet} \quad (8)$$

$$O_2 + e^- \rightarrow O_2^{\bullet -} \quad (9)$$

3.ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำปฏิกิริยากับซูเปอร์ออกไซด์แรดดิเคิลแอนไอออนได้ สารอนุมูลไฮดรอกซิลซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับสารปนเปื้อน จนกระทั่งได้ คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และกรดอนินทรีย์ (Mineral acid) ดังสมการที่ (10)-(12)(36)

$$H_2O_2 + O_2^{\bullet -} \rightarrow OH^{\bullet} + OH^- + O_2 \quad (10)$$

$$\text{Organic pollutants} + OH^{\bullet} \rightarrow \text{Intermediates} \quad (11)$$

$$\text{Intermediates} \rightarrow CO_2 + H_2O \quad (12)$$

อุณหภูมิบนผิวฟันที่เริ่มทำให้เกิดอาการปวด

ฟันหน้าตัดซี่กลาง (*Central incisor*) เมื่อสัมผัสกาแฟที่ร้อน 60 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิสูงสุดบนผิวฟันด้านแก้ม (*labial*) วัดได้ 45 องศาเซลเซียส หรือจากการศึกษาของ *baldissara* ในปี *1997* พบว่าอุณหภูมิที่กลุ่มตัวอย่างรู้สึกปวดในขณะที่เซลล์ในโพรงประสาทฟัน (*pulp*) และเนื้อ-ฟัน (*dentine*) ไม่เกิดพยาธิสภาพ คือ *44.6* องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ *Manzoni* ในปี *1982* ที่รายงานว่า ระดับการรับรู้ความเจ็บปวด (*pain threshold*) ของอุณหภูมิที่วัดได้ คือ 45 องศาเซลเซียส(37, 38)

ซิงค์ออกไซด์

สารซิงค์ออกไซด์เป็นสารที่สามารถเร่งปฏิกิริยาสารเคมี โดยทั่วไปจะใช้สารซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1-25 โดยน้ำหนัก จากสิทธิบัตรสารที่ทำให้ฟันขาวโดยใช้ร่วมกับสารเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (*US 9492257 B2*) ได้ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ *9* ร่วม

กับสารซิงค์ออกไซด์ (เกรดยาสหรัฐอเมริกา) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4-6 โดยน้ำหนัก และใช้แสงความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร เพื่อกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา*(39)*

ปรากฏการณ์สีและการวัดสีฟัน

ปรากฏการณ์สี คือ การตอบสนองของจิตที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในทางกาย (*Psycho Physical response*) ต่อปฏิสัมพันธ์ทางกายภาพของพลังงานแสงร่วมกับวัตถุ และประสบการณ์รับรู้ของผู้สังเกต การวัดสีในทางทันตกรรมส่วนมากจะใช้ 2 ระบบ ได้แก่

1.ระบบสีของมันเซลล์ (Munsell colour order system) ประกอบด้วย สีของตัววัตถุ (Hue) คือ สีของวัตถุระบุช่วงความยาวคลื่นได้ ในทางทันตกรรมจะใช้ชุดเทียบสีฟันไวต้าคลาสสิก (Vita classic shade guide) เพื่อแยกสีได้เป็นกลุ่ม A B C และ D ส่วนปริมาณของสี (Chroma) คือ ระดับความอิ่มตัว หรือความเข้มของสี ถ้าสีมีความเข้มมากจะส่งผลให้ ค่าความสว่างของสีลดลง และค่าความสว่างของสี (Value) คือ ปริมาณแสงที่สะท้อนออกจากวัตถุ วัตถุที่มีค่าความสว่างของสีต่ำแสดงว่าวัตถุนั้นดูดกลืนแสงมาก จึงทำให้แสงสะท้อนออกมาจากวัตถุน้อย

2.ระบบสีซีไออี (Commission Internationale de l' Eclairage) เป็นทฤษฎีการรับรู้สีโดยอ้างอิงจากส่วนรับรู้ (receptor) สีที่ตา (แดง เขียว ฟ้า) ซึ่งมีแกน 3 มิติในปริภูมิสี (color space) ประกอบด้วย แกน L* คือค่าความสว่างของสี แกน a* คือค่าความเป็นสีแดงหรือสีเขียว โดยค่าบวกแสดงถึงค่าสีแดง และค่าลบแสดงถึงค่าสีเขียว และแกน b* คือค่าความเป็นสีเหลืองหรือสีฟ้าโดยค่าบวกแสดงถึงค่าสีเหลือง และค่าลบแสดงถึงค่าสีฟ้า (13, 40)

แสงเป็นพลังงานรังสีที่มีความยาวคลื่นหลายค่า การรวมกันของคุณสมบัติทางแสงของฟัน ทั้งการผ่านของแสงทะลุฟัน การสะท้อนของแสงที่ผิวฟัน การกระจายของแสงที่สะท้อนจากผิวฟัน การดูดและกระเจิงแสงภายในเนื้อฟันจะส่งผลให้เกิดสีของฟัน เมื่อแสงสัมผัสฟันที่มีโมเลกุลเม็ดสี (*Pigment molecule*) ที่มีลักษณะของสายโมเลกุลคาร์บอนที่ยาวหรือโครงสร้างซับซ้อนจะส่งผลให้แสงถูกดูดกลืนมากกว่าสะท้อนแสงออกจากฟันทำให้ฟันซี่นั้นจึงมีความสว่างลดลง ในทางตรงกันข้ามหากฟันซี่นั้นได้รับการฟอกสีฟันจนทำให้โมเลกุลเม็ดสีมีขนาดเล็กลง หรือ ควาซับซ้อนของโครงสร้างลดลง แสงทจะถูกดูดกลืนลดลง และการสะท้อนแสงจะเพิ่มขึ้น ฟันซี่นั้นจึงดูสว่างเพิ่มขึ้น (4, 40)

การวัดสีฟัน มีหลายวิธีที่ใช้ ได้แก่

1. ชุดเทียบสีฟันมาตรฐาน (Standard color tooth shade guide) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในทางทันตกรรม โดยวัดสีฟันบริเวณกึ่งกลางตัวฟัน เนื่องจากบริเวณปลายฟัน และส่วนคอฟันจะมีการเปลี่ยนแปลงสีฟันได้ง่ายจากสภาพแวดล้อม การเปรียบเทียบสีฟันกับชุดเทียบสีฟัน

จะเริ่มจากกลุ่มค่าความสว่างของชุดเทียบสีฟันก่อนแล้วจึงเลือกค่าปริมาณของสีและค่าสีของวัตถุตามลำดับ นอกจากนี้มีปัจจัยอื่นๆ ที่สามารถรบกวนวิธีการวัดสีนี้ ได้แก่ แสงสว่างในห้อง ประสบการณ์ อายุ ความล้า และตาบอดสีของผู้สังเกต

2. เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectophotometer) เป็นวิธีที่นิยมใช้ในส่วนอุตสาหกรรม คลินิก และงานวิจัยเพื่อใช้วัดสีวัสดุ สาร ฟันที่มีชีวิต หรือฟันที่ถูกถอน โดยวัดความยาวคลื่นแสงที่ถูกสะท้อน หรือผ่านวัตถุ

3. เครื่องคัลเลอลิมิเตอร์ (Colourimeter) เป็นวิธีที่นิยมใช้ในงานวิจัยวัดสีฟันทั้งในคลินิกและห้องปฏิบัติการ แต่มีข้อเสีย คือ ผิวฟันต้องมีลักษณะแบน (Flat surface) เนื่องจากถ้าขอบช่องวัดสีของ Colourimeter ไม่แนบฟันอาจจะส่งผลให้การวัดสีฟันผิดพลาดได้ (13)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์

สารเคมี

1) สารละลายไทมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (คณะทันตแพทยศาสตร,มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย)

2) น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ (PolaOffice®) ซึ่งมีส่วนประกอบของของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 (SDI Limited, Victoria, Australia)

3) เอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส (Horseradish peroxidase) ความเข้มข้น 0.03 ยูนิตต่อไมโครลิตร (ได้รับการอนุเคราะห์จากคณะวิทยาศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหา-วิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย)

4) ผงซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxzide powder, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)

อุปกรณ์

1) เทอร์มอคัปเปิลรุ่น testo 925 (Thermocouple, Testo SMI Sdn Bhd, Selangor Darul Ehsan, Malaysia)

2) ถ้วยใส่ผงขัด (Dappen dish)

3) เครื่องชั่งสำหรับชั่งสาร (Sartorius รุ่น BP 210 S, Sartorius AG, Goettingen, Germany)

4) เครื่องกระตุ้นการฟอกสีฟันระบบแสงแอลอีดี รุ่น Saab® KY-M209 (Foshan Keyuan Medical Equipment Co., Ltd., Foshan City, China) ให้แสงสีฟ้า (blue light) ที่ความยาวคลื่น 460-490 นาโนเมตร กำลังไฟฟ้า 33 วัตต์ (watt) ความเข้มแสง 10 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (W/cm^2)

5) ที่จับหลอดทดลอง (Test tube holder)

6) ขาตั้ง และข้อต่อฐานสามเหลี่ยม (Retort stand and Clamp)

7) กระบอกฉีดยาพลาสติก รุ่น NIPRO DISPOSABLE SYRING with U-100 INSULIN 1 ml 27Gx1/2" (0.40x13 mm) (NIPRO(THAILAND)CORPORATION LIMITED, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Thailand)

8) พู่กันขนาดไมโคร (Microbrush)

9) เครื่องตัดฟัน รุ่น IsoMet (Buehler, Lake Bluff, Illinois, USA)

10) ใบเลื่อยยี่ห้อ Pace technologies ขนาด 4 นิ้ว Diamond wafering blade Medium grit / High concentration (Pace technologies, Tucson, USA)

11) กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (Stereoscopic microscope) รุ่น SZ61 (Olympus, Tokyo, Japan)

12) อีพอกซี่เรซินชนิดใส (All Art Center, Nonthaburi, Thailand)

13) ท่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร

14) ผงขัดพิวมิซปราศจากฟลูออไรด์ (Fluoride-free pumice, Whipmix, Louisville, Kentucky, USA)

15) หัวขัดยางรูปถ้วย (Polishing cup, PENG LIM Enterprise, Kaohsiung, Taiwan)

16) ด้ามจับหัวกรอฟันแบบช้า (Slow speed handpiece, W&H Dentalwerk Bürmoos GmbH, Salzburg, Austria)

17) ผ้าก๊อซ (ยูไนเต็ด เมดิคอล อินสตรูเมนท์, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย)

18) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง รุ่น UltraSCAN® PRO (Hunter Associates Laboratory, Virginia, USA)

19) เครื่องดูดปล่อยสารละลาย (Automatic pipette) รุ่น Pipetman P20N (Gilson, Wisconsin, USA)

20) เครื่องดูดปล่อยสารละลาย (Automatic pipette) รุ่น Acura® manual 825 (Socorex, Lausanne, Switzerland)

21) เครื่องมือวัดความลึกของร่องปริทันต์ (Periodontal probe, OTTO LEIBINGER GmbH L-DENT, Mühlheim, Germany)

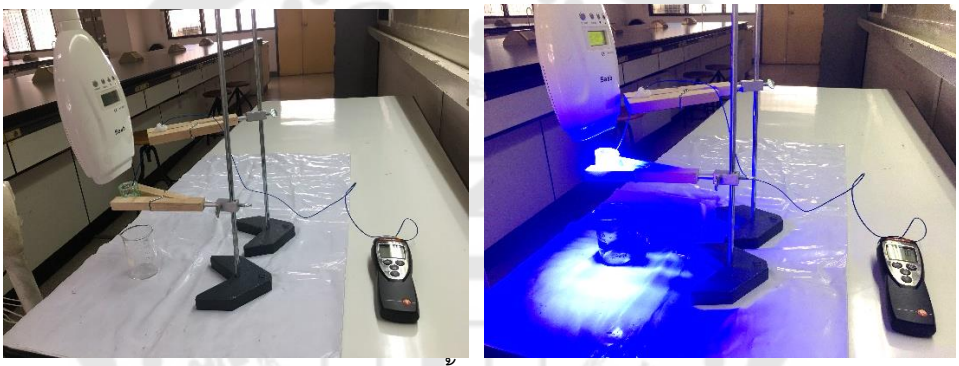
การเลือกกลุ่มและขนาดตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ ฟันกรามน้อยจำนวน 60 ซี่ แบ่งเป็น 12 กลุ่ม ตามน้ำยาฟอกสีฟันที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม และจำนวนรอบที่ใช้ฟอกสีฟันที่แตกต่างกัน 4 กลุ่ม ได้กลุ่มละ 5 ซี่ โดยฟันที่ใช้มาจากการถอนฟันเนื่องจากการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน และไม่ใช่ฟันผู้สูงอายุ จากนั้นเก็บและฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไทมอล (*Thymol solution*) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส งานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (เลขอนุมัติ *SWUEC/X/G-077/2564*)

การศึกษาปริมาณของซิงค์ออกไซด์ที่มีผลต่ออุณหภูมิ

1.หัววัดของเทอร์มอคัปเปิลรุ่น *testo 925* (*Thermocouple, Testo SMI Sdn Bhd, Selangor Darul Ehsan, Malaysia*) นำมาติดตั้งกับถ้วยใส่ผงขัด (*Dappen dish*) โดยที่ได้ปรับตำ-แหน่งของปากถ้วยของถ้วยใส่ผงขัดให้ขนานและได้ห่างจากเครื่องกระตุ้นการฟอกสีฟันระบบแสงแอลอีดี รุ่น *Saab® KY-M209* (*Foshan Keyuan Medical Equipment Co., Ltd., Foshan City, China*) 3 เซนติเมตร ที่ห้องปฏิบัติการทันตวัสดุศาสตร์ชั้ น 9 (ห้องเลขที่ 17-932) คณะทันตแพทย-ศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ประเมินอุณหภูมิของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ก่อนฉายแสง (ภาพซ้าย) และขณะฉายแสง (ภาพขวา)

2. เตรียมน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 น้ำยาฟอกสีฟันร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก เตรียมได้จากนำผงของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ 0.3 กรัม ผสมกับผงซิงค์ออกไซด์ ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ผสมจนได้เนื้อเดียวกัน จากนั้นใช้กระบอกฉีดยาพลาสติก รุ่น NIPRO DISPOSABLE SYRING with U-100 INSULIN 1 ml 27Gx1/2" (0.40x13 mm) (NIPRO CORPORATION LIMITED, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Thailand) นำส่วนเหลวของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศปริมาณ 2 มิลลิลิตร จากนั้นใช้พู่กันขนาดเล็ก (Microbrush) ผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน

กลุ่มที่ 2 น้ำยาฟอกสีฟันร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก เตรียมได้จากนำผงของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ 0.3 กรัม ผสมกับผงซิงค์ออกไซด์ด้วยอัตราส่วนร้อย

ละ 2 โดยน้ำหนัก แล้วผสมจนได้เนื้อเดียวกัน จากนั้นใช้กระบอกฉีดยาพลาสติก รุ่น NIPRO DISPOSABLE SYRING with U-100 INSULIN 1 ml 27Gx1/2" (0.40x13 mm) นำส่วนเหลวของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศปริมาณ 2 มิลลิลิตร จากนั้นใช้พู่กันขนาดเล็กผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน

กลุ่มที่ 3 น้ำยาฟอกสีฟันร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก เตรียมได้จากนำผงของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ 0.3 กรัม ผสมกับผงซิงค์ออกไซด์ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก แล้วผสมจนได้เนื้อเดียวกัน จากนั้นใช้กระบอกฉีดยาพลาสติก รุ่น NIPRO DISPOSABLE SYRING with U-100 INSULIN 1 ml 27Gx1/2" (0.40x13 mm) นำส่วนเหลวของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศปริมาณ 2 มิลลิลิตร จากนั้นใช้พู่กันขนาดเล็กผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน

กลุ่มที่ 4 น้ำยาฟอกสีฟันร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก เตรียมได้จากนำผงของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ 0.3 กรัม ผสมกับผงซิงค์ออกไซด์ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก แล้วผสมจนได้เนื้อเดียวกัน จากนั้นใช้กระบอกฉีดยาพลาสติก รุ่น NIPRO DISPOSABLE SYRING with U-100 INSULIN 1 ml 27Gx1/2" (0.40x13 mm) นำส่วนเหลวของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศปริมาณ 2 มิลลิลิตร จากนั้นใช้พู่กันขนาดเล็กผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน

3. สำหรับกลุ่มที่ 1 นำน้ำยาฟอกสีฟันกลุ่มที่ 1 ที่ผสมจนได้สารเนื้อเดียวกันนาน 30 วินาที ในถ้วยใส่ผงขัด (*Dappen dish*) โดยเริ่มบันทึกเวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนกระทั่งน้ำยาฟอกสีฟันได้รับการกระตุ้นด้วยแสง

4. นำปลายของหัววัดของเทอร์มอคัปเปิลใส่ในถ้วยใส่ผงขัด (*Dappen dish*) โดยวางให้ถูกครอบคลุมด้วยน้ำยาฟอกสีฟันในแต่ละกลุ่มแล้วรอจนกระทั่งอุณหภูมิที่วัดได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 45 องศาเซลเซียส จากนั้นได้ฉายแสงด้วยเครื่องกระตุ้นการฟอกสีฟันระบบแสงแอลอีดี รุ่น *Saab® KY-M209* เป็นเวลา 8 นาที

5. เมื่อฉายแสงครบ 8 นาที ใช้ผ้าก๊อซเช็ดน้ำยาฟอกสีฟันออก จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 2 มิลลิลิตร แล้วจึงซับให้แห้งด้วยผ้าก๊อซ

6. ผสมน้ำยาฟอกสีฟันอีกครั้งแล้ววัดอุณหภูมิ รอจนกระทั่งอุณหภูมิที่วัดได้น้อยกว่า หรือเท่ากับ 45 องศาเซลเซียส จากนั้นฉายแสงด้วยเครื่องกระตุ้นการฟอกสีฟันที่ระบบแสงแอลอีดี รุ่น *Saab® KY-M209* เป็นเวลา 8 นาที ทำจนกระทั่งครบ 4 รอบ (ระยะเวลา 32 นาที)

7. ใช้ผ้าก๊อซเช็ดน้ำยาฟอกสีฟันออก จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น ปริมาณ 2 มิลลิลิตร แล้วจึงซับให้แห้งด้วยผ้าก๊อซ จากนั้นนำถ้วยใส่ผงขัดดังกล่าวไปวัดอุณหภูมิ จนกระทั่งระยะเวลา ที่ใช้ทดลองครบ 40 นาที

8. ประเมินการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่วัดได้ ตั้งแต่ก่อนฟอกสีฟัน ขณะฟอกสีฟัน และหลังจากฟอกสีฟัน โดยบันทึกอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที จนกระทั่งครบ 40 นาที

9. ทดลองในกลุ่มที่ 1 ซ้ำอีกจนกระทั่งครบ 3 รอบ จากนั้นจึงเปลี่ยนกลุ่มทดลองเป็น กลุ่มที่ 2 3 และ4 แล้วทำตามขั้นตอน 3 ถึง 8 จนกระทั่งครบ 3 รอบต่อกลุ่ม

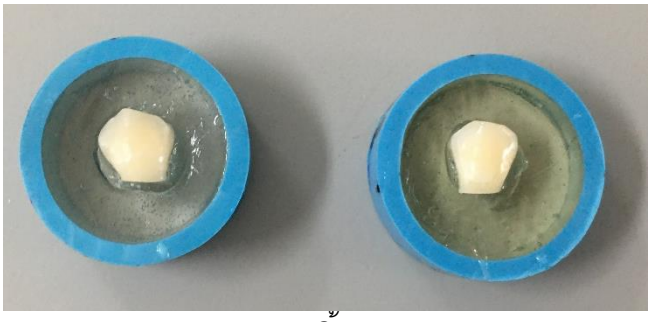
การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

1.ฟันกรามน้อยเก็บและฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไทมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นคัดเลือกฟันกรามน้อยที่ไม่มีวัสดุบูรณะหรือรอยโรคฟันผุแล้วนำฟันแช่ด้วยน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

2. ใช้เครื่องตัดฟัน รุ่น *IsoMet* (*Buehler, Lake Bluff, Illinois, USA*) ความเร็วตัดฟัน 300 รอบต่อนาที ใบเลื่อยยี่ห้อ *Pace technologies* ขนาด 4 นิ้ว *Diamond wafering blade Medium grit / High concentration* (*Pace technologies, Tucson, USA*) ตัดแบ่งฟันบริเวณรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน (*Cementoenamel junction*) เพื่อแบ่งตัวฟันกับรากฟัน และตัดแบ่งบริเวณร่องกลางฟัน (*Central groove*) จากแนวด้านใกล้กลางถึงไกลกลาง เพื่อแบ่งตัวฟันให้ได้ชิ้นฟันด้านใกล้แก้ม จากนั้นจึงนำส่วนตัวฟันไปแช่สารละลายไทมอล ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นเวลาไม่เกิน 1 เดือน ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3. นำชิ้นฟันมาตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (*Stereoscopic micro -scope*) รุ่น *SZ61* (*Olympus, Tokyo, Japan*) ที่กำลังขยาย 20*x* เพื่อแยกฟันแตกร้าว (*Crack*) หรือฟันที่มีความผิดปกติ (*Defect*) ออกจากการศึกษา ต่อจากนั้นแช่ฟันด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

4. นำชิ้นฟันตัวอย่างไปยึดติดกับอีพอกซี่เรซินชนิดใส (*All Art Center,* นนทบุรี,ประเทศไทย) ในท่อพีวีซี (*PVC*) เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร โดยนำฟันด้านผิวฟันไว้ด้านนอกและวางให้ได้ระนาบเดียวกับระนาบท่อพีวีซีเพื่อให้ได้ชิ้นงานตัวอย่าง จากนั้น นำไปแช่น้ำกลั่น ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ชิ้นงานตัวอย่าง

5. ใช้ผงขัดพิวมิชปราศจากฟลูออไรด์ (*Fluoride-free pumice, Whipmix, Louisville, Kentucky, USA*) ร่วมกับการใช้หัวขัดยางรูปถ้วย (*Polishing cup, PENG LIM Enterprise, Kaohsiung, Taiwan*) และการใช้ด้ามจับหัวกรอฟันแบบช้า (*Slow speed handpiece, W&H Dentalwerk Bürmoos GmbH, Salzburg, Austria*) ปรับความเร็วรอบที่ 20,000 รอบต่อนาที ขัดผิวฟันด้านใกล้แก้ม นาน 30 วินาที เพื่อทำความสะอาดผิวฟัน จากนั้น ใช้น้ำกลั่นปริมาณ 2 มิลลิลิตร ล้างออกแล้วใช้ผ้าก๊อซ (ยูไนเต็ด เมดิคอล อินสตรูเมนท์, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย) ซับให้แห้ง เก็บในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

6. นำฟันที่แช่น้ำกลั่นมาเช็ดให้แห้งด้วยผ้าก๊อซนาน 3 วินาที จากนั้นใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง รุ่น *UltraSCAN® PRO* (*Hunter Associates Laboratory, Virginia, USA*) เพื่อได้ค่าสีฟันแรกเริ่มในแต่ละชิ้นงาน โดยวัดสีฟันบริเวณกึ่งกลางตัวฟันและให้ผิวเคลือบฟันสัมผัสกับช่องวัดสีฟันขนาด 4 มิลลิเมตร (*Small area of view measured area*) จากนั้นทำเครื่องหมายบนท่อพีวีซี เพื่อระบุตำแหน่งโดยให้ตำแหน่งตรงกับส่วนร่องบนเครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงทั้งด้านบนซ้ายและขวาของช่องวัดสีฟันตรงกับบริเวณที่ทำเครื่องหมายบนท่อพีวีซีดังกล่าวทุกครั้งที่มีการวัดสีฟัน แล้วนำชิ้นตัวอย่างแช่น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ดังภาพประกอบ *3*

ภาพประกอบ 3 การวัดสีฟันด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

การเตรียมน้ำยาฟอกสีฟัน

1. น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ

ใช้กระบอกฉีดยาพลาสติก รุ่น NIPRO DISPOSABLE SYRING with U-100 INSULIN 1 ml 27Gx1/2" (0.40x13 mm) แล้วตวงส่วนเหลวของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ (PolaOffice®) ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ผสมกับส่วนผงของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ 0.15 กรัม จากนั้นจึงใช้พู่กันขนาดเล็กผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน ภายในระยะเวลา 30 วินาที

2. น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระดับความเข้มข้น 0.5 ยูนิตต่อมิลลิลิตร

ใช้เครื่องดูดปล่อยสารละลาย (Automatic pipette) รุ่น Acura® manual 825 (Socorex, Lausanne, Switzerland) ตวงส่วนเหลวของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศปริมาณ 0.6 มิลลิลิตร ผสมกับส่วนผงของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ 0.09 กรัม จากนั้นจึงใช้พู่กันขนาดเล็กผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน จากนั้นจึงได้ใช้เครื่องดูดปล่อยสารละลาย (Automatic pipette) รุ่น Pipetman P20N (Gilson, Wisconsin, USA) ตวงเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส ความเข้มข้น 0.03 ยูนิตต่อไมโครลิตร ปริมาณ 10.2 ไมโครลิตร แล้วไปผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน ภายในระยะเวลา 30 วินาที และคำนวณปริมาณเอนไซม์ที่เติม จากสูตร

$C_1V_1 = C_2V_2$ โดย

C_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลายที่ถูกเจือจาง (สารตั้งต้น)

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลายที่ถูกเจือจาง (สารตั้งต้น)

C_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการภายหลังผสม

V_2 คือ ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการภายหลังผสม

3. น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระดับความเข้มข้น 0.75 ยูนิตต่อมิลลิลิตร

ใช้เครื่องดูดปล่อยสารละลาย (Automatic pipette) รุ่น Acura® manual 825 ตวงส่วนเหลวของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศปริมาณ 0.4 มิลลิลิตร ผสมกับส่วนผงของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ 0.06 กรัม จากนั้นจึงใช้พู่กันขนาดเล็กผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน จากนั้นจึงใช้เครื่องดูดปล่อยสารละลาย (Automatic pipette) รุ่น Pipetman P20N ตวงเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส ความเข้มข้น 0.03 ยูนิตต่อไมโครลิตร ปริมาณ 10 ไมโครลิตร แล้วไปผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน ภายในระยะเวลา 30 วินาที

4. น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระดับความเข้มข้น 1 ยูนิตต่อมิลลิลิตร

ใช้เครื่องดูดปล่อยสารละลาย (Automatic pipette) รุ่น Acura® manual 825 ตวงส่วนเหลวของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศปริมาณ 0.334 มิลลิลิตร ผสมกับส่วนผงของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ 0.05 กรัม จากนั้นจึงใช้พู่กันขนาดเล็กผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน จากนั้นจึงใช้เครื่องดูดปล่อยสารละลาย (Automatic pipette) รุ่น Pipetman P20N ตวงเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส ความเข้มข้น 0.03 ยูนิตต่อไมโครลิตร ปริมาณ 11.5 ไมโครลิตร แล้วไปผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน ภายในระยะเวลา 30 วินาที

5. น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก

นำส่วนผงของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ 0.3 กรัม ผสมกับผงซิงค์ออกไซด์ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก (w/w) จนได้สารเนื้อเดียวกัน จากนั้นใช้กระบอกฉีดยาพลาสติก รุ่น NIPRO DISPOSABLE SYRING with U-100 INSULIN 1 ml 27Gx1/2" (0.40x13 mm) ตวงส่วนเหลวของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศปริมาณ 2 มิลลิลิตร แล้วผสมเข้าด้วยกัน โดยใช้พู่กันขนาดเล็กผสมจนได้สารเนื้อเดียวกันภายในระยะเวลา 30 วินาทีและคำนวณอัตราส่วนโดยน้ำหนักของซิงค์ออกไซด์ที่เติม จากสูตร

ร้อยละโดยน้ำหนักของสาร = (น้ำหนักของสาร/น้ำหนักทั้งหมด) x100

6. น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก

นำส่วนผงของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ 0.3 กรัม ผสมกับผงซิงค์ออกไซด์ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก (w/w) จนได้สารเนื้อเดียวกัน จากนั้นใช้กระบอกฉีดยาพลาสติก รุ่น NIPRO DISPOSABLE SYRING with U-100 INSULIN 1 ml 27Gx1/2" (0.40x13 mm) ตวงส่วนเหลวของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศปริมาณ 2 มิลลิลิตร แล้วผสมเข้าด้วยกัน โดยใช้พู่กันขนาดเล็กผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน ภายในระยะเวลา 30 วินาที

7. น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก

นำส่วนผงของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ 0.3 กรัม ผสมกับผงซิงค์ออกไซด์ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก (w/w) จนได้สารเนื้อเดียวกัน จากนั้นใช้กระบอกฉีดยาพลาสติก รุ่น NIPRO DISPOSABLE SYRING with U-100 INSULIN 1 ml 27Gx1/2" (0.40x13 mm) ตวง

ส่วนเหลวของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศปริมาณ 2 มิลลิลิตร แล้วผสมเข้าด้วยกัน โดยใช้พู่กันขนาดเล็กผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน ภายในระยะเวลา 30 วินาที

8. **น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก**

นำส่วนผงของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ 0.3 กรัม ผสมกับผงซิงค์ออกไซด์ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก (w/w) จนได้สารเนื้อเดียวกัน จากนั้นใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกรุ่น NIPRO DISPOSABLE SYRING with U-100 INSULIN 1 ml 27Gx1/2" (0.40x13 mm) ตวงส่วนเหลวของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศปริมาณ 2 มิลลิลิตร แล้วผสมเข้าด้วยกัน โดยใช้พู่กันขนาดเล็กผสมจนได้สารเนื้อเดียวกัน ภายในระยะเวลา 30 วินาที

การศึกษาปริมาณของเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส และซิงค์ออกไซด์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟัน

1. แบ่งกลุ่มการศึกษาทดลองเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 1

กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 4 รอบ (32 นาที)

กลุ่มที่ 2 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระดับความเข้มข้น 0.5 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 4 รอบ (32 นาที)

กลุ่มที่ 3 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระดับความเข้มข้น 0.75 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 4 รอบ (32 นาที)

กลุ่มที่ 4 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระดับความเข้มข้น 1 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 4 รอบ (32 นาที)

กลุ่มที่ 5 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 4 รอบ (32 นาที)

กลุ่มที่ 6 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 4 รอบ (32 นาที)

กลุ่มที่ 7 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 4 รอบ (32 นาที)

กลุ่มที่ 8 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 4 รอบ (32 นาที)

ตาราง 1 แสดงกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 8 กลุ่ม

กลุ่ม	น้ำยาฟอกสีฟัน	ความเข้มข้นเอนไซม์ (ยูนิตต่อมิลลิลิตร)	ความเข้มข้นซิงค์ออกไซด์ (โดยน้ำหนัก)
1	โพลาออฟฟิศ	-	-
2	โพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส	0.5	-
3	โพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส	0.75	-
4	โพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส	1	-
5	โพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์	-	0.1
6	โพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์	-	2
7	โพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์	-	4
8	โพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์	-	6

2. สำหรับกลุ่มที่ 1 นำน้ำยาฟอกสีฟันกลุ่มที่ 1 ที่ผสมจนได้เนื้อเดียวกันภายในระยะเวลา 30 วินาทีแล้ว ใช้พู่กันขนาดเล็กทาบนผิวฟันชิ้นงานตัวอย่างจำนวน 1-2 ชิ้น หนา 1 มิลลิเมตร ต่อชิ้นงานตัวอย่าง โดยใช้เครื่องมือวัดความลึกของร่องปริทันต์ (*Periodontal probe, OTTO LEIBIN -GER GmbH L-DENT, Mühlheim, Germany*) จากนั้นวางห่างจากเครื่องกระตุ้นการฟอกสีฟันระบบแสงแอลอีดี รุ่น *Saab® KY-M209* (*Foshan Keyuan Medical Equipment Co., Ltd., Foshan City, China*) 3 เซนติเมตร และฉายแสงเป็นเวลา 8 นาที

3. ใช้ผ้าก๊อซเช็ดน้ำยาฟอกสีฟันออก จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 2 มิลลิลิตร แล้วจึงซับให้แห้งด้วยผ้าก๊อซ

4. ทำตามขั้นตอนที่ 2 และ 3 จนกระทั่งฟอกสีฟันครบ 4 รอบ (ระยะเวลา 32 นาที)

5. เปลี่ยนกลุ่มการศึกษาทดลองจนกระทั่งครบ 8 กลุ่ม และทำตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 โดยเปลี่ยนชนิดของน้ำยาฟอกสีฟันที่ใช้ฟอกสีฟันให้เหมาะสมในแต่ละกลุ่ม

6. เก็บกลุ่มตัวอย่างแช่ในน้ำกลั่น

7. นำชิ้นงานตัวอย่างที่แช่ในน้ำกลั่นมาซับให้แห้งด้วยผ้าก๊อซนาน 3 วินาที ต่อมาประเมิน

การเปลี่ยนแปลงสีของฟัน ด้วยเครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รุ่น *UltraSCAN® PRO* แล้วนำชิ้นงานตัวอย่างไปแช่น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

8. เลือกปริมาณความเข้มข้นของเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสและปริมาณความเข้ม-ข้นของซิงค์ออกไซในน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ เพื่อใช้ศึกษาขั้นตอนต่อไป

การศึกษากลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันที่แตกต่างกันในระยะเวลาฟอกสีฟันที่แตกต่างกัน

1. แบ่งกลุ่มการศึกษาทดลองเป็น 12 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 2

กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 1 รอบ (8 นาที)

กลุ่มที่ 2 (กลุ่มควบคุม) น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 2 รอบ (16 นาที)

กลุ่มที่ 3 (กลุ่มควบคุม) น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 3 รอบ (24 นาที)

กลุ่มที่ 4 (กลุ่มควบคุม) น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 4 รอบ (32 นาที)

กลุ่มที่ 5 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส ที่ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 1 รอบ (8 นาที)

กลุ่มที่ 6 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส ที่ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 2 รอบ (16 นาที)

กลุ่มที่ 7 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส ที่ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 3 รอบ (24 นาที)

กลุ่มที่ 8 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส ที่ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 4 รอบ (32 นาที)

กลุ่มที่ 9 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ ระยะเวลาที่ฟอกสีฟัน 1 รอบ (8 นาที)

กลุ่มที่ 10 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 2 รอบ (16 นาที)

กลุ่มที่ 11 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 3 รอบ (24 นาที)

กลุ่มที่ 12 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ ระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน 4 รอบ (32 นาที)

ตาราง 2 แสดงกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 12 กลุ่ม

กลุ่ม	น้ำยาฟอกสีฟัน	ระยะเวลาที่ใช้
1	โพลาออฟฟิศ	8
2	โพลาออฟฟิศ	16
3	โพลาออฟฟิศ	24
4	โพลาออฟฟิศ	32
5	โพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส	8
6	โพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส	16
7	โพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส	24
8	โพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส	32
9	โพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์	8
10	โพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์	16
11	โพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์	24
12	โพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์	32

2. สำหรับกลุ่มที่ 1 นำน้ำยาฟอกสีฟันกลุ่มที่ 1 ที่ผสมจนได้เนื้อเดียวกันภายในระยะเวลาที่ได้จากการศึกษาอุณหภูมิ จากนั้นใช้พู่กันขนาดเล็กทาบนผิวฟันชิ้นงานตัวอย่างจำนวน 2 ชิ้น หนา 1 มิลลิเมตร ต่อชิ้นงานตัวอย่าง โดยใช้เครื่องมือวัดความลึกของร่องปริทันต์ (*Periodontal probe, OTTO LEIBINGER GmbH L-DENT, Mühlheim, Germany*) จากนั้นวางห่างจากเครื่องกระตุ้นการฟอกสีฟันระบบแสงแอลอีดี รุ่น *Saab® KY-M209* (*Foshan Keyuan Medical Equipment Co., Ltd., Foshan City, China*) 3 เซนติเมตร และฉายแสงเป็นเวลา 8 นาที ดังภาพประกอบ *4*

ภาพประกอบ 4 การฟอกสีฟันด้วยน้ำยาฟอกสีฟันที่แตกต่างกันบนชิ้นงานตัวอย่าง

3. ใช้ผ้าก๊อซเช็ดน้ำยาฟอกสีฟันออก จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 2 มิลลิลิตร แล้วซับให้แห้งด้วยผ้าก๊อซ

4. เก็บกลุ่มตัวอย่างแช่ในน้ำกลั่น จากนั้นเปลี่ยนกลุ่มการทดลองจนกระทั่งครบ 12 กลุ่ม และทำตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 3 โดยเปลี่ยนชนิดของน้ำยาฟอกสีฟันที่ใช้ฟอกสีฟันให้เหมาะสมในแต่ละกลุ่ม และระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟันตามแต่ละกลุ่ม

5. นำชิ้นงานตัวอย่างที่แช่น้ำกลั่นมาซับให้แห้งด้วยผ้าก๊อซนาน 3 วินาที จากนั้นประเมินการเปลี่ยนแปลงสีของฟันด้วยเครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงสเปกโทรโฟโตมิเตอร์รุ่น *UltraSCAN® PRO* แล้วนำชิ้นงานตัวอย่างไปแช่น้ำกลั่น

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ

บันทึกข้อมูลทั้งหมด 12 กลุ่ม ประกอบด้วยค่าความสว่างที่แตกต่างกันของสีที่วัด (ΔL) ค่าแกน a^* ที่แตกต่างกันของสีที่วัด (Δa) ค่าแกน b^* ที่แตกต่างกันของสีที่วัด (Δb) และค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ของน้ำยาฟอกสีฟัน ซึ่งจะถูกคำนวณ จากสูตร

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

ΔL คือ ค่าความสว่างที่แตกต่างกันของสีที่วัด

Δa คือ ค่าแกน a* ที่แตกต่างกันของสีที่วัด โดยที่แกน a* จะแสดงแกนสีเขียว-แดง โดย -a* คือ สีเขียว และ +a* คือ สีแดง

Δb คือ ค่าแกน b* ที่แตกต่างกันของสีที่วัด โดยที่แกน b* จะแสดงแกนสีฟ้า-เหลืองโดย -b* คือ สีฟ้า และ +b* คือ สีเหลือง

ข้อมูลทั้ง 12 กลุ่ม จะถูกแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นทดสอบการกระจายของข้อมูล (*Test of normal distribution*) ด้วยสถิติชาพิโร-วิลค์ (*Shapiro-Wilk ststistic*) และทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล (*Test of variances*) ด้วยสถิติทดสอบของเลวิน(*Levene'stest*)

ในกรณีที่ข้อมูลมีเงื่อนไขที่เหมาะสม ให้เปรียบเทียบข้อมูลค่าความสว่าง ค่าแกน a^* ค่าแกน b^* และค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่วัดได้ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ตัวประกอบ (*Two-way analysis of variance*) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อพบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ยอมรับสมมติฐานรอง แสดงว่ามีกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน จากนั้นจึงเปรียบเทียบเชิงซ้อนในแต่ละคู่ (*Multiple comparison*) ด้วยการใช้วิธีทดสอบของบอนเฟอโรนี (*Bonferroni test*) เพื่อหากลุ่มตัวอย่างคู่ใดที่แตกต่างกัน

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

การประเมินความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ที่มีผลต่ออุณหภูมิ

จากการศึกษาภายในห้องปฏิบัติการที่มีอุณหภูมิห้อง 30.2 องศาเซลเซียส พบว่าน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 0.1 2 4 และ 6 โดยน้ำหนัก ใช้ระยะเวลา 30 วินาที 4.56 นาที 4.28 นาที และ 3.58 นาที ตามลำดับ เพื่อให้อุณหภูมิของน้ำยาฟอกสีฟันดังกล่าวลดลงเหลือ 45 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ อุณหภูมิที่วัดได้ในช่วงระยะเวลา 33-40 นาที ซึ่งไม่มีน้ำยาฟอกสีฟันเหลืออยู่พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 32.3-30.6 องศาเซลเซียส ซึ่งน้อยกว่าอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

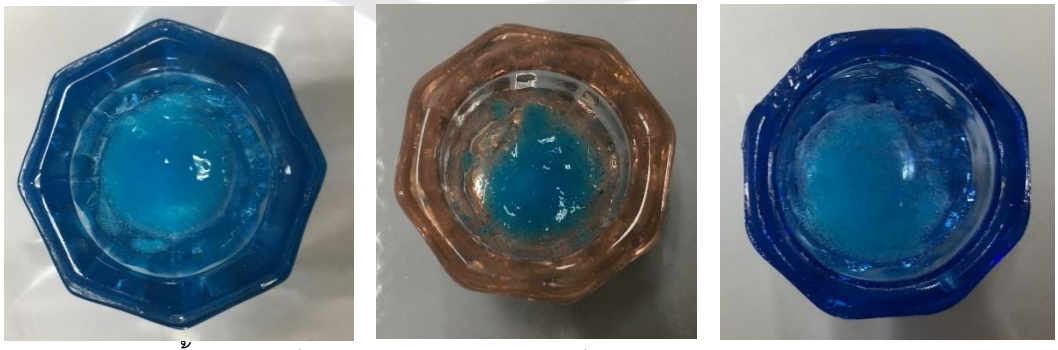
การประเมินปริมาณความเข้มข้นเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสและซิงค์ออกไซด์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟัน

จากการศึกษาพบว่า กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศมีค่าเฉลี่ยความสว่างที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 4.38 มีค่าเฉลี่ยแกน b^* ที่ลดลงเท่ากับ -2.91 (เครื่องหมายลบแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ลดลง) และมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันเท่ากับ 5.26 สำหรับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระดับความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 ยูนิตต่อมิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยความสว่างที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.31 5.75 และ 6.29 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยแกน b^* ที่ลดลงเท่ากับ -5.42 -5.03 และ -3.99 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันเท่ากับ 7.59 7.65 และ 7.52 ตามลำดับ สำหรับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 2 4 และ 6 โดยน้ำหนัก มีค่าเฉลี่ยความสว่างที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.46 -2.91 -4.32 และ -5.86 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยแกน b^* ที่ลดลงเท่ากับ -5.95 -5.43 -4.33 และ -1.13 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันเท่ากับ 8.08 6.18 6.07 และ 5.99 ตามลำดับ จากค่าสีดังกล่าวจึงได้เลือกกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระดับความเข้มข้น 0.75 ยูนิตต่อมิลลิลิตร เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยความสว่างที่เพิ่มขึ้นระดับกลาง (5.75) มีค่าเฉลี่ยแกน b^* ที่ลดลงระดับกลาง (-5.03) และมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันมากที่สุด (7.65) สำหรับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซดได้เลือกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำ-หนัก เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยความสว่างที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด (5.46) มีค่าเฉลี่ยแกน b^* ที่ลดลงมากที่สุด (-5.95) และมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันมากที่สุด (8.08) ดังตารางที่ 3

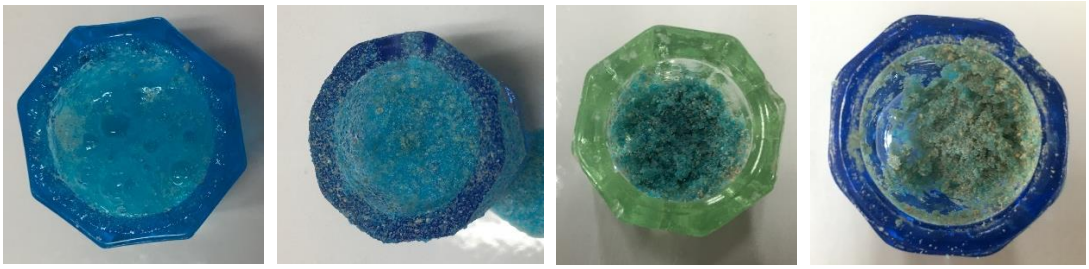
ตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความสว่างที่แตกต่างกัน (ΔL) ค่าแกน b^* ที่แตกต่างกัน(Δb) และค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ตามกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟัน

น้ำยาฟอกสีฟัน	ค่า ΔL	ค่า Δb	ค่า ΔE
โพลาออฟฟิศ	4.38	-2.91	5.26
โพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส (0.5 U/ml)	5.31	-5.42	7.6
โพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส(0.75U/ml)	5.75	-5.03	7.66
โพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส (1 U/ml)	6.29	-3.9	7.52
โพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ (0.1% by W)	5.46	-5.956	8.08
โพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ (2% by W)	-2.91	-5.433	6.17
โพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ (4% by W)	-4.33	-4.23	6.07
โพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ (6% by W)	-5.86	-1.13	5.99

ลักษณะน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระดับความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 ยูนิตต่อมิลลิลิตร เป็นเจลเนื้อเดียวกัน มีความหนืดเช่นเดียวกับน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ ในขณะที่น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่มีระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก เป็นเจลเนื้อเดียวกัน มีความหนืดน้อยกว่าน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศเล็กน้อย และที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 4 และ 6 โดยน้ำหนัก ไม่เป็นเจล ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน คล้ายทรายเปียกน้ำ เมื่อเปรียบเทียบน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ ดังภาพประกอบ 5 และ 6



ภาพประกอบ 5 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส ความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 ยูนิตต่อมิลลิลิตร (เรียงจากซ้ายไปขวา)

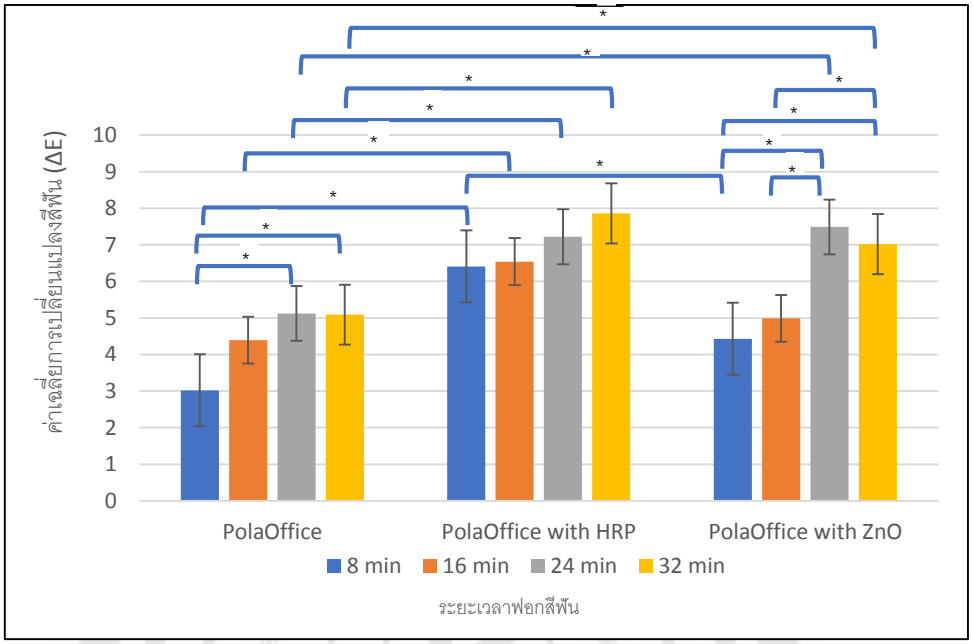


ภาพประกอบ 6 น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.1% 2% 4% และ 6% โดยน้ำหนัก (เรียงจากซ้ายไปขวา)

การประเมินกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันที่แตกต่างกันในระยะเวลาฟอกสีฟันแตกต่างกัน

ค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่มากกว่าหรือเท่ากับ 1 เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่ตาของมนุษย์สามารถแยกสีได้จากการสังเกต สำหรับค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่มากกว่าหรือเท่ากับ 3.3 เป็นค่าที่มนุษย์สามารถแยกสีได้ง่าย(41)

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปลี่ยนแปลงสีฟันได้นำเสนอดังตาราง 4 และภาพประกอบ 7 หลังจากฟอกสีฟันพบว่า ทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่สามารถแยกสีได้ง่าย (มากกว่า 3.3) ยกเว้นกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลา 8 นาที (3.02) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่ตามนุษย์สามารถแยกสีได้จากการสังเกต เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันที่ใช้ศึกษากับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ ในระยะเวลาเดียวกัน พบว่า กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 8 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 1.41 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 16 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 2.15 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสระยะเวลา 24 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 2.10 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 24 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 2.37 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 32 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 2.77 และกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 32 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 1.93 ซึ่งเป็นค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่มนุษย์สามารถแยกสีได้จากการสังเกตได้ ในขณะที่กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 8 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 3.39 มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่มนุษย์สามารถแยกสีได้ง่าย ดังตารางที่ 5



ภาพประกอบ 7 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการเปลี่ยนแปลงสีฟันของน้ำยาฟอกสีฟันเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน

เครื่องหมาย * แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติของค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE)

น้ำยาฟอกสีฟัน	ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE)			
	8 นาที	16 นาที	24 นาที	32 นาที
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ	$3.02\pm1.79^{a,A,B}$	4.39 ± 1.19^{c}	$5.12\pm1.41^{d,e,A}$	$5.09\pm0.27^{f,g,B}$
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส	$6.41\pm0.86^{a,b}$	6.54 ± 1.74^{c}	7.22 ± 2.42^{d}	7.86 ± 1.07^{f}
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์	$4.43\pm1.27^{b,C,D}$	$4.99\pm1.35^{E,F}$	$7.49\pm1.09^{e,C,E}$	$7.02\pm0.29^{g,D,F}$

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันที่ใช้ศึกษาที่เพิ่มขึ้นจากกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศในระยะเวลาเดียวกัน

น้ำยาฟอกสีฟัน	ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE)			
	8 นาที	16 นาที	24 นาที	32 นาที
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส	3.39	2.15	2.10	2.77
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์	1.41	0.60	2.37	1.93

เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาฟอกสีฟันที่แตกต่างกันในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ พบว่า มีเฉพาะค่า**เฉลี่ย**การเปลี่ยนแปลงสีของกลุ่มระยะเวลา 16 24 และ 32 นาที ที่มีค่าเพิ่มขึ้น 1.37 2.1 และ 2.07 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้แตกต่างกันในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส พบว่า มีเฉพาะค่า**เฉลี่ย**การเปลี่ยนแปลงสีของกลุ่มระยะเวลา 32 นาที ที่มีค่าเพิ่มขึ้น 1.45 เมื่เปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที เมื่อได้เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้แตกต่างกันในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ พบว่า มีเฉพาะค่า**เฉลี่ย**การเปลี่ยนแปลงสีของกลุ่มระยะเวลา 24 และ 32 นาที ที่มีค่าเพิ่มขึ้น 3.06 และ 2.59 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที และ16 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 2.5 2.03 ตามลำดับ ซึ่งค่า**เฉลี่ย**การเปลี่ยนแปลงสีฟันในกลุ่มดังกล่าวเป็นค่าที่ตามนุษย์สามารถแยกสีได้จากการสังเกต ดังตารางที่ 6

ตาราง 6 แสดงค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ของกลุ่มที่ระยะเวลา 16 24 และ 32 นาทีเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที ในน้ำยาฟอกสีฟันกลุ่มเดียวกัน

น้ำยาฟอกสีฟัน	ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE)		
	16 นาที	24 นาที	32 นาที
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ	1.37	2.10	2.07
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส	0.13	0.81	1.45
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์	0.56	3.06	2.59

ผลิตภัณฑ์น้ำยาฟอกสีฟันที่มีประสิทธิภาพตามมาตรฐาน *ISO 28399* จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันมากกว่าหรือเท่ากับ 2 โดยมาจากค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้น และค่าแกน b^* ที่ลดลง(42) จากผลการศึกษาพบว่า ทุกกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันตามมาตรฐาน*ISO 28399* เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันที่ใช้ศึกษากับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ (กลุ่มควบคุม) ในระยะเวลาเดียวกัน พบว่ากลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 24 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 2.10 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 24 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 2.37 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 32 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 2.77 เมื่อ

เปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที ซึ่งค่าดังกล่าวมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันตามมาตรฐาน *ISO 28399* ยกเว้นกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 8 นาที ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันเพิ่มขึ้น 3.39 แต่ค่าเฉลี่ยความสว่างลดลง และที่กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 16 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 2.15 แต่ค่าเฉลี่ยความสว่างลดลง

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาฟอกสีฟันที่แตกต่างกันในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศพบว่า มีเฉพาะค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีของกลุ่มระยะเวลา 24 นาที ที่มีค่าเพิ่มขึ้น 2.1 เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันตามมาตรฐาน *ISO 28399* ยกเว้นกลุ่มระยะเวลา 32 นาที ที่มีค่าเพิ่มขึ้น 2.07 แต่มีค่าแกน b^* เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้แตกต่างกันในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส พบว่า ไม่มีกลุ่มใดที่มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันตามมาตรฐาน *ISO 28399* ต่อมาเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้แตกต่างกันในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ พบว่า มีเฉพาะค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีของกลุ่มระยะเวลา 24 และ 32 นาที ที่มีค่าเพิ่มขึ้น 3.06 และ 2.59 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที และมีค่าเพิ่มขึ้น 2.5 และ 2.03 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 16 นาที ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันตามมาตรฐาน *ISO 28399*

ที่ระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 นาที พบว่า กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสมีความแตกต่างกับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ และกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* เท่ากับ 0.001 และ0.044 ตามลำดับ) ต่อมาที่ระยะเวลาฟอกสีฟัน 16 นาที พบว่า กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสมีความแตกต่างกับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* เท่ากับ 0.033) ต่อมาที่ระยะเวลาฟอกสีฟัน 24 นาที พบว่า กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส และกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟ-ฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์มีความแตกต่างกับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศอย่างมีนัยสำคัญทาสถิติ (*p-value* เท่ากับ 0.034 และ 0.017 ตามลำดับ) สุดท้ายที่ระยะเวลาฟอกสีฟัน 32 นาที พบว่า กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส มีความแตกต่างกับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* เท่ากับ 0.006 และ 0.05 ตามลำ-ดับ) ดังตารางที่ 4 และภาพประกอบที่ 7

เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาฟอกสีฟันที่แตกต่างกันใน กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ พบว่า ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีของกลุ่มระยะเวลา 24 และ 32 นาที แตกต่างจากกลุ่มระยะเวลา

8 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* เท่ากับ 0.033 และ 0.036 ตามลำดับ) ต่อมาเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้แตกต่างกันในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส พบว่า ไม่มีกลุ่มระยะเวลาใดที่มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สุดท้ายเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้แตกต่างกันในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ พบว่า ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีของกลุ่มระยะเวลา 24 และ 32 นาที แตกต่างจากกลุ่มระยะเวลา 8 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* เท่ากับ 0.002 และ 0.010 ตามลำดับ) และแตกต่างจากกลุ่มระยะเวลา 16 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* เท่ากับ 0.012 และ 0.039 ตามลำดับ) ดังตารางที่ 4 และภาพประกอบที่ 7

ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันทั้ง 12 กลุ่มสามารถเรียงลำดับมากไปน้อยได้ดังนี้ กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 32 นาที (7.86) กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 24 นาที (7.49) กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 24 นาที (7.22) กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 32 นาที (7.02) กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 16 นาที (6.54) กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ใช้ระยะเวลานาน 8 นาที (6.41) กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลา 24 นาที (5.12) กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลา 32 นาที (5.09) กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 16 นาที (4.99) กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 8 นาที (4.43) กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลา 16 นาที (4.39) และกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลา 8 นาที (3.02) ตามลำดับ

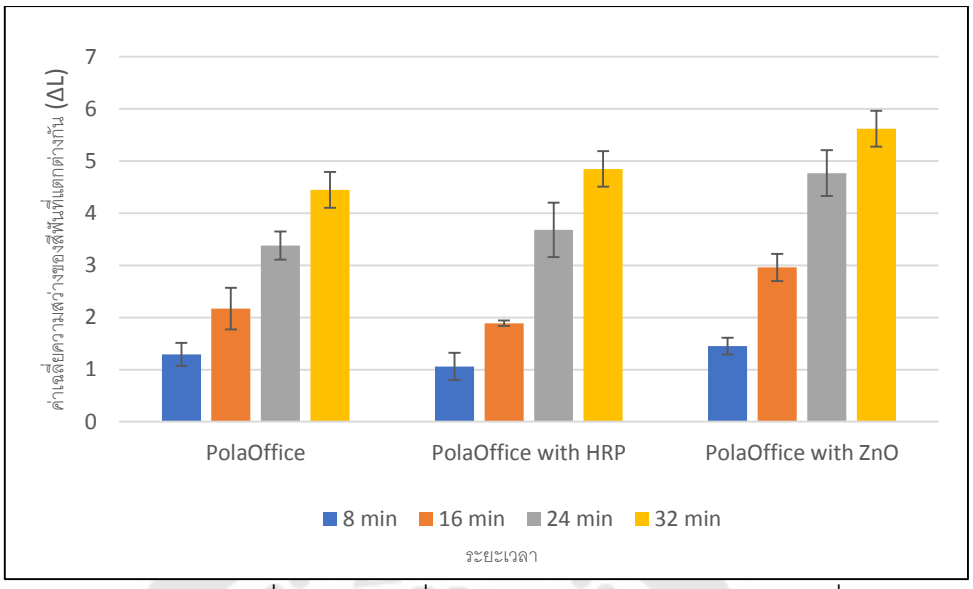
ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสว่างสีฟัน ได้นำเสนอดังตาราง 7 และภาพประกอบ 8 หลังจากฟอกสีฟันพบว่า ทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยความสว่างสีฟันเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสว่างที่เพิ่มขึ้นระหว่างกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันที่ใช้ศึกษากับในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ (กลุ่มควบคุม) ในระยะเวลาเดียวกัน มีดังนี้ กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 8 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 0.16 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 16 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 0.79 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 24 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 1.39 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 24 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 0.30 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 32 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 1.17 และกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์

ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 32 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น 0.40 เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาฟอกสีฟันที่แตกต่างกันในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาฟอกสีฟันเพิ่มขึ้นในแต่ละกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟัน ค่าเฉลี่ยความสว่างสีฟันจะเพิ่มขึ้นทุกกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟัน

ตาราง 7 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติของค่าความสว่างที่แตกต่างกัน (ΔL)

น้ำยาฟอกสีฟัน	ค่าความสว่างที่แตกต่างกัน (ΔL)			
	8 นาที	16 นาที	24 นาที	32 นาที
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ	1.29±0.22^{A}	2.17±0.26^{a,A}	3.38±0.16^{c,A}	4.45±0.28^{e,A}
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิช-เปอร์ออก ซิเดส	1.06±0.4^{B}	1.89±0.05^{b,B}	3.68±0.26^{d,B}	4.85±0.41^{f,B}
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์	1.45±0.27^{C}	2.96±0.52^{a,b,C}	4.77±0.44^{c,d,C}	5.62±0.45^{e,f,C}

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพประกอบ 8 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความสว่างที่แตกต่างกันของน้ำยาฟอกสีฟันเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน

เมื่อเริ่มฟอกสีฟันที่ระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 นาที พบว่ากลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 3 ชนิด มีค่าเฉลี่ยความสว่างที่ไม่แตกต่างกัน **อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* เท่ากับ 0.05) ต่อมาที่**ระยะเวลาฟอกสีฟัน 16 24 และ 32 นาที พบว่า กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมร่วมซิงค์ออกไซด์มีค่าเฉลี่ยความสว่างแตกต่างจากกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ**อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* เท่ากับ 0.002 0.000 และ 0.000 ตามลำดับ)** และแตกต่างจากกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส**อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* เท่ากับ 0.000 0.000 และ 0.002 ตามลำดับ)**

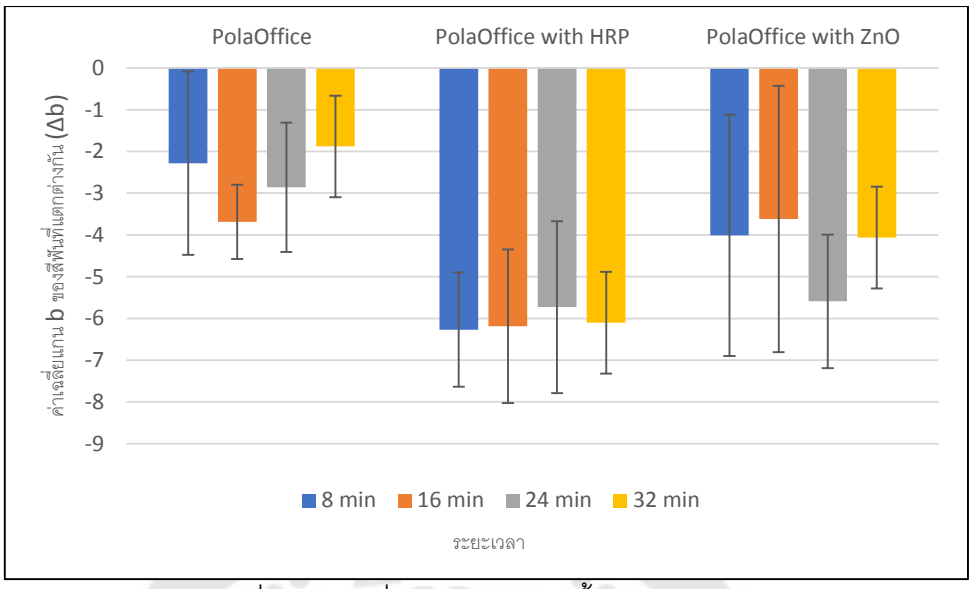
ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแกน b^* ได้นำเสนอดังตาราง 8 และภาพประกอบ 9 หลังจากฟอกสีฟันพบว่า ทุกกลุ่มมีค่า**เฉลี่ย**แกน b^* ที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบที่ค่าเฉลี่ยแกน b^* ที่ลดลงระหว่างกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันที่ใช้ศึกษากับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ(กลุ่มควบคุม)ในระยะเวลาเดียวกัน มีกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันดังนี้ กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 8 นาที มีค่าลดลง 3.99 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 16 นาที มีค่าลดลง 2.50 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลา 24 นาที มีค่าที่ลดลง 2.87 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลาที่ใช้ 32 นาที มีค่าลดลง 4.22 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 8 นาที มีค่าลดลง 1.73 กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 24 นาที มีค่าลดลง 2.73 และกลุ่มน้ำ

ยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 32 นาที มีค่าลดลง 2.18

ตาราง 8 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติของค่าแกน b ที่แตกต่างกัน (Δb)

น้ำยาฟอกสีฟัน	ค่าแกน b* ที่แตกต่างกัน (Δb)			
	8 นาที	16 นาที	24 นาที	32 นาที
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ	-2.28±2.2[a]	-3.69±1.37	-2.86±2.89[b,c]	-1.88±1.55[d]
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส	-6.27±0.89[a]	-6.19±1.84	-5.73±3.19[c]	-6.10±1.35[d]
น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์	-4.01±1.55	-3.62±2.06	-5.59±1.60[b]	-4.06±0.72

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันหมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพประกอบ 9 แสดงค่าเฉลี่ยแกน b* ที่แตกต่างกันของน้ำยาฟอกสีฟันเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแกน b^* ของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศในระยะเวลาฟอกสีฟันที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าเฉลี่ยแกน b^* ของกลุ่มระยะเวลา 16 และ 24 นาที มีค่าลดลง -1.41 และ -0.58 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที ต่อมาเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแกน b^* ของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส ในระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟันที่แตกต่างกัน พบว่า มีเฉพาะกลุ่มระยะเวลา 32 นาที ที่มีค่าลดลง 0.37 เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 24 นาที สุดท้ายเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแกน b^* ของน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ในระยะเวลาที่ใช้ฟอกสีฟันที่แตกต่างกัน พบว่า กลุ่มระยะเวลา 24 และ 32 นาที มีค่าลดลง 1.58 และ 0.05 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที และมีค่าลดลง 1.97 และ 0.44 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 16 นาที

เมื่อเริ่มฟอกสีฟันที่ระยะเวลาฟอกสีฟัน 8 นาที พบว่า กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส มีค่าเฉลี่ยแกน b^* ที่แตกต่างจากกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ**อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* เท่ากับ 0.005) ต่อมา**เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแกน *b* ที่ระยะเวลาฟอกสีฟัน 16 นาที พบว่า กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 3 ชนิด ไม่แตกต่างกัน **(*p-value* เท่ากับ 0.05) ต่อมาที่**ระยะเวลาฟอกสีฟัน 24 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยแกน b^* ของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส และกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ แตกต่างกับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ**อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* เท่ากับ 0.038 และ 0.047 ตามลำดับ) ต่อมาที่**ระยะเวลาฟอกสีฟัน 32 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยแกน

b^* ของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสมีความแตกต่างกับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* เท่ากับ 0.003) สุดท้ายในแต่ละกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันจากกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 3 ชนิด มีค่าเฉลี่ยแกน b^* ไม่แตกต่างกันในทุกระยะเวลา (*p-value* เท่ากับ 0.05)

บทที่ 5
อภิปรายผล และสรุปผลการวิจัย

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่เพิ่มขึ้นของน้ำยาฟอกสีฟันที่ใช้ศึกษา ได้แก่ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส และ น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์เปรียบเทียบกับน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ (กลุ่มควบคุม)

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่จะสามารถแพร่ผ่านฟัน และเปลี่ยนเป็นสารอนุมูลอิสระ (*Free radical*) เช่น ไฮดรอกซิลแรดดิเคิล (*Hydroxyl radical*) ซึ่งจะไปเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของสารโครโมเจนให้มีขนาดเล็กลง จึงสามารถกำจัดหรือลดการเปลี่ยนแปลงสีฟันให้ดีขึ้นทั้งชั้นเคลือบฟันและชั้นเนื้อฟัน โดยทั่วไปการฟอกสีฟันในคลินิกจะใช้น้ำยาฟอกสีฟันที่มีระดับความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ร้อยละ 25-35*(3, 4, 12, 43)* สำหรับงานวิจัยนี้ใช้น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่มีระดับความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ร้อยละ 35

เอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส คือ สารเปอร์ออกซิเดสที่ได้จากพืชฮอร์สแรดิช เอนไซม์ชนิดนี้สามารถนำมาใช้บำบัดน้ำเสีย การย่อยสลายทางชีวภาพ การสังเคราะห์สารอินทรีย์ เมื่อใช้สารเปอร์ออกซิเดสหลังจากฟอกสีฟัน พบว่าสารเปอร์ออกซิเดสสามารถเร่งไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลืออยู่ ส่งผลให้เกิดสารอนุมูลอิสระมากขึ้นบนผิวฟัน นอกจากนี้เมื่อนำมาใช้ร่วมกับน้ำยาฟอกสีฟันที่มีส่วนประกอบ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถช่วยลดความเป็นพิษของน้ำยาฟอกสีฟันลงและเพิ่มการเปลี่ยนแปลงสีฟัน*(25-27, 44)*

ซิงค์ออกไซด์เป็นวัสดุโฟโตคะตะลิสต์ที่สามารถทำการเร่งปฏิกิริยาเคมีด้วยแสงซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ องค์กรอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกาได้รับรองสารซิงค์ออกไซด์ว่า สามารถใช้เป็นสารกรองแสงอัลตราไวโอเลต (*Ultraviolet filter*) ในระดับที่สามารถเติมสารได้อย่างปลอดภัยโดยไม่จำกัดปริมาณ แต่จะให้ใช้เท่าที่จำเป็น (*Generally recognized as safe*) ตามบทบัญญัติเครื่องสำอาง (*Cosmetics directives*) นอกจากนี้ซิงค์ออกไซด์เป็นสารที่ไม่มีพิษ ราคาถูก กำจัดมลภาวะ และเมื่อใช้ซิงค์ออกไซด์ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ระดับ *5-20* มิลลิโมล สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเสื่อมสภาพจาก ร้อยละ79.9 เป็นร้อยละ *95.5* ภายในเวลา 60 นาที(30, 35, 45) จากกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (*Photocatalysis process*) ในการศึกษานี้พบว่า ขณะผสมน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศกับซิงค์ออกไซด์มีความร้อน

เกิดขึ้น จึงทำให้มีการประเมินความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ที่มีผลต่ออุณหภูมิในน้ำยาฟอกสีฟันดังกล่าว โดยได้กำหนดอุณหภูมิที่สามารถใช้น้ำยาฟอกสีฟันบนผิวฟันไว้ที่ 45 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่กลุ่มตัวอย่างเริ่มรู้สึกปวด โดยที่เซลล์ในโพรงประสาทฟันและเนื่อฟันไม่มีพยาธิสภาพและเป็นระดับที่ฟันเริ่มรับรู้ความเจ็บปวดเมื่อได้รับความร้อน*(37, 38)* วัดอุณหภูมิน้ำยาฟอกสีฟันดังกล่าวที่ปริมาณ 2 มิลลลิลิตร ตามคู่มือผลิตภัณฑ์น้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ

การศึกษานี้วัดสีฟันด้วยระบบสีซีไออี *(CIELAB color system)* ซึ่งแสดงค่าแกน L^* แกน a^* และแกน b^* จากนั้นนำค่าดังกล่าวมาคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟัน (ΔE) ซึ่งมีข้อดีทำให้ครอบคลุมสีได้มาก แยกสีได้ละเอียด และนิยมใช้ใช้ในงานวิจัย(41, 46) สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (*Spectrophotometer*) รุ่น *UltraSCAN® PRO*

การประเมินความเข้มข้นของเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสและความเข้มข้นของซิงค์-ออกไซด์ต่อการเปลี่ยนแปลงสีฟัน เพื่อจะเลือกความความเข้มข้นของเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสและความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ ที่เหมาะสมสำหรับใช้ร่วมกับน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ โดยใช้กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส ที่มีระดับความเข้ม-ข้น 0.5 0.75 และ 1 ยูนิตต่อมิลลิลิตร และกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 2 *4* และ 6 โดยน้ำหนัก*(39)* พบว่า เลือกกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสที่มีระดับความเข้มข้น 0.75 ยูนิตต่อมิลลิลิตร เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยความสว่างที่เพิ่มขึ้นระดับกลาง มีค่าเฉลี่ยแกน b^* ที่ลดลงระดับกลาง และมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันมากที่สุด และ ได้เลือกกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยความสว่างที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยแกน b^* ที่ลดลงมากที่สุด และมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันมากที่สุด นอกจากนี้พบว่ากลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยความสว่าง และค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่เพิ่มขึ้นและค่าเฉลี่ยแกน b^* ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ

การศึกษาที่ระยะเวลา 8 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสแตกต่างจาก กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลออฟฟิศและกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับในค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสเปรียบเทียบกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์เปรียบเทียบกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ (3.39 และ1.41 ตามลำดับ) แต่ไม่ผ่านมาตรฐาน *ISO 28399* เนื่องจากมี

ค่าเฉลี่ยความสว่างที่ลดลง และกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์เปรียบเทียบกับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศไม่ผ่านมาตรฐาน *ISO 28399* เนื่องมาจากมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันน้อยกว่า 2

การศึกษาที่ระยะเวลา 16 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสนั้น แตกต่างจากกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ไม่แตกต่างจากกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ และกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่เพิ่มขึ้น 2.15 เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ แต่ไม่ผ่านมาตรฐาน *ISO 28399* เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยความสว่างที่ลดลง

การศึกษาที่ระยะเวลา 24 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส และกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์แตกต่างจากกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์เปรียบเทียบกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟัน ที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสเปรียบเทียบกับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ (2.37 และ2.10 ตามลำดับ) และกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันทั้ง 2 กลุ่ม ดังกล่าวผ่านมาตรฐาน *ISO 28399* เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ

การศึกษาที่ระยะเวลา 32 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส และกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์แตกต่างจากกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสเปรียบเทียบกับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศมีค่ามากกว่า ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์เปรียบเทียบกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ (2.27 และ 1.93 ตามลำดับ) และ สำหรับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์เปรียบเทียบกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ไม่ได้ผ่านมาตรฐาน*ISO 28399* เนื่องจากค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันน้อยกว่า 2

เพราะฉะนั้นจากการศึกษา พบว่า กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแร-

ดิชเปอร์ออกซิเดสมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ทุกระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสเปรียบเทียบกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลา 8 และ 16 นาที ให้ผลน้อยกว่าค่ามาตรฐาน *ISO 28399* ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ *Soares* และคณะ ที่พบว่า น้ำยาฟอกสีฟันที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 35 เติมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบน้ำยาฟอกสีฟันที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 35(27) รวมทั้งการศึกษาของ *Gopinath* และคณะที่พบว่าการเติมสารสกัดจากมันฝรั่งหวานซึ่งมีสารโพลีฟีนอลเปอร์ออกซิเดส(*Polyphenol peroxidase*) ในน้ำยาฟอกสีฟันที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 35 จะช่วยเพิ่มค่าการเปลี่ยนแปลงสีฟัน(47) ในขณะที่กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลา 24 และ 32 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์-ออกไซด์เปรียบเทียบกับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลา 24 นาที ได้ผ่านมาตรฐาน *ISO 28399* ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาไทเทเนียมไดออกไซด์ซึ่งเป็นวัสดุโฟโตคะตะลิสต์ เช่นเดียวกับซิงค์ออกไซด์ พบว่า น้ำยาฟอกสีฟันที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 6 ร่วมไทเทเนียมไดออกไซด์เจือไนโตรเจน (*Nitrogen doped titanium dioxide*) ภายใต้การใช้แสงกระตุ้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพต่อการฟอกสีฟัน*(48)* ในการศึกษาประสิทธิภาพการเปลี่ยนสีวัสดุเรซินคอมโพสิต (*Resin composite*) ด้วยน้ำยาฟอกสีฟันร่วมวัสดุโฟโตคะตะลิสต์ที่แตกต่างกัน พบว่า ซิงค์ออกไซด์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของวัสดุเรซินคอมโพสิตที่เปลี่ยนสีจากการแช่ในน้ำชา(49)

จากค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลาฟอกสีฟันต่างกัน พบว่า กลุ่มระยะเวลา 24 และ32 นาที แตกต่างจากกลุ่มระยะเวลา 8 นาที โดยที่ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มระยะเวลา 24 นาที เปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที มีค่ามากกว่าค่าที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มระยะเวลา 32 นาที เปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที เล็กน้อย (2.10 และ 2.07 ตามลำดับ) และกลุ่มระยะเวลา 32 นาที ไม่ผ่านมาตรฐาน *ISO 28399* เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มระยะเวลา 8 นาที เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยแกน b^* เพิ่มขึ้น

จากค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์ส-แรดิชเปอร์ออกซิเดสที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่า กลุ่มระยะเวลา 8 16 24 และ 32 นาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่ากลุ่มระยะเวลา 32 นาที มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟัน

เพิ่มขึ้น 1.45 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มระยะเวลา 8 นาที ซึ่งเป็นค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่มนุษย์สามารถแยกสีได้จากการสังเกต แต่ไม่ผ่านมาตรฐาน *ISO 28399* เนื่องจากค่าเฉลี่ยในการเปลี่ยนแปลงสีฟันน้อยกว่า 2

จากค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันในกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่า กลุ่มระยะเวลา 24 และ 32 นาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และผ่านมาตรฐาน *ISO 28399* เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและผ่านมาตรฐาน *ISO 28399* เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 16 นาที

เพราะฉะนั้น กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดสควรเลือกใช้ที่ระยะเวลา 24 นาที เนื่องจากค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันในทุกกลุ่มระยะเวลา (8 16 24 32 นาที) ไม่แตกต่างกัน และค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลา-ออฟฟิศร่วมเอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลา 8 และ 16 นาที ให้ผลน้อยกว่ามาตรฐาน *ISO 28399* หรือควรเลือกใช้ที่ระยะเวลา 32 นาที เนื่องจากเป็นกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันที่มนุษย์สามารถแยกสีได้จากการสังเกต เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มระยะเวลา 8 นาที สำหรับกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมร่วมซิงค์ออกไซด์ควรเลือกใช้ที่ระยะเวลา 24 นาที เนื่องจากกลุ่มระยะเวลา 24 และ 32 นาที มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันแตกต่างจากกลุ่มระยะเวลา 8 และ 16 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมร่วมซิงค์ออกไซด์ ที่ระยะเวลา 24 และ 32 นาที แตกต่างจากกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ในระยะเวลาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันดังกล่าวระยะเวลา 32 นาที ไม่ผ่านมาตรฐาน *ISO 28399* เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศที่ระยะเวลาเดียวกัน

จากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศร่วมซิงค์ออกไซด์ที่ระยะเวลา 32 นาที มีค่าน้อยกว่ากลุ่มระยะเวลา 24 นาที เล็กน้อย (7.02 และ 7.49 ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟันของกลุ่มน้ำยาฟอกสีฟันโพลา-ออฟฟิศที่ระยะเวลา 32 นาที มีค่าน้อยกว่ากลุ่มระยะเวลา 24 นาที เล็กน้อย (5.09 และ 5.12 ตามลำดับ) รวมทั้งส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีฟัน และของค่าแกน b^* ในบางกลุ่มที่มีค่าสูงอาจจะเกิดได้จากการที่ไม่ได้คัดเลือกค่าสีก่อนจะนำมาศึกษาซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ *Lin* และคณะ ที่พบว่า ฟันที่มีค่าสีของวัตถุระดับ *A* จะมีการเปลี่ยนแปลงสีมากกว่าสีของวัตถุระดับ *C* หรือ *D(50)* นอกจากนี้ในการศึกษานี้ใช้กลุ่มตัวอย่างมีผิวฟันที่โค้งแตกต่างกันในฟันแต่ละซี่เพื่อให้สอดคล้องกับผิวฟันในคลินิก แต่อาจจะมีผลต่อการวัดสีฟันเมื่อได้เปรียบเทียบ

กับการศึกษาที่เตรียมผิวฟันให้แบนเรียบ (*Flat*)(51) นอกจากนี้สีฟันที่วัดได้เป็นผลมาจากแสงที่สะท้อน (*Reflect*) จากผิวชั้นเคลือบฟัน และแสงที่กระเจิง (*Scatter*) จากชั้นเคลือบฟันและชั้นเนื้อฟัน(52)

สรุปผลการวิจัย

จากข้อจำกัดในการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า การใช้เอนไซม์ฮอร์สแรดิชเปอร์ออกซิเดส ที่ระดับความเข้มข้น 0.75 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ในน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศสามารถเพิ่มการเปลี่ยนแปลงสีฟันในระยะเวลา 24 และ 32 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ และการใช้ซิงค์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ในน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศสามารถทำให้การเปลี่ยนแปลงสีฟันเพิ่มขึ้นในระยะเวลา 24 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำยาฟอกสีฟันโพลาออฟฟิศ

บรรณานุกรม

1. Cosmetic Dentistry State of the Industry survey 2015 [Internet]. American Academy of Cosmetic Dentistry. 2015 [cited 22 july 2020].

2. Marciano M, Costa R, Camilleri J, Mondelli R, Guimarães B, Duarte M. Assessment of Color Stability of White Mineral Trioxide Aggregate Angelus and Bismuth Oxide in Contact with Tooth Structure. Journal of Endodontics. 2014;40.

3. Alqahtani MQ. Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. The Saudi Dental Journal. 2014;26(2):33-46.

4. Junior M, Rodrigues C, Bernardes V, Araujo T, Nicoli G, Derceli J. Dental Bleaching and New Possibilities: Literature Review. Health Science Journal. 2018;12.

5. Baranwal HC, Dwivedi SS, Dwivedi CD, editors. Conservative Approach to Treat Discolored Teeth2016.

6. Carey CM. Tooth whitening: what we now know. J Evid Based Dent Pract. 2014;14 Suppl:70-6.

7. Chaudhary D, Pupneja D, Sibal N. Bleaching in the Clinical Practice of Dentistry: An Overview. Asian Journal of Oral Health & Allied Sciences -. 2011;1(3):187-94.

8. Ziemba SL. Tooth Whitening/Dental Bleaching Products Containing Hydrogen Peroxide in the European Union. Fullerton Regulatory & Clinical; 2005.

9. Bersezio C, Estay J, Jorquera G, Peña M, Araya C, Angel P, et al. Effectiveness of Dental Bleaching With 37.5% and 6% Hydrogen Peroxide and Its Effect on Quality of Life. Oper Dent. 2019;44(2):146-55.

10. ADA. Tooth Whitening/Bleaching:Treatment Considerations for Dentists and Their Patients. American Dental Association: American Dental Association; 2009.

11. Dahl J, Pallesen U. Tooth Bleaching—a Critical Review of the Biological Aspects. Critical reviews in oral biology and medicine : an official publication of the American Association of Oral Biologists. 2003;14:292-304.

12. Fearon J. Tooth whitening: concepts and controversies. Journal of the Irish Dental Association. 2007;53:132-40.

13. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. J Dent. 2004;32 Suppl 1:3-12.

14. Holst G. The Chemistry of Bleaching and Oxidizing Agents. Chemical Reviews. 1954;54(1):169-94.

15. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. J Dent. 2006;34(7):412-9.

16. Münchow EA MT, Valente LL, Isolan CP, Piva E. In-Office Tooth Bleaching Treatment Using Light-Activated Hydrogen Peroxide Agent: A Case Report. JSM Dent. 2013;2(1):1020.

17. Trindade F, Ribeiro AP, Sacono N, Oliveira C, Lessa F, Hebling J, et al. Trans-enamel and trans-dentinal cytotoxic effects of a 35% H 2 O 2 bleaching gel on cultured odontoblast cell lines after consecutive applications. International endodontic journal. 2009;42:516-24.

18. Tredwin CJ, Naik S, Lewis NJ, Scully C. Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching) products: review of adverse effects and safety issues. Br Dent J. 2006;200(7):371-6.

19. Perchyonok T. Tooth-bleaching: Mechanism, Biological Aspects and Antioxidants. International Journal of Dentistry and Oral Health. 2015;1.

20. Camargo SE, Valera MC, Camargo CH, Gasparoto Mancini MN, Menezes MM. Penetration of 38% hydrogen peroxide into the pulp chamber in bovine and human teeth submitted to office bleach technique. J Endod. 2007;33(9):1074-7.

21. Walsh L. Safety issues relating to the use of hydrogen peroxide in dentistry. Australian Dental Journal. 2000;45:257-69.

22. Schemehorn B, González-Cabezas C, Joiner A. A SEM evaluation of a 6% hydrogen peroxide tooth whitening gel on dental materials in vitro. J Dent. 2004;32 Suppl 1:35-9.

23. Young N, Fairley P, Mohan V, Jumeaux C. A study of hydrogen peroxide chemistry and photochemistry in tea solution with relevance to clinical tooth whitening. Journal of dentistry. 2012;40.

24. Sulieman M, Addy M, MacDonald E, Rees JS. The effect of hydrogen peroxide

concentration on the outcome of tooth whitening: an in vitro study. J Dent. 2004;32(4):295-9.

25. Veitch NC. Horseradish peroxidase: a modern view of a classic enzyme. Phytochemistry. 2004;65(3):249-59.

26. Kagliwal LD, Singhal RS. Enzyme–polysaccharide interaction: A method for improved stability of horseradish peroxidase. International Journal of Biological Macromolecules. 2014;69:329-35.

27. Soares D, Marcomini N, Duque C, Bordini E, Ortecho-Zuta U, Basso F, et al. Increased whitening efficacy and reduced cytotoxicity are achieved by the chemical activation of a highly concentrated hydrogen peroxide bleaching gel. Journal of applied oral science : revista FOB. 2019;27:e20180453.

28. Berglund GI, Carlsson GH, Smith AT, Szöke H, Henriksen A, Hajdu J. The catalytic pathway of horseradish peroxidase at high resolution. Nature. 2002;417(6887):463-8.

29. Hernández-Ruiz J, Arnao MB, Hiner AN, García-Cánovas F, Acosta M. Catalase-like activity of horseradish peroxidase: relationship to enzyme inactivation by H2O2. Biochem J. 2001;354(Pt 1):107-14.

30. Jiang L, Wang Y, Feng C. Application of Photocatalytic Technology in Environmental Safety. Procedia Engineering. 2012;45:993-7.

31. Khan MM, Adil SF, Al-Mayouf A. Metal oxides as photocatalysts. Journal of Saudi Chemical Society. 2015;19(5):462-4.

32. Khattab IA, Ghaly MY, Österlund L, Ali MEM, Farah JY, Zaher FM, et al. Photocatalytic degradation of azo dye Reactive Red 15 over synthesized titanium and zinc oxides photocatalysts: a comparative study. Desalination and Water Treatment. 2012;48(1-3):120-9.

33. Ziashahabi A, Prato M, Dang Z, Poursalehi R, Naseri N. 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. 2019;9(1):11839.

34. Pannee Arsana CBaWS-a. Photocatalytic Activity under Solar Irradiation of Silver and Copper Doped Zincoxide: Photodeposition Versus Liquid Impregnation Methods.

Journal of Applied Sciences. 2012;12:1809-16.

35. Rajamanickam D, Shanthi M. Photocatalytic degradation of an organic pollutant by zinc oxide – solar process. Arabian Journal of Chemistry. 2016;9:S1858-S68.

36. Ong CB, Ng LY, Mohammad AW. A review of ZnO nanoparticles as solar photocatalysts: Synthesis, mechanisms and applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018;81:536-51.

37. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. J Dent. 1999;27(2):89-99.

38. Baldissara P, Catapano S, Scotti R. Clinical and histological evaluation of thermal injury thresholds in human teeth: a preliminary study. J Oral Rehabil. 1997;24(11):791-801.

39. Jablow E, Muehlemann MM, inventors; Jasibo, LLC, assignee. Photocatalytic teeth whitening. Las Vegas2016 Nov. 15,2016.

40. Vadher R, Parmar GJ, Kanodia S, Chaudhary A, Kaur M, Savadhariya T. Basics of Color in Dentistry: A Review. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences. 2014;13:78-85.

41. ElSayad II. Color and translucency of finished and unfinished esthetic restorative materials after staining and bleaching. The Saudi Dental Journal. 2018;30(3):219-25.

42. ISO28399. Dentistry-Products for external tooth bleaching. 2011.

43. Vidulasri N J. Comparison of Whitening Effect on Teeth with Different Types of Commercially Available Bleaching Agents. Int J Pharm Sci Rev Res. 2016;41(1):18-21.

44. Baldión-Elorza PA, Viteri-Lucero LN, Lozano-Torres E. Effect of peroxidase on composite resin adhesion to dental enamel after whitening. Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia. 2012;24(1):8-21.

45. Smijs TG, Pavel S. Titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in sunscreens: focus on their safety and effectiveness. Nanotechnol Sci Appl. 2011;4:95-112.

46. Chang J-Y, Chen W-C, Huang T-K, Wang J-C, Fu P-S, Chen J-H, et al. Evaluation of the accuracy and limitations of three tooth-color measuring machines. Journal of Dental Sciences. 2015;10(1):16-20.

47. Gopinath S, James V, Vidhya S, Karthikeyan K, Kavitha S, Mahalaxmi S. Effect of bleaching with two different concentrations of hydrogen peroxide containing sweet potato

extract as an additive on human enamel: An in vitro spectrophotometric and scanning electron microscopy analysis. J Conserv Dent. 2013;16(1):45-9.

48. Martín J, Vildósola P, Bersezio C, Herrera A, Bortolatto J, Saad JR, et al. Effectiveness of 6% hydrogen peroxide concentration for tooth bleaching—A double-blind, randomized clinical trial. J Dent. 2015;43(8):965-72.

49. Osman E. Effect of Different Bleaching Materials on Color of Stained Resin Composite by Photocatalytic Treatment. Journal of Applicable Chemistry. 2013;2:1690-700.

50. Lin CH, Chou TM, Chen JH, Chen JH, Chuang FH, Lee HE, et al. Evaluation of the effect of laser tooth whitening. Int J Prosthodont. 2008;21(5):415-8.

51. Meireles SS, Fontes ST, Coimbra LA, Della Bona Á, Demarco FF. Effectiveness of different carbamide peroxide concentrations used for tooth bleaching: an in vitro study. J Appl Oral Sci. 2012;20(2):186-91.

52. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. J Dent Res. 1989;68(5):819-22.

ภาคผนวก

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นัชชา คลังจตุรเวทย์
วัน เดือน ปี เกิด	15 พฤษภาคม 2531
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ที่อยู่ปัจจุบัน	72 ถนนสี่พระยา แขวงมหาพฤฒาราม เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร