

# ความแม่นยำและความถูกต้องในการเทียบสีฟันด้วยกล้อง สมาร์ทโฟน

ไพศาล ปัญสุวรรณวงศ์ น.บ.\*, ปริญญญา อมรเศรษฐชัย น.บ., วท.ม.\*\*,  
สุมนา โพธิ์ศรีทอง น.บ., วท.ม., ปร.ด., ว.ก.\*

\*สถาบันทันตกรรม กรมการแพทย์ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

\*\*ภาควิชาทันตกรรมทั่วไปชั้นสูง คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

## Abstract: The Reliability and Accuracy of Tooth Shade Selection Using Smartphone Cameras

Paisarn Pansuwanwong, DDS.\*, Parinya Amornsettachai, DDS., MSc.\*\*,  
Sumana Posritong, DDS., MSD., Ph.D., Thai Board of General Dentistry.\*

\*Institute of Dentistry, Department of Medical Services, Talad Khwan,  
Mueang Nonthaburi, Nonthaburi 11000

\*\* Department of Advanced General Dentistry, Faculty of Dentistry, Mahidol University,  
Ratchathewi, Bangkok 10400

**Background:** Tooth shade selection is one of the critical steps in dental treatment. Smartphone cameras have been used for tooth shade selection, but the reliability and accuracy of these devices are uncertain. **Objective:** To evaluate the reliability and accuracy of smartphone cameras, which included Apple iPhone X and Samsung Galaxy S9 plus for human tooth shade selection. **Methods:** One of maxillary central incisors in 45 participants was captured with both smartphone cameras and color measured with spectrophotometer by using CIE Lab system. The data of L\*, a\*, b\* was analyzed using one-way ANOVA with Tukey Post Hoc comparisons. In addition,  $\Delta E^*$  Lab value of each smartphone camera was calculated and compared with the reference (3.7). Kappa statistic was analyzed for the repeated image from each smartphone. Pearson correlation of L\*, a\*, b\* and  $\Delta E^*$  Lab were also investigated. **Results:** Photos from both smartphones had high color reliability (Kappa > 0.9). However, the accuracy of the color from smartphone groups was different from spectrophotometer ( $\Delta E^*$  Lab > 3.7). The brightness of the image (L) significantly affects the accuracy of the color comparison. **Conclusion:** Smartphone camera provided high reliability in tooth shade selection but low in accuracy. In clinical setting, shade guide is still recommended to be the reference in the photo for better shade selection and communication with dental laboratory.

**Keywords:** Tooth shade selection, Smartphone camera, Spectrophotometer

### บทคัดย่อ

**ภูมิหลัง:** การเทียบสีฟันเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการสร้างชิ้นงานทางทันตกรรมให้มีความเหมือนกับฟันธรรมชาติ โดยกล้องสมาร์ทโฟนเป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่ได้มีการนำมาใช้ในการเทียบสีฟัน แต่ยังไม่มีการศึกษาที่ชัดเจนในเรื่องของความถูกต้องและแม่นยำจากการใช้กล้องสมาร์ทโฟนเทียบสีฟัน **วัตถุประสงค์:** เพื่อศึกษาความถูกต้องและความแม่นยำของการเทียบสีฟัน จากภาพถ่ายที่ได้จากกล้องสมาร์ทโฟนสองชนิดได้แก่ แอปเปิล ไอโฟน สิบ (Apple iPhone X) และซัมซุง กาแล็กซี่ เอสเก้า พลัส (Samsung Galaxy S9 Plus) **วิธีการ:** ทำการถ่ายภาพฟันหน้าตัดบน (maxillary central incisor) ซี่ใดซี่หนึ่งของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 45 ราย ด้วยกล้องสมาร์ทโฟน

2 ชนิด แล้วนำมาเปรียบเทียบค่าสีในระบบซีไออี แอลเอบี (CIE Lab) กับค่าสีที่วัดโดยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าสี L\*, a\*, b\* ด้วยสถิติการจำแนกความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และการจับคู่พหุคูณชนิดทูกี (Tukey Post Hoc comparisons) รวมทั้งเปรียบเทียบค่า  $\Delta E^*$  Lab ที่ระดับ 3.7 นำค่าสีที่ได้จากการถ่ายภาพซ้ำกันในแต่ละผู้เข้าร่วมวิจัยมาวิเคราะห์สถิติค้ำปาเพื่อหาความแม่นยำของกล้องสมาร์ทโฟนแต่ละชนิด นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson) ของค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไปของค่า L\*, a\*, b\* ของสมาร์ทโฟนแต่ละชนิด **ผล:** ภาพถ่ายที่ได้จากสมาร์ทโฟนทั้งสองรุ่นมีความแม่นยำสูง (Kappa > 0.9) ในขณะที่

ความถูกต้องของสีพบว่ากลุ่มสมาร์ทโฟนมีความแตกต่างจากสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ( $\Delta E^*_{Lab} > 3.7$ ) โดยค่าความสว่างของภาพ ( $L^*$ ) มีผลต่อความถูกต้องในการเทียบสีอย่างมีนัยสำคัญ **สรุป:** ภาพถ่ายที่ได้จากสมาร์ทโฟนมีความแม่นยำสูง แต่ความถูกต้องของสียังไม่เพียงพอต่อการเทียบสีฟัน ดังนั้นในทางคลินิกจึงยังแนะนำให้ใช้ชุดเทียบสีฟันวางในตำแหน่งข้างเคียงฟันที่ต้องการเทียบสี ขณะที่ถ่ายภาพ เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงในการสื่อสารกับช่างทันตกรรม

**คำสำคัญ:** การเทียบสีฟัน กล้องสมาร์ทโฟน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

## บทนำ

การเทียบสีฟันเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการสร้างชิ้นงานให้มีความเหมือนกับฟันธรรมชาติของผู้ป่วย อุปกรณ์ต่างๆ ได้ถูกพัฒนาขึ้นให้มีความแม่นยำและคงที่ในการเทียบสี เพื่อลดข้อจำกัดในการใช้สายตาของทันตแพทย์ ที่ถึงแม้มีความสะดวกและประหยัด แต่มีความคลาดเคลื่อนได้สูง<sup>1</sup> อุปกรณ์เหล่านั้นได้แก่ คัลเลอร์ลิมิเตอร์ (colorimeter) สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) การถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล (digital camera) เป็นต้น ซึ่งสเปกโตรโฟโตมิเตอร์นั้นได้รับการยอมรับในแง่ความความแม่นยำและความถูกต้องในการเทียบสีฟันสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้สายตามนุษย์<sup>2</sup> จึงใช้เป็นอุปกรณ์ในการเทียบสีที่ได้รับการยอมรับในทางคลินิกแต่ข้อจำกัดของอุปกรณ์ดังกล่าวคือราคาแพง อีกทั้งไม่สามารถให้ข้อมูลด้านอื่น เช่น ลักษณะฟันผิว ความมันเงา ความโปร่งแสง ของฟันได้

การถ่ายภาพในช่องปากด้วยกล้องชนิดดีเอสแอลอาร์ (Digital Single Lens Reflex; DSLR) นั้นสามารถให้คุณภาพของภาพถ่ายที่ดีมีความแม่นยำและความเที่ยงตรงของสีที่สูง<sup>3</sup> เมื่อควบคุมสภาวะแวดล้อมอย่างเหมาะสม<sup>4</sup> แต่ข้อจำกัดคืออุปกรณ์มีขนาดใหญ่ ราคาสูง จึงมีการทดลองใช้กล้องสมาร์ทโฟน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพสูง ขนาดเล็ก มาประยุกต์ใช้ในการเทียบสีฟัน แต่ยังมีข้อสงสัยในด้านคุณภาพของภาพถ่ายที่ได้จากกล้องสมาร์ทโฟนว่ามีความถูกต้อง และความแม่นยำของสีเพียงพอต่อการเทียบสีฟันหรือไม่ การใช้เครื่องมือ หรือวิธีการใดๆ ในการประเมินประสิทธิภาพของการเทียบสีฟัน จะประเมินได้จาก 2 ตัวแปร<sup>2</sup> ได้แก่ ความแม่นยำ (reliability) คือ การที่ประเมิน หรือวัดสีด้วยวิธีใดๆ สามารถทำซ้ำได้ โดยที่ผลลัพธ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ความถูกต้อง (accuracy) คือ ความสามารถของวิธีใดๆ ก็ตามที่จะระบุสีของฟันมนุษย์ได้อย่างเที่ยงตรง ซึ่งได้มีการศึกษาของ Lee และ Tam ในปี ค.ศ. 2017<sup>5</sup> ศึกษาความถูกต้องในการเทียบสีจากกล้องสมาร์ทโฟนร่วมกับการใช้ชุดคำสั่งภายในซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่ออกแบบมา โดยประมวลผลจากการถ่ายภาพตัวอย่างเทียบสีฟัน (shade guide) พบว่าสามารถจับคู่สีของตัวอย่างเทียบสีฟันได้อย่างถูกต้องร้อยละ 87

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทดสอบประสิทธิภาพของสมาร์ทโฟน 2 รุ่นคือ ซัมซุง กาแล็คซี่ เอสเก้า พลัส ภายใต้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และ แอปเปิล ไอโฟน สิบ ภายใต้ระบบปฏิบัติการไอโอเอส ในเรื่องการเทียบสีฟัน ทั้งในแง่ความแม่นยำ

และความถูกต้องของสีจากภาพถ่ายดิจิทัล โดยใช้รูปแบบการเทียบสีของภาพถ่ายผ่านค่าสีมาตรฐานระบบซีไออี แอลเอบี ของคณะกรรมการกำหนดมาตรฐานแสงสว่าง (International Commission on Illumination)<sup>6</sup> อีกทั้งเป็นระบบสีมาตรฐานตามข้อกำหนดของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (ADA)<sup>7</sup> ค่าสีระบบนี้ ประกอบด้วยค่า  $L^*$  แทนด้วยความสว่าง-มืด โดย  $L^*$  มีค่า 100 แทนสีขาว  $L^*$  มีค่า 0 แทนสีดำ,  $a^*$  เป็นช่องทางที่ระบุความต่างสีของพื้นที่สีเขียวและแดง (Green-Red) โดย  $+a^*$  แทนสีเขียว และ  $-a^*$  แทนสีแดง,  $b^*$  เป็นช่องทางที่ระบุความต่างสีของพื้นที่สีเหลืองและน้ำเงิน (Yellow-Blue) โดย  $+b^*$  แทนสีเหลือง และ  $-b^*$  แทนสีน้ำเงิน โดยสมมติฐานงานวิจัยนี้คือ การเทียบสีฟันมนุษย์จากภาพถ่ายดิจิทัลที่ได้จากกล้องสมาร์ทโฟนทั้งสองกลุ่ม มีความถูกต้องและความแม่นยำไม่แตกต่างกัน

## วัตถุประสงค์และวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาในคลินิก ทำการเก็บข้อมูลสีฟันจากประชากรกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นอาสาสมัครบุคลากรสถาบันทันตกรรม โดยการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างได้กำหนดค่าอำนาจในการทดสอบ (power analysis) เท่ากับ 0.80 และใช้ความมั่นใจที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ( $\alpha$ ) เท่ากับ 0.05 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการศึกษาของ Chao Hua Liang<sup>8</sup> ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 45 ราย เป็นหญิง 39 ราย ชาย 6 ราย อายุตั้งแต่ 19-45 ปี อายุเฉลี่ย  $30.62 \pm 6.6$  ปี ซึ่งผู้ที่ศึกษาคือฟันหน้าตัดบน ซี่ 11 หรือ 21 ที่ไม่มีความผิดปกติใดๆ สุขภาพเหงือกไม่อักเสบ ไม่มีประวัติได้รับการรักษาฟันหรือบูรณะใดๆ รวมทั้งไม่มีประวัติได้รับอุบัติเหตุที่กระทบกระเทือนฟันซี่ดังกล่าว ทำการศึกษาที่สถาบันทันตกรรมกรมการแพทย์ การเก็บข้อมูลสีภาพระบบซีไออี แอลเอบี จะใช้อุปกรณ์สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่นวีต้า อีชีเชด รุ่นที่ 5 (Vita Easyshade compact V, Vita Zahnfabrik, Germany) จัดเป็นกลุ่มควบคุม การวัดสีด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์รุ่นนี้จะใช้ปลายแท่งของอุปกรณ์ (probe) แตะที่ผิวฟันพร้อมกับปล่อยแสง และวัดค่าความยาวคลื่นแสงที่สะท้อนกลับมา ทำการแปลผลพร้อมกับแสดงค่าสีผ่านหน้าจอของอุปกรณ์ ซึ่งการวัดค่าสีผ่านความยาวคลื่นนั้นส่งผลให้แสงจากสภาวะแวดล้อมไม่มีผลกับการอ่านค่าสีฟันของสเปกโตรโฟโตมิเตอร์<sup>9</sup> ในส่วนของกลุ่มทดลอง ทำการถ่ายภาพโดยใช้สมาร์ทโฟน 2 รุ่น ได้แก่ ซัมซุง กาแล็คซี่ เอสเก้า พลัส ภายใต้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รุ่นที่ 9 (Android Pie V. 9.0) และ แอปเปิล ไอโฟน สิบ ภายใต้ระบบปฏิบัติการไอโอเอสรุ่น 12.4.1 (iOS V. 12.4.1) การถ่ายภาพจากกล้องสมาร์ทโฟน จะใช้แอปพลิเคชันเดิมของผู้ผลิต ทำการปรับตั้งค่าการถ่ายภาพ (ตารางที่ 1) สำหรับการกำหนดขนาดภาพถ่ายให้มีสัดส่วนของฟันที่คงที่ ทำโดยวางอุปกรณ์ถ่ายภาพบนขาตั้งเดี่ยวชนิดโมโนพอด (monopod) กำหนดระยะระหว่างเลนส์กล้องและฟันคงที่ 10 เซนติเมตร ตั้งฉากกับใบหน้าผู้เข้าร่วมวิจัย ซึ่งเป็นระยะที่กล้องทั้งสองรุ่นสามารถโฟกัสภาพได้ การควบคุมสภาวะแสง ใช้ไฟส่องสว่างสำหรับสมาร์ทโฟนชนิดแอลอีดี (LED) รุ่น Smile Lite MDP, Smile Line, Switzerland พร้อม

โพลาริซ ฟิลเตอร์ ร่วมกับการตั้งค่าความสว่างสูงสุด และสมดุลแสง สีขาวที่อุณหภูมิสี 5,500 เคลวิน (อ้างอิงจากคู่มือของผู้ผลิต) ซึ่งให้แสงสว่างคงที่ (continuous lighting) โดยแสงจากไฟส่องสว่างแอลอีดี สามารถตัดแสงรบกวนจากสภาวะแวดล้อมได้ การศึกษา

นี้ผ่านการรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัย ในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย สถาบันทันตกรรม การแพทย์

**ตารางที่ 1** การตั้งค่าการถ่ายภาพด้วยกล้องสมาร์ทโฟน

	Samsung galaxy S9 plus®	Apple iPhone X®
Image size(pixel)	4032 x 3024	4032 x 3024
Shutter speed	Auto	Auto
F-stop	Auto	Auto
ISO	Auto	Auto
White balance	5500 K	Auto
Exposure mode	Auto	Auto
Exposure metering	Auto	Auto
File format	JPG	JPG

### วิธีการวัดค่าสี

รูปแบบข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ กลุ่มควบคุมนั้นเก็บข้อมูลค่าสีในระบบซีไออี แอลเอบี สำหรับกลุ่มทดลองซึ่งเป็นสมาร์ทโฟนเก็บข้อมูลด้วยการถ่ายภาพดิจิทัลในรูปแบบไฟล์เจพีค (JPEG) 8 บิต ซึ่งเป็นรูปแบบมาตรฐานสำหรับไฟล์ภาพถ่ายดิจิทัล แล้วนำภาพถ่ายมาทำการหาค่าสีฟันตามระบบซีไออี แอลเอบีผ่านซอฟต์แวร์อะโดบี โฟโตชอป รุ่น 19.1.3 (Adobe Photoshop V. 19.1.3)

ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการตรวจช่องปากตามเกณฑ์คัดเข้าและเกณฑ์คัดออก กำหนดซี่ฟันที่จะทำการเก็บข้อมูล กำหนดสีลิปสติก และทำการขัดฟันก่อนการบันทึกข้อมูลด้วยอุปกรณ์ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ สเปกโตรโฟโต-มิเตอร์ และกล้องสมาร์ทโฟนทั้งสองรุ่น โดย

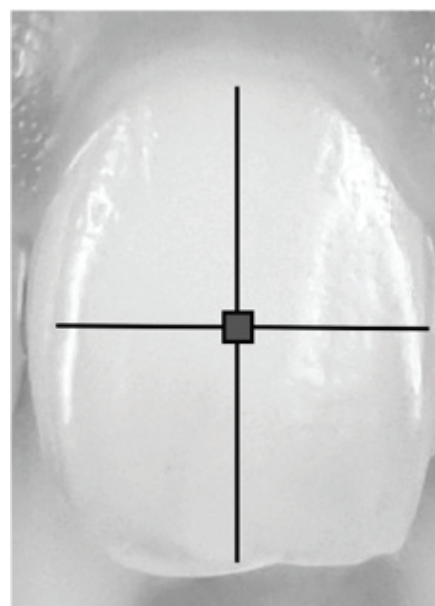
**กลุ่มควบคุม:** ผู้วิจัยใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ร่วมกับเครื่องมือสำหรับดึงร่องสีฟันวัดค่าสีฟันหน้าตัดบนในซี่ที่กำหนดไว้ ก่อนการวัดทุกครั้งจะทำการปรับมาตรฐานของเครื่องมือของผู้ผลิต การบันทึกค่าสีจะใช้รูปแบบค่า L\*, a\* และ b\* โดยวัดค่าทั้งหมด 3 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละค่าดังกล่าว

**กลุ่มทดลอง:** ผู้วิจัยถ่ายภาพฟันหน้าตัดบนในซี่ที่กำหนดไว้ของผู้เข้าร่วมวิจัย โดยใช้กล้องสมาร์ทโฟนทั้งสองรุ่นที่ยึดติดกับไฟส่องสว่างแอลอีดี ร่วมกับขาตั้งกล้องในการถ่ายภาพ ทำการโฟกัสภาพและวัดแสง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางฟัน ทำการถ่ายภาพทั้งหมด 5 ภาพในช่วงเวลา 10 นาที โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยอยู่ในตำแหน่งกึ่งฟัน และในระหว่างที่ถ่ายแต่ละภาพให้ปิดริมฝีปากพัก เพื่อให้ฟันอยู่ในสภาวะเปียก

### วิธีวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์ค่าสีภาพถ่ายจากกล้องสมาร์ทโฟนใช้โปรแกรมอะโดบี โฟโตชอปตัดภาพถ่ายให้ได้ฟันเฉพาะบริเวณฟันที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 1) ทำการกำหนดกรอบพื้นที่ทำการวัดค่าสีเป็นช่องสี่เหลี่ยม

จัตุรัสขนาด 2x2 ตารางมิลลิเมตร วางในตำแหน่งกึ่งกลางฟันโดยใช้การอ้างอิงจากจุดตัดระหว่างเส้นที่ลากจากปลายฟันถึงขอบเหงือก และระยะจากขอบฟันด้านใกล้กลางและไกลกลางของฟัน โดยแต่ละเส้นต้องแบ่งพื้นที่ได้ 2 ส่วนได้เท่ากัน จากพื้นที่ดังกล่าวทำการวัดค่าสีบริเวณกึ่งกลางของช่องตามระบบซีไออีแอลเอบีด้วยเครื่องมือโปรแกรม อะโดบี โฟโตชอป จำนวน 3 ครั้ง แล้วทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละค่า L\*, a\* และ b\* เพื่อเป็นตัวแทนค่าในแต่ละภาพ



**ภาพที่ 1** ตำแหน่งในการวัดค่าสีบริเวณกึ่งกลางฟันหน้าตัดบนซี่กลางจากกล้องสมาร์ทโฟน

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

#### การประเมินความแม่นยำของการเทียบสีฟัน

ใช้สถิติค้ำปา (Kappa) ประเมินความเที่ยงของอุปกรณ์ (intra-rater reliability) ในการวัดค่าสี L\*, a\*, b\* ของภาพถ่ายที่ถูกซ้ำจำนวน 5 ภาพจากผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละราย

### การประเมินความถูกต้องของการเทียบสีฟัน

นำค่า L\*, a\*, b\* ในแต่ละภาพมาคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยสีฟันของผู้เข้าร่วมวิจัยในแต่ละราย และนำไปเทียบกับค่าที่ได้จากสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อหาผลต่างของค่าสี โดยผลต่างของค่าสีใด ๆ แทนด้วยค่าเดลต้าอี แอลเอบี (ΔE\*Lab) ซึ่งได้จากความต่างของมิติสี L\*, a\*, b\* ของวัตถุสองชนิด คำนวณได้จากสมการ<sup>10</sup>

$$\Delta E = \sqrt{(L_I - L_S)^2 + (a_I - a_S)^2 + (b_I - b_S)^2}$$

$L_I, a_I, b_I$  = ค่า L\*, a\*, b\* ตามลำดับ จากกลุ่มทดลอง (สมาร์ทโฟนทั้งสองรุ่น)  
 $L_S, a_S, b_S$  = ค่า L\*, a\*, b\* ตามลำดับ จากกลุ่มควบคุม

ค่า ΔE\*Lab ที่ได้จากกลุ่มเปรียบเทียบทั้ง 2 กลุ่มจะแสดงถึงความแตกต่างของสี จะถูกนำมาเทียบกับค่า Acceptability Threshold (AT) ซึ่งหมายถึงค่าความแตกต่างของสีระหว่างวัตถุที่ยอมรับได้ทางคลินิก โดยความแตกต่างของสีที่เกินจากค่านี้อาจส่งผลต่อความสวยงาม (esthetic concern)<sup>6</sup> โดยในการศึกษานี้ใช้ค่า 3.7 เพื่อแสดงถึงความถูกต้องในการเทียบสีของแต่ละอุปกรณ์เปรียบเทียบ และทำการวิเคราะห์โดยใช้สถิติผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติเอสพีเอสเอส (IBM SPSS Statistics version 23.0) โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าสีฟัน (ΔE\*Lab) ทั้งสองกลุ่มด้วยสถิติเปรียบเทียบชนิดทีเทส (Independent t-test, p < 0.05) และวิเคราะห์ค่าสี L\*, a\*, b\* ระหว่างกล้องสมาร์ทโฟนทั้ง 2 เครื่องกับสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ด้วยสถิติการจำแนกความแปรปรวนทางเดียว และการจับคู่พหุคูณชนิดทุกคู่ (p < 0.05)

### การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าสีในแต่ละอุปกรณ์

ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เพียร์สัน ระหว่าง 1) ค่าสี L\*, a\*, b\* จากกลุ่มสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และกลุ่มสมาร์ทโฟน 2 ชนิด และ 2) ค่า ΔE\*Lab และ ค่า L\*, a\*, b\* ในสมาร์ทโฟนแต่ละชนิด

## ผล

### ความแม่นยำของการเทียบสีฟัน

การประเมินความแม่นยำของการวัดค่าสีในการถ่ายภาพทั้งหมด 5 ครั้ง ของสมาร์ทโฟนทั้งสองชนิดผ่านการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ภายใน (Intraclass Correlation Coefficient; ICC) พบว่าภาพถ่ายจากสมาร์ทโฟนทั้งสองกลุ่มมีค่าดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa และช่วงความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ภายในของค่า L, a, b ที่ได้จากภาพถ่ายของสมาร์ทโฟน Apple iPhone X และ Samsung Galaxy S9

		n	Kappa	95% CI
Apple iPhone X	L*	5	0.99	0.98 – 0.99
	a*	5	0.98	0.96 – 0.99
	b*	5	0.98	0.97 – 0.99
Samsung Galaxy S9 plus	L*	5	0.98	0.98 – 0.99
	a*	5	0.97	0.95 – 0.98
	b*	5	0.99	0.990 – 0.994

### ความถูกต้องของการเทียบสีฟัน

จากผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 45 ราย ค่าเฉลี่ยค่าสีของสมาร์ทโฟนซัมซุง กาแล็กซี่ เอสเก้า พลัส และแอปเปิล ไอโฟน สิบ (ตารางที่ 3) เมื่อวิเคราะห์ค่า L\*, a\*, b\* ที่วัดได้จากการอุปกรณ์ทั้งสามชนิดนั้นพบว่าค่า L\* และ b\* ระหว่างทั้งสามกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p<0.05 ในขณะที่ค่า a\* ของกลุ่มสมาร์ทโฟนแอปเปิล ไอโฟน สิบ และสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p<0.05 แต่ ค่า a\* ของกลุ่ม

สมาร์ทโฟนซัมซุง กาแล็กซี่ เอสเก้า พลัส และสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในเรื่องของค่าความแตกต่างสีที่แทนด้วยค่า ΔE\*Lab พบว่าทุกกลุ่มตัวอย่างมีค่า ΔE\*Lab มากกว่า 3.7 ซึ่งเป็นค่า AT ค่าเฉลี่ย ΔE\*Lab ของทั้งสองกลุ่มทดลองแสดงในตารางที่ 3 เมื่อประเมินความถูกต้องในการเทียบสีฟันผ่านค่า ΔE\*Lab เทียบกับสเปกโตรโฟโตมิเตอร์พบว่าอุปกรณ์ทั้งสองชนิดให้ค่าความถูกต้องน้อยมาก และค่า ΔE\*Lab ของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p<0.05

**ตารางที่ 3** ค่าเฉลี่ย  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ของสมาร์ทโฟนกลุ่ม Apple iPhone X, ซัมซุง กาแล็กซี่ เอสเก้า ฟลัส และ สเปก โตรโฟโตมิเตอร์ (Vita Easyshade V) และค่าเฉลี่ย  $\Delta E^*_{Lab}$  ของสมาร์ทโฟนกลุ่ม Apple iPhone X, ซัมซุง กาแล็กซี่ เอสเก้า ฟลัส เทียบกับกลุ่มควบคุม

	$L^*$ (mean± SD)	$a^*$ (mean± SD)	$b^*$ (mean± SD)	$\Delta E^*_{Lab}$ (mean± SD)
Vita Easyshade V (control)	81.1±3.9 <sup>a</sup>	-1.1±0.9 <sup>a</sup>	18±3.3 <sup>a</sup>	-
Apple iPhone X	94.2±2.9 <sup>b</sup>	-3.8±2.4 <sup>b</sup>	12±5.6 <sup>b</sup>	15.77±3.84 <sup>a</sup>
Samsung Galaxy S9 plus	86.3±2.9 <sup>c</sup>	-1.1±0.7 <sup>a</sup>	8.7±3.1 <sup>c</sup>	11.51±3.84 <sup>b</sup>

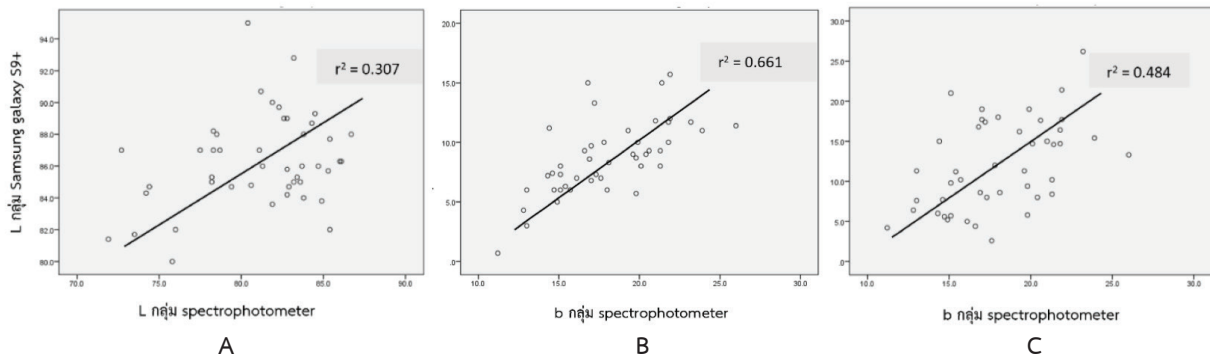
หมายเหตุ: a, b, c แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p < 0.05$  ในการเปรียบเทียบแต่ละสดมภ์

**การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพียร์สัน**

• ค่าซีไออี แอลเอบี จากกลุ่มสมาร์ทโฟน เทียบกับสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ความสัมพันธ์ของค่า  $L^*$  จากกล้องสมาร์ทโฟน 2 ชนิดกับสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ได้ พบว่า  $L^*$  จาก สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และ ค่า  $L^*$  จากสมาร์ทโฟนซัมซุง กาแล็กซี่ เอสเก้า ฟลัส มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p < 0.05$  ( $r^2 = 0.307$ ) แสดงไว้ในภาพที่ 2 (A) ในขณะที่ค่า  $L^*$  สเปกโตรโฟโตมิเตอร์และค่า

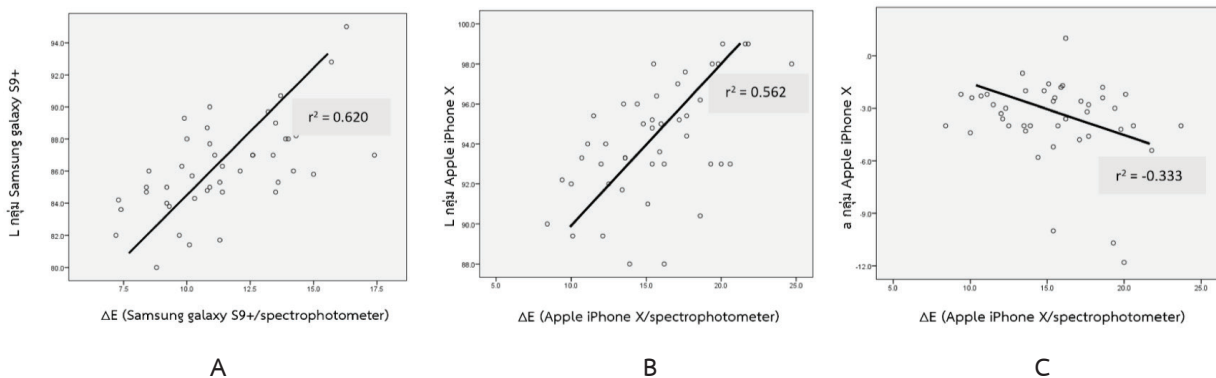
$L^*$  สมาร์ทโฟนแอปเปิล ไอโฟน สิบ ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงต่อกัน ในส่วนของความสัมพันธ์ของค่า  $b^*$  จากสมาร์ทโฟนซัมซุง กาแล็กซี่ เอสเก้า ฟลัส และค่า  $b^*$  จากสมาร์ทโฟนแอปเปิล ไอโฟน สิบกับค่า  $b^*$  จากสเปกโตรโฟโตมิเตอร์นั้นพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p < 0.05$  ( $r^2 = 0.661, 0.484$  ตามลำดับ) ดังภาพที่ 2 (B,C) ในขณะที่ความสัมพันธ์ของค่า  $a^*$  จากสมาร์ทโฟนทั้ง 2 ชนิด ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับค่า  $a^*$  จากสเปกโตรโฟโตมิเตอร์



**ภาพที่ 2** แผนภาพการกระจายแสดงความสัมพันธ์เพียร์สัน โดย A - ระหว่างค่า  $L^*$  สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (แกน X) และค่า  $L^*$  สมาร์ทโฟนซัมซุง กาแล็กซี่ เอสเก้า ฟลัส (แกน Y), B - ระหว่างค่า  $b^*$  สเปกโตร โฟโตมิเตอร์ (แกน X) และค่า  $b^*$  สมาร์ทโฟนซัมซุง กาแล็กซี่ เอสเก้า ฟลัส (แกน Y), C - ระหว่างค่า  $b^*$  สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (แกน X) และค่า  $b^*$  สมาร์ทโฟนแอปเปิล ไอโฟน สิบ (แกน Y)

• ค่า  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  จากสมาร์ทโฟนทั้งสองกลุ่ม และ  $\Delta E^*_{Lab}$  พบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า  $L^*$  ทั้งในกลุ่มสมาร์ทโฟนซัมซุง กาแล็กซี่ เอสเก้า ฟลัส และสมาร์ทโฟนแอปเปิล ไอโฟน สิบ กับ  $\Delta E^*_{Lab}$  ที่ระดับ  $p < 0.05$  ( $r^2 = 0.620$  และ  $0.562$  ตามลำดับ) ดังภาพที่ 3 (A, B ตามลำดับ)

ในขณะที่ค่า  $a^*$  จากกลุ่มสมาร์ทโฟนแอปเปิล ไอโฟน สิบนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางตรงกันข้ามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ  $\Delta E^*_{Lab}$  ที่ระดับ  $p < 0.05$  ( $r^2 = -0.333$ ) ดังภาพที่ 3 (C) ส่วนค่า  $b^*$  จากสมาร์ทโฟนทั้งสองกลุ่ม และ  $a^*$  จากสมาร์ทโฟนซัมซุง กาแล็กซี่ เอสเก้า ฟลัส ไม่พบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับ  $\Delta E^*_{Lab}$



**ภาพที่ 3** แผนภาพการกระจายแสดงความสัมพันธ์เพียร์สัน โดย A - ระหว่างค่า  $\Delta E^*_{Lab}$  (แกน X) และค่า  $L^*$  สมาร์ทโฟนซัมซุง กาแล็กซี่ เอสเก้า ฟลัส (แกน Y), B - ระหว่างค่า  $\Delta E^*_{Lab}$  (แกน X) และค่า  $L^*$  สมาร์ทโฟนแอปเปิล ไอโฟน สิบ (แกน Y), C - ระหว่างค่า  $\Delta E^*_{Lab}$  (แกน X) และค่า  $a^*$  สมาร์ทโฟน แอปเปิล ไอโฟน สิบ (แกน Y)

## วิจารณ์

การศึกษานี้ต้องการทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำในการเทียบสีพื้นจากภาพถ่ายของสมาร์ทโฟนสองรุ่นคือซัมซุง กาแล็คซี่เอสเก้า พลัส และแอปเปิล ไอโฟน สิบบ โดยเปรียบเทียบผ่านระบบสีซีไออีแอลเอบี เทียบกับค่าที่วัดได้จากโดยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ผ่านค่า  $\Delta E^*_{Lab}$  ตามตัวชี้วัด acceptability threshold ของ Johnston<sup>11</sup> ระบุว่า  $\Delta E^*_{Lab}$  ที่ระดับ 3.7 เป็นตัวชี้วัดความถูกต้องของการเทียบสีพื้น ซึ่งในการศึกษานี้ พบว่า  $\Delta E^*_{Lab}$  จากสมาร์ทโฟนทั้งสองรุ่นมากกว่า 3.7 แสดงให้เห็นถึงความเที่ยงตรงของสีจากภาพถ่ายที่ได้จากสมาร์ทโฟนยังไม่เพียงพอสำหรับการเทียบสีพื้น นอกจากนี้ค่าเฉลี่ย  $\Delta E^*_{Lab}$  ของสมาร์ทโฟนทั้งสองรุ่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลดังกล่าวจึงปฏิเสธสมมติฐานงานวิจัยข้อ 2 คือ ความถูกต้องของการเทียบสีพื้นมนุษย์ในสมาร์ทโฟนทั้งสองรุ่นแตกต่างกัน โดยปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อความถูกต้องในการเทียบสีได้แก่ ขนาดของอุปกรณ์ถ่ายภาพที่มีขนาดเล็ก ทั้งเลนส์ และตัวรับภาพ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความละเอียดของภาพที่ได้ รวมทั้งซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการประมวลผลในแต่ละรุ่นของสมาร์ทโฟนที่ไม่ได้ถูกออกแบบให้แสดงค่าสีให้ตรงกับความเป็นจริง และไม่ได้มีการปรับเทียบสี (calibration) ดังเช่นในกล้องดีเอสแอลอาร์ สิ่งเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของสีภาพถ่ายที่ได้เมื่อเทียบกับการวัดด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แต่ไม่มีผลต่อความแม่นยำของการเทียบสีในการศึกษานี้ ซึ่งงานวิจัยนี้ถือเป็นการศึกษาแรกที่เปรียบเทียบด้วยค่าสีซีไออีแอลเอบีกับสเปกโตรโฟโตมิเตอร์โดยตรง ในการทดสอบสมาร์ทโฟนนั้น ที่ผ่านมามีการศึกษาของ Tam<sup>5</sup> ที่ประเมินความถูกต้องในการเทียบสีพื้นของสมาร์ทโฟนโดยใช้ซอฟต์แวร์ประมวลผลทั้งหมด ซึ่งให้ความถูกต้องที่ ร้อยละ 87 ซึ่งการศึกษาดังกล่าวแม้จะใช้การอ่านค่าสีจากภาพ แต่มีการใช้ซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมาเฉพาะช่วยในการเทียบสีพื้น แสดงถึงประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ที่ใช้วิเคราะห์เพื่อเทียบสีพื้นนั้นมีผลต่อความถูกต้องในการเทียบสี การศึกษานี้พบว่าค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มีอิทธิพลต่อความแตกต่างของสีในสมาร์ทโฟนทั้งสองกลุ่ม โดยภาพจากสมาร์ทโฟนกลุ่มซัมซุง กาแล็คซี่ เอสเก้า พลัสมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) น้อยกว่ากลุ่มสมาร์ทโฟนแอปเปิล ไอโฟน สิบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแม้ว่าจะอยู่ในสภาวะแวดล้อมเดียวกัน ซึ่งอธิบายได้ถึงซอฟต์แวร์ของกล้องนั้นมีผลต่อการวัดความสว่างของวัตถุ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของการเทียบสี อย่างไรก็ตามสมาร์ทโฟน แอปเปิล ไอโฟน สิบบไม่สามารถปรับการตั้งค่าสมดุลแสงขาวได้ จึงใช้ระบบวัดแสงอัตโนมัติ ต่างจากซัมซุง กาแล็คซี่ เอสเก้า พลัสที่สามารถปรับตั้งค่าได้ ดังนั้นค่าสีที่ได้จากซัมซุง กาแล็คซี่ เอสเก้า พลัสจึงใกล้เคียงกับสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มากกว่า แอปเปิล ไอโฟน สิบบ ซึ่งการตั้งค่าสมดุลแสงสีขาวตามสภาวะแสงขณะถ่ายภาพจะช่วยให้กล้องสามารถบันทึกภาพที่มีความถูกต้องได้มากกว่าการใช้ระบบวัดแสงอัตโนมัติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Sampaio<sup>12</sup> ที่ใช้แผ่นกระดาษเทากลางในการช่วยปรับการตั้งค่าสมดุลแสงขาวในการเทียบสีพื้น ในส่วนของแสงส่องสว่างที่ใช้ในการศึกษานี้จากการศึกษาของ Witkowski<sup>9</sup> พบว่าการใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์วัดค่าสีพื้นมีความแม่นยำและถูกต้องของสี แม้ว่าแสงจะเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของแสง และผู้ใช้งานเครื่อง รวมถึงแสงจากสิ่งแวดล้อมไม่สามารถลอดผ่านปลายแท่งของอุปกรณ์ขณะวัด ดังนั้นในการศึกษานี้จึงไม่ได้ใช้ไฟส่องสว่างแอลอีดีในกลุ่มควบคุม แต่ใช้ในกลุ่มทดลองซึ่งเป็นชนิดแอลอีดีที่อุณหภูมิสี 5,500 เคลวิน (kelvin) ตาม

คุณลักษณะของผู้ผลิตที่ออกแบบมาสำหรับยึดติดกับสมาร์ทโฟน โดยเฉพาะ เนื่องจากแสงส่องสว่างชนิดแอลอีดีมีค่าดัชนีซีอาร์ไอ (CRI index) มากกว่าร้อยละ 80 ให้แสงส่องสว่างที่ผิดเพี้ยนจากจากสีวัตถุได้น้อย และอุณหภูมิสีดังกล่าวอยู่ในช่วงของแสงธรรมชาติมาตรฐาน (standard day light) และมีความเหมาะสมสำหรับการเทียบสีพื้น<sup>4</sup> อย่างไรก็ตามแม้ว่าภาพถ่ายจากสมาร์ทโฟนทั้งสองกลุ่มมีค่าสีที่แตกต่างกันจากสเปกโตรโฟโตมิเตอร์อย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าสมาร์ทโฟนทั้งสองรุ่นสามารถบันทึกรายละเอียดพื้นผิวของพื้นได้ เช่น ลักษณะความทึบแสง และความโปร่งแสงของพื้น ลักษณะพื้นผิวของพื้น รวมถึงความเงาและความด้านของพื้นผิวพื้น

ในการประเมินความแม่นยำของค่าสีนั้น จากการวิเคราะห์สถิติคิปปาในอุปกรณ์ทั้งสองชนิด พบว่าทั้งในส่วนค่า  $L^*$ , ค่า  $a^*$  และ ค่า  $b^*$  จากภาพถ่ายให้ค่าความสอดคล้องในการวัดสีระดับ 0.9 ขึ้นไปทั้งสองกลุ่ม หมายความว่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ทั้งสองชนิดมีความสอดคล้องกันในแต่ละครั้งที่มีการถ่ายภาพในระดับดีมาก ส่งผลให้ภาพถ่ายที่ได้ในแต่ละครั้งในสภาวะแวดล้อมคงเดิมมีค่าสีที่คงที่ จึงยอมรับสมมติฐานข้อ 1 คือ การเทียบสีพื้นมนุษย์จากภาพถ่ายดิจิทัลที่ได้จากกล้องสมาร์ทโฟนทั้งสองระบบ มีความแม่นยำไม่แตกต่างกัน โดยปัจจัยที่สำคัญในการถ่ายภาพเพื่อให้ได้ความแม่นยำในการเทียบสีที่สูง ประกอบด้วย สภาวะแสง อุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่าย และการตั้งค่า การศึกษานี้ใช้แหล่งกำเนิดแสงสำหรับการถ่ายภาพที่ให้แสงที่อุณหภูมิสี 5,500 เคลวิน ร่วมกับ โฟลาริซฟิลเตอร์ ซึ่งอุณหภูมิสีดังกล่าวเหมาะสมกับการเทียบสีพื้น<sup>13</sup> การตั้งค่าการถ่ายภาพที่ระบบอัตโนมัติมีจุดประสงค์เพื่อความง่ายต่อผู้ใช้งานทั่วไป โดยไม่จำเป็นต้องมีประสบการณ์ด้านการถ่ายภาพขั้นสูงมาก่อน ซึ่งการปรับตั้งค่ากล้องถ่ายภาพด้วยสมาร์ทโฟนแม้จะไม่สามารถทำได้เทียบเท่ากล้องดีเอสแอลอาร์ โดยเฉพาะสมาร์ทโฟนแอปเปิล ไอโฟน สิบบที่ไม่สามารถปรับตั้งค่าการถ่ายภาพใดๆ ได้ แต่จากค่าสีจากภาพถ่ายที่ได้มีความแม่นยำในการถ่ายแต่ละครั้งที่สูง ความละเอียดของภาพจากกล้องทั้งสองรุ่นอยู่ที่ 12 ล้านพิกเซล ซึ่งค่าความละเอียดของภาพในการศึกษานี้ใกล้เคียงกับ ข้อเสนอในการศึกษาของ Elter<sup>14</sup> ที่เสนอให้ใช้ภาพถ่ายมากกว่า 13.5 ล้านพิกเซล เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการเทียบสี การใช้โฟลาริซฟิลเตอร์ในการถ่ายภาพเพื่อเทียบสีพื้นพบว่าช่วยลดแสงสะท้อน ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำของภาพถ่ายที่ได้<sup>15</sup> สอดคล้องกับการศึกษาของ Sampaio<sup>12</sup> ที่ศึกษาอุปกรณ์ถ่ายภาพในแต่ละวิธีต่อความถูกต้องในการเทียบสีพื้นพบว่าการใช้โฟลาริซฟิลเตอร์ร่วมกับการถ่ายภาพด้วยกล้อง ดีเอสแอลอาร์พบว่าช่วยเพิ่มความถูกต้องในการเทียบสีพื้นได้ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกที่ใช้โฟลาริซฟิลเตอร์ ร่วมกับสมาร์ทโฟนในการถ่ายภาพ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมาในแง่ประสิทธิภาพการปรับแต่งอุปกรณ์ และระบบซอฟต์แวร์ด้านการถ่ายภาพ

จากการศึกษานี้พบว่าความสัมพันธ์ที่รึ้นระหว่าง ค่า  $L^*$  จากสมาร์ทโฟน และ  $\Delta E^*_{Lab}$  ของสมาร์ทโฟนทั้ง 2 ชนิด มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่ทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าค่าความสว่าง (ค่า  $L^*$ ) มีผลต่อการเทียบสีพื้นอย่างสูง โดยการเพิ่มความสว่างส่งผลให้ความถูกต้องในการเทียบสีลดลง สอดคล้องกับหลายการศึกษาที่ผ่านมาที่ให้ความสำคัญของค่าความสว่างในการเทียบสีพื้นเป็นอันดับแรกไม่ว่าจะใช้สายตาเทียบสีตามระบบสีของ SIKRI<sup>13</sup> หรือการถ่ายภาพ<sup>3</sup> ในขณะที่ค่า  $b^*$  นั้นไม่มีผลต่อ  $\Delta E^*_{Lab}$  ไม่

ว่าจะเป็นการสมารถโฟตอนชนิดใด ถึงแม้ว่าจะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางเดียวกับ สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งอาจจะสามารถกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงในพื้นที่สีเหลืองและน้ำเงินนั้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของภาพถ่ายสีฟันที่ได้จากสมารถโฟตอนทั้ง 2 ชนิด ในขณะที่การการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่สีเขียวและแดง (ค่า  $a^*$ ) นั้นจะมีผลต่อค่าสีของภาพถ่ายสีฟันที่ได้จากสมารถโฟตอนแอปเปิล ไอโฟน สิบมากกว่าสมารถโฟตอนซัมซุง กาแล็คซี่ เอสเก้า พลัส

การศึกษานี้ใช้ระบบสีซีไออี แอลเอบี ที่ใช้ในการเทียบสีฟันมนุษย์ผ่านค่า  $\Delta E^*_{Lab}$  แต่บางการศึกษาเชื่อว่าระบบสีดังกล่าวยังไม่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเทียบสีฟันมนุษย์ โดยเสนอให้ใช้ระบบสีซีไออี ดีอีสองพัน (CIEDE2000) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างสีผ่านค่า  $\Delta E^*_{00}$  นอกจากนี้ ยังมีระบบสีอื่นๆ ที่สามารถใช้เทียบสีได้ เช่นระบบสีซีไออี แอลซีเอช (CIE  $L^*C^*H^*$ ) ซึ่งมีลักษณะแผนภูมิสีเป็นพิกัดทรงกระบอก (cylindrical coordinates) แตกต่างจากซีไออี แอลเอบี ที่เป็นแผนภูมิสีแบบพิกัดฉาก (rectangular coordinates)<sup>16</sup> เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาของ Tam<sup>3</sup> พบว่าค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของสีฟันมีผลต่อความถูกต้องในการเทียบสีฟัน โดยร้อยละความถูกต้องในการเทียบสีฟันจะสูงขึ้นในฟันกลุ่มที่มีความสว่างต่ำ ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นการเฉลี่ยค่าความถูกต้องของสีฟันในกลุ่มความสว่างที่แตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษานี้ในอนาคตควรศึกษาความถูกต้องในการเทียบสีฟันในแต่ละกลุ่มของค่าความสว่างของฟันต่อไป นอกจากนี้การใช้สมารถโฟตอนประสิทธิภาพสูงในการทดสอบในการศึกษานี้ ไม่ได้ยืนยันถึงประสิทธิภาพของสมารถโฟตอนรุ่นอื่นในท้องตลาด เนื่องจากปัจจุบันมีการออกแบบและผลิตสมารถโฟตอน ออกมาหลากหลายรุ่น ซึ่งแต่ละรุ่นมีประสิทธิภาพในการถ่ายภาพที่แตกต่างกัน การใช้สมารถโฟตอนในการถ่ายภาพฟันเพื่อเทียบสีอาจมีผลที่แตกต่างกันขึ้นกับผู้ผลิต และความสามารถในการปรับตั้งค่า

## References

1. Seal M, Talukdar P, Srivastav V, Pendharkar K. Colour matching: A review of conventional and contemporary dental colour matching systems. International Journal of Oral Care and Research. 2014;2(5):47-53.
2. Chen H, Huang J, Dong X, Qian J, He J, Qu X, et al. A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. Quintessence Int. 2012;43(8):649-59.
3. Tam WK, Lee HJ. Dental shade matching using a digital camera. Journal of Dentistry. 2012;40:3-10.
4. Bengel W. Mastering digital dental photography. London: Quintessence; 2006. p. 246.
5. Tam W-K, Lee H-J. Accurate shade image matching by using a smartphone camera. Journal of Prosthodontic Research. 2017;61(2):168-76.
6. Khashayar G, Bain PA, Salari S, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. J Dent. 2014;42(6):637-44.
7. Wozniak WT. Proposed guidelines for the acceptance program for dental shade guides. Chicago: American Dental Association., 1987:1-2.
8. Liang C-H, Cheng Y-A, Hong H-H, Hsieh H-C. Stability and Reproducibility of an Amateur Digital Camera for Dental Photography. Journal of Dental Sciences. 2007;2(3):157-63.
9. Witkowski S, Yajima N-D, Wolkewitz M, Strub JR. Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer. Clinical Oral Investigations. 2012;16(3):945-9.

## การนำมาประยุกต์ใช้ทางคลินิก

ในทางคลินิกการใช้กล้องถ่ายภาพเพื่อเก็บข้อมูล สภาวะแสง เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ต้องควบคุม ร่วมกับการตั้งค่าซอฟต์แวร์ที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ภาพที่มีความถูกต้องของสี มีความแม่นยำสูง สามารถบันทึกรายละเอียดพื้นผิวของฟันได้ การใช้ชุดเทียบสีฟันวางในตำแหน่งข้างเคียงฟัน ขณะถ่ายภาพไปพร้อมกัน ช่วยให้ช่างทันตกรรมสามารถประเมินสีของฟันในภาพนั้นๆได้ เนื่องจากสีบนตัวอย่างเทียบสีฟันจะเป็นจุดอ้างอิงอย่างดี ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Fondriest<sup>17</sup> ที่แนะนำให้ถ่ายภาพชุดเทียบสีฟันไปพร้อมๆ กับฟันธรรมชาติโดยเลือกตัวอย่างเทียบสีฟันหลายๆ สี จะช่วยให้เก็บรายละเอียดของสี และรูปร่างของฟันฟันได้ดีขึ้น ประโยชน์ของการใช้กล้องสมารถโฟตอนในการถ่ายภาพ นอกจากจะให้ภาพถ่ายที่มีความแม่นยำสูง ยังสามารถเก็บข้อมูลได้ทั้งแบบออฟไลน์ และ ออนไลน์ และช่วยอำนวยความสะดวกในการส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็วกับช่างทันตกรรม

## สรุป

ภายใต้ข้อจำกัดและสภาวะแวดล้อมของการศึกษานี้ การเทียบสีฟันจากภาพถ่ายได้จากกล้องสมารถโฟตอนมีความแม่นยำในแต่ละค่าสี  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ความถูกต้องของการเทียบสีฟันของสมารถโฟตอนจากการประเมินผ่านค่า  $\Delta E^*_{Lab}$  ยังมีความแตกต่างกับสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม โดยปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุดต่อการเทียบสีฟัน คือ ค่าความสว่างของภาพ

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันทันตกรรม กรมการแพทย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในการเอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.ตุลย์ ศรีอัมพร และ อาจารย์ทันตแพทย์ไพฑูรย์ โรจนรัตน์ ในการให้คำแนะนำและคำปรึกษาในงานวิจัยฉบับนี้