



NMCCON
2021

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

"สู่วิถีวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ"

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้สมาร์ตโฟนและกล้องดิจิทัลในการวัดค่าสี Study on Possibility in Application of Smartphone and Digital Camera for Color Measurement

เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์¹ ทายวีร์ ปินตา² มาริษา แก้วเพชร²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสมาร์ตโฟนและกล้องดิจิทัลมาใช้วัดค่าสีในสภาพแสงปกติและสภาพควบคุมแสง โดยทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและหาสมการปรับเทียบ เปรียบเทียบกับเครื่องวัดสี HunterLab จากผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ที่ได้จากการใช้กล้องดิจิทัลในสภาพควบคุมแสงนั้นมีค่ามากกว่า 0.94 ในทุกค่าสี (L^* a^* และ b^*) การปรับเทียบทำให้ค่าสีที่วิเคราะห์ได้ในสภาพแสงปกติ มีความแตกต่างจากค่าสีที่วัดด้วยเครื่องมือมาตรฐานน้อยลง ($p \leq 0.05$) แต่สำหรับสภาพควบคุมแสง พบว่า การใช้สมการปรับเทียบไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญในการทำให้ค่าที่ปรับเทียบใกล้เคียงกับการใช้เครื่องมือมาตรฐานมากขึ้น ($p > 0.05$) เมื่อทำการประยุกต์ใช้โดยวัดค่าสีของแผ่นสี pantone ที่มีสีแตกต่างกัน จำนวน 6 สี พบว่า หลังการปรับเทียบ ค่าความแตกต่างของสีโดยรวมมีแนวโน้มลดลง แต่ยังคงอยู่ในระดับที่แตกต่างจากค่าสีที่วัดจากเครื่องมือมาตรฐานอยู่มาก เมื่อนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีสี Hue angle พบว่า ความคลาดเคลื่อนในการวัดจะเพิ่มขึ้นในช่วงสีแดง น้ำเงินและม่วง โดยมีความคลาดเคลื่อนจากค่าสีที่วัดด้วยเครื่องวัดสี HunterLab มากกว่าสีอื่น และพบว่าช่วงสีดังกล่าวมีความแตกต่างของสีโดยรวมสูงและมากกว่า 60 ขึ้นไป

คำสำคัญ: สมาร์ตโฟน, กล้องดิจิทัล, การปรับเทียบ, การวัดค่าสี

Abstract

The objective of this research is to evaluate the possibility in application of smartphone and digital camera for color measurement in ambient and controlled light environments. The relationship of color values obtained from these devices and HunterLab Colorimeter were evaluated by using linear regression. The calibration equation and regression coefficients (R^2) were determined. The results revealed that the R^2 from all color values (L^* a^* and b^*) measured by digital camera with controlled light were higher than 0.94. After calibration, the color measurement in ambient light gave lower total color difference (TCD) values ($p \leq 0.05$) while controlled light environment gave no significant difference in TCD ($p > 0.05$). To apply the color measurement with smartphone and digital camera, six pantones with different colors were used. After calibration, TCD tended to decrease but the values were high when compared to HunterLab Colorimeter. Hue

¹ อาจารย์ หลักสูตรการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
อีเมลล์ muanmai_api@utcc.ac.th

² นักศึกษา หลักสูตรการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย



angle; the color index; was also calculated and it was found that Hue angle of samples influenced on the increase of measurement error. The error from measurement using smartphone and digital camera compared with HunterLab Colorimeter tended to be higher in the area of red, blue and purple which TCD values were higher than 60.

Keywords: smartphone, digital camera, calibration, color measurement

ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

สีเป็นสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์อาหาร สีของผลิตภัณฑ์ถูกใช้ในการควบคุมคุณภาพอย่างแพร่หลายและพบว่ามีความสัมพันธ์กับดัชนีชี้วัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านสมบัติทางกายภาพเคมีและประสาทสัมผัสต่าง ๆ (Mendoza et al., 2006) สำหรับผู้บริโภคนั้น สีของอาหารเป็นสิ่งแรกที่ผู้บริโภคใช้เป็นปัจจัยชี้วัดคุณภาพในการตัดสินใจยอมรับและเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารก่อนที่จะนำไปบริโภค (León et al., 2006)

การรับรู้เรื่องสีของมนุษย์แต่ละคนนั้นมีความแตกต่างกัน ดังนั้นการใช้การควบคุมคุณภาพอาหารด้วยการใช้การตรวจพินิจด้วยสายตามนุษย์ที่ขาดประสบการณ์จึงมักไม่แม่นยำและน่าเชื่อถือ การใช้เครื่องมือในการวัดสีจึงมีความสำคัญในการกำจัดข้อขัดแย้งระหว่างผู้จัดท้าวัตถุดิบ ผู้ผลิต และผู้บริโภค (Pathare, Opara, and Al-Said, 2013) ปัจจุบันเทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพสีอาหารมีความพัฒนาก้าวหน้า ส่งผลให้การควบคุมคุณภาพสีของอาหารทำได้สะดวกและง่ายขึ้น เครื่องมือที่นิยมใช้ในการควบคุมคุณภาพสี ได้แก่ Minolta chroma meter, Hunterlab colorimeter และ Dr. Lange colorimeters ซึ่งการใช้เครื่องมือวัดแบบมาตรฐานมีข้อดี คือ มีความเที่ยงตรงและแม่นยำ (León et al., 2006) แต่อย่างไรก็ตามเครื่องมือมักมีราคาแพง สำหรับธุรกิจขนาดเล็ก การใช้ทางเลือกอื่นในการวัดและควบคุมคุณภาพด้านสีโดยใช้เครื่องมือที่มีราคาต่ำลง เริ่มมีความเป็นไปได้ เนื่องจากความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับกล้องดิจิทัลและราคาที่ถูกลงอย่างมาก นอกจากนี้อุปกรณ์ประเภทโทรศัพท์มือถือ หรือสมาร์ทโฟนในปัจจุบันยังมีกล้องดิจิทัลติดมากับเครื่องในลักษณะ built-in ซึ่งกล้องเหล่านี้มีประสิทธิภาพและความสามารถในการประมวลผลที่รวดเร็วแม่นยำมากขึ้น รวมทั้งมีแอปพลิเคชันที่สามารถใช้งานได้มากมาย (Miettinen et al., 2013)

Lv et al. (2009) รายงานการใช้การวัดค่าสีของข้าวกล้องหนึ่งแบบเมล็ดและผง ด้วยกล้องดิจิทัล คอมพิวเตอร์ และโปรแกรมกราฟิก พบว่า การวัดค่าสีของข้าวกล้องหนึ่งแบบผงด้วยเครื่องมือดังกล่าวมีความแม่นยำน้อยกว่าการใช้เครื่องมือมาตรฐาน ดังนั้นการวัดด้วยกล้องดิจิทัลจึงควรระมัดระวังในการแปลผลจากค่าสีที่วัดได้ Zhang et al. (2014) รายงานผลการใช้ภาพถ่ายดิจิทัลในการวัดค่าสีเพื่อการเปลี่ยนแปลงของเกรดของเนื้อหมูแช่เย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่ $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ พบว่าการใช้ image analysis ในการคัดเกรดเนื้อหมูแช่เย็นนั้นมีความเป็นไปได้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในการวัดคุณภาพแบบ off-line เพื่อวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยของเนื้อหมูแช่เย็นและเนื้อสัตว์ประเภทอื่นได้ Lazaro et al. (2019) รายงานการใช้สมาร์ทโฟนร่วมกับ Battery-less Near Field Communication (NFC) tag ในการจำแนกระดับความสุกของผลไม้ โดยแปลงค่าสีจากระบบ RGB ไปเป็น HSV color space จากนั้นวิเคราะห์เป็นค่า hue angle และ saturation และนำมาใช้ในการจำแนกระดับความสุกได้

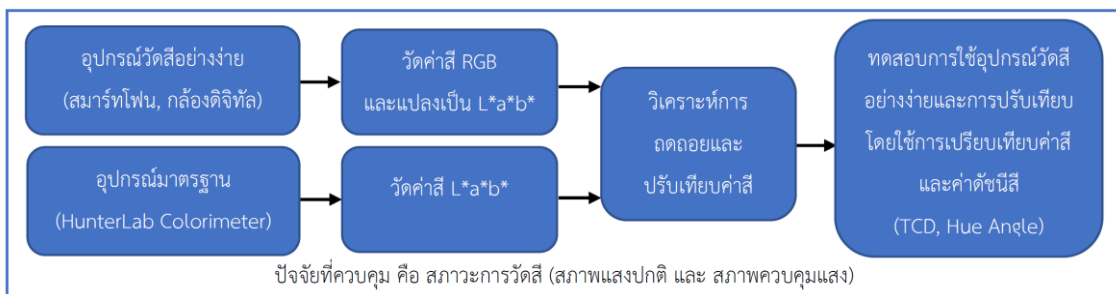
Chang (2012) นำเสนอการวัดค่าสีด้วยสมาร์ทโฟนที่มีกล้องในตัวในการวิเคราะห์ค่าสี โดยการถ่ายภาพด้วย CCD camera และวิเคราะห์ในรูปค่า Hue เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีและความเข้มข้น โดยการทดสอบด้วยการวัดค่าสีของกระดาษวัด pH ด้วยสมาร์ทโฟน พบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำสมาร์ทโฟนมาใช้ในการวิเคราะห์ค่าสี

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อนำสมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัล มาศึกษาความเป็นไปได้ในการวัดค่าสีของแผ่นสีมาตรฐาน (pantone) ในสภาพแสงปกติและสภาพควบคุมแสง โดยวัดและแปลงเป็นค่าสีในระบบ CIE L*a*b* วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและหาสมการปรับเทียบ โดยเปรียบเทียบกับค่าสีที่วัดจากเครื่องวัดสีมาตรฐาน HunterLab Colorimeter
2. เพื่อประยุกต์ใช้สมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัล โดยวัดและวิเคราะห์ความแตกต่างของสีโดยรวม (Total Color Difference, TCD) และค่า Hue angle ของแผ่นสีมาตรฐาน (pantone) ที่วัดจากสมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัลในสภาพแสงปกติและสภาพควบคุมแสง วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับค่าสีที่วัดจากเครื่องวัดสีมาตรฐาน HunterLab Colorimeter

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้ ใช้กรอบแนวคิดในการวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 1

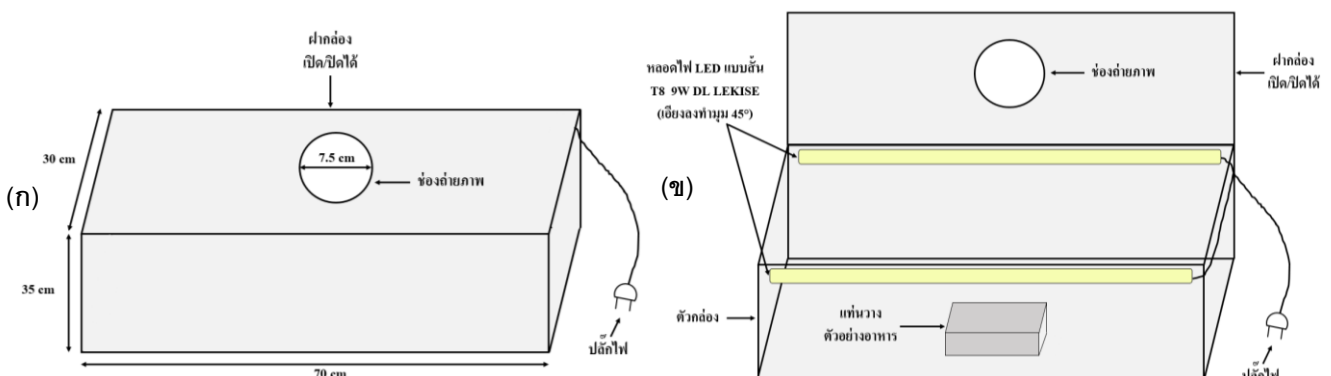


รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สภาวะในการทดลอง

ทำการวัดค่าสีด้วยสมาร์ทโฟน (Huawei รุ่น P8) และกล้องดิจิทัล (DSLR Canon รุ่น kiss X3 (EOS)) โดยใช้ในการวัดในสภาพแวดล้อม 2 แบบ คือ สภาพแสงปกติและสภาพควบคุมแสง เปรียบเทียบกับการวัดด้วยเครื่องมือมาตรฐานคือ เครื่องวัดสี HunterLab Colorimeter รุ่น MiniScan EZ โดยการกำหนดสภาวะมีรายละเอียด ดังนี้

- 1) สภาพแสงปกติ ทำการวัดในห้องปฏิบัติการ โดยให้วัตถุในการถ่ายภาพเอียงทำมุม 45 องศา กับหลอดไฟนีออนบริเวณเพดาน ความเข้มแสง 405 ลักซ์
- 2) สภาพควบคุมแสง ทำโดยใช้กล่องควบคุมแสง ที่มีขนาดดังแสดงในรูปที่ 2 แหล่งกำเนิดแสงใช้หลอดไฟ LED (แบบสั้น T8 9W DL LEKISE) ความเข้มแสง 3,400 ลักซ์



รูปที่ 2 แบบจำลองกล่องถ่ายภาพควบคุมแสง

(ก) ขนาดภายนอกกล่องควบคุมแสง (ข) การจัดวางหลอดไฟและตำแหน่งพื้นวางตัวอย่างภายในกล่องควบคุมแสง



ในการถ่ายภาพใช้การจัดวางสมาร์ทโฟนทั้งในสภาพแสงปกติและสภาพควบคุมแสง ห่างจากวัตถุที่ถ่าย 12 เซนติเมตร และจัดวางกล้องดิจิทัลทั้งในสภาพแสงปกติและสภาพควบคุมแสง ห่างจากวัตถุที่ถ่าย 22 เซนติเมตร การตั้งค่าการถ่ายภาพของสมาร์ทโฟน ใช้การโฟกัสโดยแตะสัมผัสที่จุดโฟกัสโดยไม่ใช้แฟลช ส่วนกล้องดิจิทัล ตั้งค่าการถ่ายภาพด้วยความไวแสง ISO200 ค่ารูรับแสง F = 5.6 การชดเชยแสง = 0 โหมดคำนวณปริมาณแสงที่ใช้ Av โฟกัสแบบ MF โดยไม่ใช้แฟลช

การวัดค่าสีของแผ่นสีมาตรฐาน (pantone) จำนวน 100 สี

1. ใช้เครื่องวัดสี HunterLab Colorimeter รุ่น MiniScan EZ วัดค่าสีโดยทำ 3 ซ้ำ บันทึกค่าสี $L^*a^*b^*$
2. ใช้สมาร์ทโฟน Huawei รุ่น P8 ด้วยกล้องหลังซึ่งมีความละเอียด 13 ล้าน pixels ใช้แอปพลิเคชัน RGB Color picker วัดค่าสีโดยทำ 3 ซ้ำ บันทึกค่า RGB จากนั้นนำค่ามาคำนวณเป็นค่าสี L^* , a^* และ b^* (Boronkay, n.d)
3. ใช้กล้องดิจิทัล DSLR Canon รุ่น kiss X3 (EOS) ถ่ายภาพแผ่นสีมาตรฐาน (pantone) จำนวน 100 สี เป็นไฟล์ JPEG ขนาด 4752 X 3168 pixels ทำ 3 ซ้ำ จากนั้นนำภาพถ่ายที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าสีด้วยโปรแกรม ImageJ บันทึกค่า RGB จากนั้นนำค่ามาคำนวณเป็นค่าสี L^* , a^* และ b^*

การวิเคราะห์การถดถอยและเปรียบเทียบค่าสี

นำค่าสี L^* , a^* และ b^* ที่วัดได้จากเครื่องวัดสี HunterLab Colorimeter รุ่น MiniScan EZ สมาร์ทโฟน และกล้องดิจิทัลมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์การถดถอย จากนั้นหาสมการที่ใช้ในการเปรียบเทียบ และ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

การประยุกต์ใช้สมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัลในการวัดค่าสี

สุ่ม pantone มาทดสอบการวัดค่าสีด้วยสมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัลในสภาพแสงปกติและควบคุมแสง จากนั้นใช้การเปรียบเทียบค่าสีด้วยสมการเปรียบเทียบ เมื่อได้ค่าสีที่เปรียบเทียบแล้ว นำมาคำนวณค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total Color Difference, TCD) เปรียบเทียบกับค่าจากเครื่องวัดสีมาตรฐาน HunterLab Colorimeter และวิเคราะห์ดัชนีสี Hue angle

การวิเคราะห์ความแตกต่างของสีโดยรวม (Total Color Difference, TCD)

นำค่าสีที่วัดได้จากสมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัลในสภาพแสงปกติและสภาพควบคุมแสง มาวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าสีเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีที่วัดได้จากเครื่องวัดสีมาตรฐาน HunterLab Colorimeter โดยคำนวณเป็นค่า TCD ด้วยสมการ ดังนี้

$$TCD = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad \text{_____ (1)}$$

โดย L_1^* , a_1^* และ b_1^* คือ ค่าสีของตัวอย่างที่วัดจาก HunterLab Colorimeter

L_2^* , a_2^* และ b_2^* คือ ค่าสีของตัวอย่างที่วัดจากสมาร์ทโฟนหรือกล้องดิจิทัล

การวิเคราะห์ดัชนีสี Hue angle

นำค่าสีที่วัดได้จากสมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัลในสภาพแสงปกติและสภาพควบคุมแสง มาวิเคราะห์ดัชนีสี Hue angle เปรียบเทียบกับเครื่องวัดสีมาตรฐาน HunterLab Colorimeter การคำนวณค่า Hue angle ใช้สมการ ดังนี้

$$\text{Hue angle (degree)} = \arctan (b^*/a^*) \quad \text{_____ (2)}$$



การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

นำค่า TCD ที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างสมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัลในสภาพแสงปกติและสภาพควบคุมแสง กับค่ามาตรฐานจาก HunterLab Colorimeter มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance - ANOVA) แบบ One way ANOVA และวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple's Range test (DMRT) ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p \text{ value} \leq 0.05$

สรุปผลการวิจัย

การวัดค่าสีแผ่นสีมาตรฐาน (pantone) จำนวน 100 สี

จากผลการวัดค่าสีของแผ่นสีมาตรฐาน (pantone) จำนวน 100 สี ด้วยสมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัล เปรียบเทียบกับเครื่องวัดสี HunterLab Colorimeter ในสภาพแสงปกติและควบคุมแสง เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น และทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) และสมการในการปรับเทียบ ดังค่าแสดงในตารางที่ 1 พบว่า โดยภาพรวม ค่า R^2 ที่ได้จากการใช้กล้องดิจิทัลในสภาพควบคุมแสงนั้นให้ค่าที่สูงกว่า 0.94 สำหรับค่าสีทุกค่าทั้ง L^* , a^* และ b^* เมื่อพิจารณาเฉพาะการวัดค่า L^* หรือค่าความสว่าง พบว่า การใช้สมาร์ทโฟนในสภาพแสงปกติให้ค่า R^2 สูงที่สุด เท่ากับ ในการวัดค่า a^* หรือค่าสีแดง กล้องดิจิทัลในสภาพควบคุมแสงนั้นให้ค่าที่สูง และสำหรับการวัดค่า b^* หรือค่าสีเหลือง กล้องดิจิทัลที่ถ่ายจากทั้งสองสภาวะให้ค่าสูงใกล้เคียงกันประมาณ 0.96 ดังแสดงในตารางที่ 1

เมื่อนำค่าสีที่วัดได้จากสมาร์ทโฟน และกล้องดิจิทัลมาหาค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total Color Difference, TCD) โดยเปรียบเทียบกับเครื่องวัดสี HunterLab Colorimeter พร้อมทำการปรับเทียบค่าสีด้วยสมการจากตารางที่ 1 ผลการคำนวณ TCD ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า การปรับเทียบทำให้ค่าสีที่วิเคราะห์ได้ในสภาพแสงปกติ มีความแตกต่างจากค่าสีมาตรฐานที่วัดด้วย HunterLab Colorimeter น้อยลง ($p \leq 0.05$) แต่สำหรับสภาพควบคุมแสง พบว่า การใช้สมการปรับเทียบไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญในการทำให้ค่าที่ปรับเทียบใกล้เคียงกับการใช้เครื่องมือมาตรฐานมากขึ้น ($p > 0.05$)

การประยุกต์ใช้สมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัลในการวัดค่าสี

เมื่อทำการสุ่มแผ่นสีมาตรฐาน (pantone) จำนวน 6 สี ได้แก่ หมายเลข 1797, 15-1439, 7548, 15-0543, 18-5621 และ 5405 (รูปที่ 3) มาวัดค่าสีด้วยสมาร์ทโฟนและ กล้องดิจิทัล เทียบกับ HunterLab Colorimeter จากนั้นทำการปรับเทียบด้วยสมการจากตารางที่ 1 คำนวณค่า TCD และดัชนีค่าสีในรูปของค่า Hue angle จากผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า หลังการปรับเทียบ ค่า TCD มีแนวโน้มลดลง แต่ยังคงอยู่ในระดับที่แตกต่างจากค่าสีที่วัดจากเครื่องมือมาตรฐานอยู่มาก เมื่อนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีสี Hue angle ดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 4 พบว่า สีในช่วงสีแดง น้ำเงิน และม่วงนั้น มีความแตกต่างจากค่าสีที่วัดโดย HunterLab Colorimeter ค่อนข้างมาก และมีค่า TCD มากกว่า 60 ขึ้นไป โดยค่า Hue angle ดังกล่าวอยู่ในช่วง 150 องศาขึ้นไป และ 25 องศาลงมา ทั้งนี้ สอดคล้องกับผลของค่า R^2 จากการวิเคราะห์การถดถอยในค่าสีแดง หรือ a^* ที่มีค่า R^2 ต่ำ ในขณะที่ค่าสีเหลือง หรือ b^* มีค่า R^2 ที่สูงกว่า (ตารางที่ 1) แสดงว่าโทนสีของตัวอย่างที่ใช้วัดค่าสีนั้นมีผลกับความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าสีด้วยโดยช่วงสีแดง น้ำเงิน และม่วง มีแนวโน้มทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดมากกว่าสีอื่น

ตารางที่ 1 สมการเปรียบเทียบ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) จากการวัดค่าสีแผ่นสีมาตรฐาน (pantone) จำนวน 100 สี

เครื่องมือวัด		สมการเปรียบเทียบ และ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)		
		L*	a*	b*
สมาร์ทโฟน vs HunterLab	สภาพแสงปกติ	$y = 0.9276x + 11.892$ $R^2=0.9608$	$y = 0.7725x + 0.512$ $R^2=0.8503$	$y = 0.7731x + 3.5555$ $R^2=0.9430$
	สภาพควบคุมแสง	$y = 1.1412x - 17.5352$ $R^2=0.3678$	$y = 0.6273x + 4.8438$ $R^2=0.7628$	$y = 0.6971x + 1.4017$ $R^2=0.8702$
กล้องดิจิทัล vs HunterLab	สภาพแสงปกติ	$y = 1.5747x - 46.034$ $R^2=0.9171$	$y = 0.9808x + 1.8902$ $R^2=0.8904$	$y = 0.9289x + 2.9342$ $R^2=0.9680$
	สภาพควบคุมแสง	$y = 1.4788x - 25.988$ $R^2=0.9433$	$y = 0.8347x + 1.5376$ $R^2=0.9264$	$y = 0.8723x + 0.1276$ $R^2=0.9659$

ตารางที่ 2 ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total Color Difference, TCD) ของการวัดค่าสีแผ่นสีมาตรฐาน (pantone) จำนวน 100 สี โดยให้ค่าสีจาก HunterLab Colorimeter เป็นค่ามาตรฐาน

เครื่องมือวัด ที่ใช้เทียบกับเครื่องวัดสี HunterLab		ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม*	
		ก่อนเปรียบเทียบ	หลังเปรียบเทียบ
สมาร์ทโฟน	สภาพแสงปกติ	14.39±6.78 ^b	8.59±6.17 ^b
	สภาพควบคุมแสง	27.82±13.23 ^c	15.09±8.55 ^c
กล้องดิจิทัล	สภาพแสงปกติ	12.28±5.50 ^a	8.74±4.28 ^b
	สภาพควบคุมแสง	11.44±3.90 ^a	7.35±4.10 ^a

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b, c, ... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 3 แผ่นสีมาตรฐาน (pantone) หมายเลข 1797, 15-1439, 7548, 15-0543, 18-5621 และ 5405 ตามลำดับจากซ้ายไปขวา

อภิปรายผล

ในงานวิจัยนี้ นำสมาร์ทโฟนมาใช้ในการวิเคราะห์ค่าสี RGB โดยใช้แอปพลิเคชัน RGB Color picker ส่วนการใช้กล้องดิจิทัล ใช้การถ่ายภาพและเลือกใช้ไฟล์ JPEG เพื่อความสะดวกในการประยุกต์ใช้และนำไปวิเคราะห์เป็นค่าสี RGB จากนั้นแปลงเป็นค่าสี CIE $L^*a^*b^*$ ทั้งนี้จากรายงานของ Mutlu et al. (2017) พบว่าการใช้ไฟล์รูปภาพแบบ JPEG และ RAW ในการวิเคราะห์ให้ผลใกล้เคียงกัน และ Solmaz et al. (2018) ใช้ไฟล์ภาพ JPEG ในการวิเคราะห์ค่าสี RGB จากนั้นแปลงค่าเป็น $L^*a^*b^*$ อย่างไรก็ตามการใช้ไฟล์แบบ RAW ให้ผลดีกว่า เนื่องจากมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับค่าสี การแปลงไฟล์ RAW เป็นไฟล์ JPEG จะผ่านกระบวนการบีบอัดระหว่างการแปลงส่งผลให้ได้ non-linear RGB color space (Vora et al., n.d.)

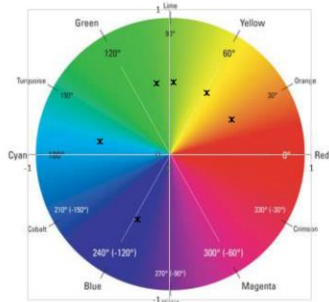


ตารางที่ 3 ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total Color Difference, TCD) และ ค่า Hue angle ก่อนและหลังปรับเทียบ ในการส่มวัดจากแผ่นสีมาตรฐาน (pantone) จำนวน 6 สี ด้วยสมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัลเปรียบเทียบกับเครื่องวัดสีมาตรฐาน HunterLab Colorimeter

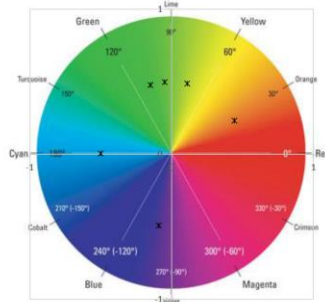
เครื่องมือวัด ที่ใช้เทียบกับ เครื่องวัดสี HunterLab Colorimeter		Pantone No.	TCD* ก่อนปรับเทียบ	TCD* หลังปรับเทียบ	Hue angle* ก่อนปรับเทียบ	Hue angle* หลังปรับเทียบ
สมาร์ทโฟน	สภาพแสง ปกติ	1797	75.73±0.26	63.51±0.21	35.38±0.47	37.79±0.43
		15-1439	57.17±2.30	53.75±2.82	61.59±5.05	64.67±4.17
		7548	11.93±0.52	13.72±0.53	95.42±0.28	94.63±0.27
		15-0543	29.60±0.26	28.48±0.18	107.85±0.06	106.10±0.05
		18-5621	86.69±1.33	77.60±1.71	176.61±2.16	166.26±1.69
	5405	108.73±0.52	95.95±0.39	275.77±0.23	278.82±0.14	
	สภาพ ควบคุมแสง	1797	74.29±0.54	64.90±0.63	38.64±0.72	39.72±0.67
		15-1439	38.72±1.19	47.98±1.06	88.76±3.08	77.45±2.93
		7548	16.32±0.05	19.63±2.19	97.66±0.27	91.69±0.12
		15-0543	31.13±0.95	25.82±2.54	109.67±0.36	102.49±0.31
18-5621		79.00±9.40	71.12±4.66	172.90±9.31	174.24±0.06	
5405	81.86±9.30	77.98±7.50	210.33±26.22	245.89±0.73		
กล้องดิจิทัล	สภาพแสง ปกติ	1797	72.46±0.15	78.69±0.27	27.78±0.17	27.99±0.15
		15-1439	56.73±0.21	56.51±0.52	77.36±0.46	72.81±0.39
		7548	10.73±0.17	8.98±0.17	95.41±0.15	93.89±0.15
		15-0543	25.78±0.11	24.72±0.09	107.44±0.09	105.66±0.08
		18-5621	77.47±0.02	77.23±0.41	179.31±0.61	171.55±0.62
	5405	85.61±0.69	86.27±0.65	259.18±0.51	267.37±0.72	
	สภาพ ควบคุมแสง	1797	75.37±0.02	70.68±0.10	33.05±0.03	33.60±0.03
		15-1439	57.08±0.27	59.53±0.35	69.91±0.11	66.51±0.12
		7548	10.60±0.40	10.94±0.20	93.89±0.28	92.32±0.27
		15-0543	28.16±0.57	26.35±0.52	106.58±0.65	104.31±0.62
18-5621		76.36±0.05	75.15±0.04	164.94±0.17	163.00±0.19	
5405	87.46±0.75	87.31±0.78	251.36±2.77	261.11±2.44		

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

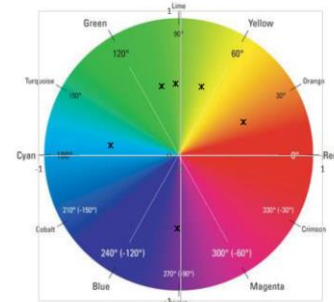
4A



(ก) HunterLab Colorimeter

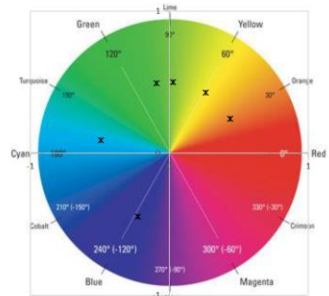


(ข) ก่อนปรับเทียบ

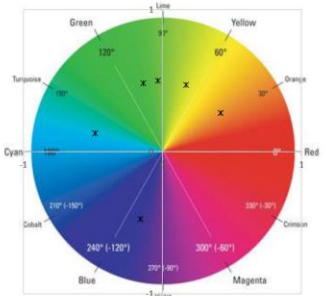


(ค) หลังปรับเทียบ

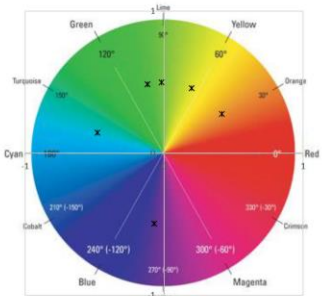
4B



(ก) HunterLab Colorimeter

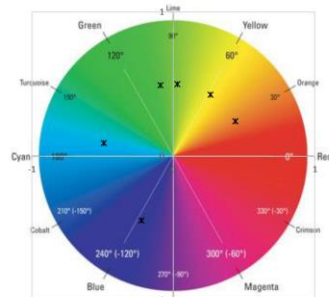


(ข) ก่อนปรับเทียบ

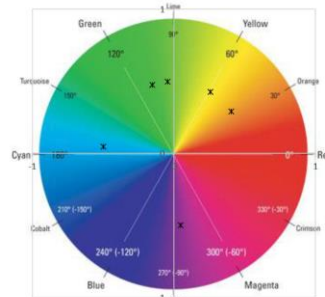


(ค) หลังปรับเทียบ

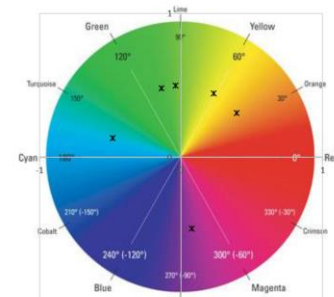
4C



(ก) HunterLab Colorimeter

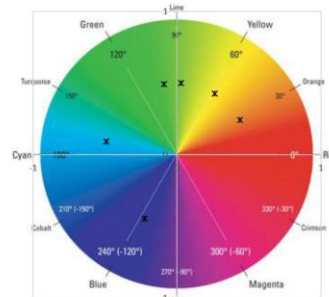


(ข) ก่อนปรับเทียบ

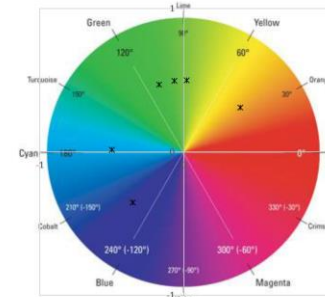


(ค) หลังปรับเทียบ

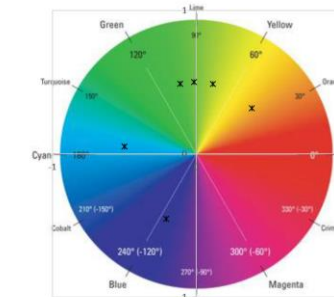
4D



(ก) HunterLab Colorimeter



(ข) ก่อนปรับเทียบ



(ค) หลังปรับเทียบ

รูปที่ 4 ค่า Hue angle (องศา, x) ของแผ่นสีมาตรฐาน (pantone)

หมายเลข 1797, 15-1439, 7548, 15-0543, 18-5621 และ 5405

เรียงลำดับทวนเข็มนาฬิกาจาก 0 องศา วัดโดยใช้ สภาพแสงปกติด้วยสมาร์ทโฟน (4A)

สภาพควบคุมแสงด้วยสมาร์ทโฟน (4B) สภาพแสงปกติด้วยกล้องดิจิทัล (4C) และ สภาพควบคุมแสงด้วยกล้องดิจิทัล (4D)

ที่มาของรูป color wheel: <https://sapui5.hana.ondemand.com/test-resources/sap/ui/vbm/img/colorWheel.jpeg>



จากผลการทดลองจึงมีความเป็นไปได้ในการนำกล้องดิจิทัลและสมาร์ทโฟนมาใช้ในการวัดค่าสี โดยการใช้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพแสงปกติ และกล้องดิจิทัลควรถ่ายภาพในสภาพควบคุมแสง และในการวัดหากใช้สมการเปรียบเทียบ จะทำให้ค่าสีที่วิเคราะห์ได้มีแนวโน้มใกล้เคียงกับค่าที่วัดด้วยเครื่องวัดสี HunterLab Colorimeter มากขึ้น ในการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ศศิภา เต็กอวยพร (2554) ที่ได้พัฒนาระบบการวิเคราะห์เชิงภาพถ่ายเพื่อตรวจติดตามคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ รายงานว่า เมื่อนำค่าสีที่วัดจาก Pantone ด้วยเครื่องวัดสี HunterLab Colorimeter และกล้องดิจิทัล Nikon รุ่น COOLPIX 6000 ในสภาพควบคุมแสง มาทำการเปรียบเทียบ และหาค่า R^2 ของค่าสี L^* a^* และ b^* พบว่าการเปรียบเทียบระหว่าง กล้องดิจิทัลกับเครื่องวัดสี HunterLab มีค่า R^2 ของค่าสี L^* และ b^* มากกว่า 0.92 ส่วน a^* มีค่า 0.60 Mendoza et al. (2006) รายงานผลการสอบเทียบค่าสีที่วัดจากแผ่นสีมาตรฐาน (pantone) ด้วยเครื่องวัดสี HunterLab Colorimeter และ computer vision system (CVS) พบว่า ค่า R^2 ที่ได้มีค่ามากกว่า 0.97

จากผลการทดลองการใช้ค่าดัชนีสี Hue angle แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการนำสมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัลมาใช้ในการวัดค่าสีและคำนวณดัชนีค่าสีในรูปแบบของค่า Hue angle เช่นเดียวกับรายงานของ Chang (2012) ในการใช้สมาร์ทโฟนเพื่อวัดค่า pH จากกระดาษวัด pH โดยการวิเคราะห์ค่าสีใช้การคำนวณเป็นค่า H (ระบบ HSV color space) พบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำสมาร์ทโฟนมาใช้ในการวิเคราะห์ค่าสี ซึ่งอาจนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีได้ ทั้งนี้ค่า H แสดงค่าสีหลักหรือสีจากการผสมของสีหลัก โดยค่า H วิเคราะห์ได้จากค่าสี RGB pixels ซึ่งสัมพันธ์กับสีบนกระดาษวัด pH

Nelis et al. (2020) รายงานว่าการใช้ Smartphone based devices (SBDs) นั้นมีศักยภาพที่จะสามารถนำไปใช้ถ่ายทอดให้กับผู้บริโภคได้ในอนาคตด้วย โดยผู้บริโภคสามารถนำมาใช้งานที่บ้านเพื่อตรวจสอบความปลอดภัยหรือคุณภาพอาหารเบื้องต้นได้ง่ายและรวดเร็วโดยการวัดค่าสี อย่างไรก็ตามการวัดค่าสีมีปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อค่าที่วัดหรือวิเคราะห์ได้ เช่น อุปกรณ์ที่ใช้วัด ระบบการวัดค่าสี โปรแกรมซอฟต์แวร์หรือแอปพลิเคชัน สภาพแวดล้อมขณะวัด แสงต้นกำเนิด การเตรียมตัวอย่าง เป็นต้น (Kiliç, 2018) ดังนั้นในการนำอุปกรณ์ประเภทสมาร์ทโฟนหรือกล้องดิจิทัลมาประยุกต์ใช้เพื่อวัดสีอาหารหรือในการวัดประเภทอื่น ๆ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาและวิเคราะห์ความถูกต้องแม่นยำก่อนนำมาใช้งานจริง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

- (1) การใช้สมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัลทั้งในยี่ห้อและรุ่นเดียวกันหรือต่างกัน ต้องมีการทดสอบและเปรียบเทียบก่อนนำไปใช้จริง เนื่องจากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลวิเคราะห์และต้องควบคุมสภาวะในการวัด
- (2) การใช้ในธุรกิจขนาดเล็ก เพื่อควบคุมคุณภาพการผลิตภายในองค์กรเอง อาจไม่จำเป็นต้องทำการเปรียบเทียบด้วยแผ่นสีมาตรฐาน หรือ pantone แต่สามารถใช้สีมาตรฐานของอาหารที่ต้องการควบคุมคุณภาพมาสร้างสมการเปรียบเทียบแทน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- (1) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี ควรมีการวิจัยในอุปกรณ์เคลื่อนที่และโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ มากขึ้น เพื่อให้การประยุกต์ใช้สามารถทำได้หลากหลายมากขึ้น
- (2) ควรทำการวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้อุปกรณ์เคลื่อนที่ในการวัดและควบคุมคุณภาพสีในผลิตภัณฑ์อาหาร



**NMCCON
2021**

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา

ครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ.2564

“สู่ชีวิตวิถีใหม่ ด้วยงานวิจัยทางสุขภาพและการบริการ”

27 มีนาคม พ.ศ. 2564

เอกสารอ้างอิง

- ศศิภา เต็กอวยพร. 2554. การพัฒนาระบบวิเคราะห์เชิงภาพถ่ายเพื่อตรวจติดตามคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- Boronkay, G. (n.d.). **Color Conversion Centre 4.0c**. Retrieved from <http://ccc.orgfree.com/>
- Chang, B-Y. (2012). **Smartphone-based Chemistry Instrumentation: Digitization of Colorimetric Measurements**. *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 33 (2), 549-552.
- Kılıç, V., Horzum, N., & Solmaz, M.E. (2018). From Sophisticated Analysis to Colorimetric Determination: Smartphone Spectrometers and Colorimetry. In L-W. Zeng & S-L. Cao (Eds.), **Color Detection**. DOI: 10.5772/intechopen.82227
- Lazaro, A., Boada, M., Villarino, R., & Girbau, D. (2019). Color Measurement and Analysis of Fruit with a Battery-Less NFC Sensor. *Sensor*, 19, 1-21.
- León, K. Mery, D. Pedreschi, F., & León, J. (2006). Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39, 1084-1091.
- Lv, B. Li, B., Chen, S., Chen, J., & Zhu, B. (2009). Comparison of color techniques to measure the color of parboiled rice. *Journal of Cereal Science*, 50, 262-265.
- Mendoza, F., Dejmek, P., & Aguilera, J.M. (2006). Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 285-295.
- Miettinen, J., Martinkauppi, B., & Suopajarvi, P. (2013). 3DS-colorimeter based on a mobile phone camera for industrial applications. *Proceedings of SPIE - Sensors, Cameras, and Systems for Industrial and Scientific Applications XIV*, 86590M (19 February 2013); <https://doi.org/10.1117/12.2004036>
- Mutlu, A.Y., Kılıç, V., Özdemir, G.K., Bayram, A., Horzum, N., & Solmaz, M.E. (2017). Smartphone-based colorimetric detection via machine learning. *Analyt*, 142(13), 2434-2441.
- Nelis, J.L.D., Tsagkaris, A.S., Dillon, M.J., Hajslova, J., & Elliott, C.T. (2020). Smartphone-based optical assays in the food safety field. *Trends in Analytical Chemistry*, 129, 1-12.
- Pathare, P.B., Opara, U.L., & Al-Said, F.A. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technology*, 6 (1), 36-60.
- Solmaz, M.E., Mutlu, A.Y., Alankus, G., Kılıç, V., Bayram, A., & Horzum, N. (2018). Quantifying colorimetric tests using a smartphone app based on machine learning classifiers. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 255, 1967-1973.
- Vora, P.L., Farrell, J.E., Tietzm J.D., & Brainard, D.H. (n.d.). Digital Color Cameras-1- Response Models. Hewlett-Packard Company, Technical Report. Retrieved from <https://www.hpl.hp.com/tech-reports/97/HPL-97-53.pdf>
- Zhang, Y., Wang, W., Zhang, H., & Zhang, J. (2014). Meat Sensory Color Grade: Mathematical Simulation and Its Application in Quality Analysis of Chilled Pork. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38, 1957-1964. doi:10.1111/jfpp.12171