

การประยุกต์ใช้การวัดค่าสีมะเขือเทศด้วยสมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัล

Application of Tomato Color Measurement with Smartphone and Digital Camera

เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์¹ วิชชุดา สังข์แก้ว¹ และ เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์¹
Apintanapong, M.¹, Sangkaeo, W.¹ and leowsakulrat, S.¹

Abstract

The objective of this research is to evaluate the possibility of the application of smartphone and digital camera for color measurement of tomato with different maturity stages under ambient and controlled light environments. Relationship of color values obtained from these devices and HunterLab colorimeter were evaluated by using linear regression and calibration equations. Results revealed that the regression coefficients (R^2) obtained from color measurement (L^* , a^* , b^*) with a digital camera under controlled light was higher than other devices. It was also found that smartphone and digital camera could be applied to differentiate the maturity stages of tomato by a^* and color index values. After calibration, in color measurement of tomato with three different maturity stages under controlled light, the color index obtained from digital camera was not different with HunterLab colorimeter in all maturity stages ($P>0.05$).

Keywords: Color measurement, Tomato, Smartphone, Digital camera

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัลมาใช้วัดค่าสีมะเขือเทศที่มีระดับความสุกแตกต่างกันในสภาพแสงปกติและควบคุมแสง โดยทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและหาสมการเปรียบเทียบเปรียบเทียบกับเครื่องวัดสีมาตรฐาน (HunterLab colorimeter) จากผลการทดลอง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ของการวัดค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วยกล้องดิจิทัลในสภาพควบคุมแสงมีค่าสูงกว่าอุปกรณ์อื่น เมื่อทำการวัดค่าสีมะเขือเทศที่มีระดับความสุกต่างกัน 3 ระดับ พบว่า อุปกรณ์ทุกชนิดสามารถแยกความแตกต่างของระดับความสุกของมะเขือเทศจากค่าสี a^* และดัชนีสีได้ โดยทำได้ใกล้เคียงเครื่องวัดสีมาตรฐานมากขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบแล้ว และการแยกความแตกต่างของระดับความสุกด้วยกล้องดิจิทัลในสภาพควบคุมแสงมีความใกล้เคียงกับเครื่องวัดสีมาตรฐานมากที่สุด โดยค่าดัชนีสีในมะเขือเทศทุกระดับความสุกที่วัดด้วยเครื่องวัดสีมาตรฐานและกล้องดิจิทัลในสภาพควบคุมแสงให้ผลไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

คำสำคัญ: การวัดค่าสี มะเขือเทศ สมาร์ทโฟน กล้องดิจิทัล

คำนำ

ในการซื้อผลิตภัณฑ์อาหารของผู้บริโภค เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคใช้เป็นปัจจัยหนึ่งในการซื้อวัตถุดิบคุณภาพเพื่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่จะนำไปบริโภค (León และคณะ, 2006) สีจึงเป็นสมบัติทางกายภาพที่ถูกใช้ในการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากนี้สีของอาหารยังมีความสัมพันธ์กับคุณภาพอาหารในด้านอื่น ๆ ได้แก่ สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส (Mendoza และคณะ, 2006) การควบคุมคุณภาพสีของอาหารมักใช้เครื่องมือมาตรฐานที่มีความแม่นยำและถูกต้อง เช่น Minolta chroma meter, HunterLab colorimeter และ Dr. Lange colorimeters เป็นต้น (León และคณะ, 2006) สำหรับธุรกิจอาหารขนาดเล็ก เครื่องมือเหล่านี้มักจะมียาราคาแพงเกินไปที่จะจัดซื้อไว้ใช้ในการควบคุมคุณภาพด้านสี แต่การใช้การตรวจพินิจด้วยสายตา ก็มักทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ปัจจุบันอุปกรณ์ประเภทกล้องดิจิทัลและสมาร์ทโฟนมีราคาถูกลงอย่างมาก ขณะเดียวกันคุณภาพกล้องดิจิทัลและกล้องที่ติดมากับสมาร์ทโฟนก็มีคุณภาพสูงมากขึ้นเช่นกัน อีกทั้งยังมีเครื่องมือคือโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลได้รวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น (Miettinen และคณะ, 2013)

Yam และ Papadakis (2004) ใช้วิธีการอย่างง่ายในการวัดและวิเคราะห์ค่าสีผิวของผลิตภัณฑ์อาหารด้วยการผสมผสานการใช้กล้องดิจิทัล คอมพิวเตอร์และโปรแกรมกราฟิก พบว่าวิธีการดังกล่าวมีประโยชน์และมีราคาต่ำกว่าการใช้เครื่องมือมาตรฐานจากรายงานการวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมา มีการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ภาพถ่ายดิจิทัลจากกล้องดิจิทัลและสมาร์ทโฟนในการวัด

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร

¹ School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vibhavadee-rangsit Rd., Dindaeng, Bangkok

และวิเคราะห์ค่าสีในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอาหาร (Lv และคณะ, 2009; Zhang และคณะ, 2014; Lazaro และคณะ, 2019) นอกจากนี้ในด้านความปลอดภัยในอาหาร ยังมีการนำสมาร์ตโฟนมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์แทนการวิเคราะห์ทางเคมีตามปกติโดย Smartphone-based assays มีศักยภาพสูงในการนำมาวิเคราะห์แบบ on-site testing และการวิเคราะห์ผลทำได้รวดเร็วและมีต้นทุนต่ำ (Nelis และคณะ, 2020)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสมาร์ตโฟนและกล้องดิจิทัลมาใช้วัดค่าสีมะเขือเทศที่มีระดับความสุกแตกต่างกันในสภาพแสงปกติและควบคุมแสง โดยใช้ค่าสี L^* , a^* , b^* ที่แปลงจากระบบสี RGB และค่า color index มาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและหาสมการเปรียบเทียบ จากการเปรียบเทียบกับเครื่องวัดสีมาตรฐาน (HunterLab colorimeter)

อุปกรณ์และวิธีการ

การวัดค่าสีมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ขนาดน้ำหนักลูกละ 30-50 กรัม มีระดับความสุก 3 ระดับ ด้วยสมาร์ตโฟน (Huawei รุ่น P8) และกล้องดิจิทัล (DSLR Canon รุ่น kiss X3 (EOS)) ใช้การวัดที่ผิวของผล ระดับความสุกละ 3 ผล วัด 3 ตำแหน่งต่อผล ตำแหน่งละ 3 ซ้ำ ในสภาพแวดล้อม 2 แบบ คือ สภาพแสงปกติ (วัดในห้องปฏิบัติการ โดยให้วัตถุในการถ่ายภาพเอียงทำมุม 45 องศา กับหลอดไฟนีออนบริเวณเพดาน ความเข้มแสง 405 ลักซ์) และสภาพควบคุมแสง (ทำโดยใช้กล่องควบคุมแสง แหล่งกำเนิดแสงใช้หลอดไฟ LED (แบบสั้น T8 9W DL LEKISE) ความเข้มแสง 3,400 ลักซ์) เปรียบเทียบกับการวัดด้วยเครื่องมือมาตรฐานคือ เครื่องวัดสี HunterLab Colorimeter รุ่น MiniScan EZ โดยในการถ่ายภาพด้วยสมาร์ตโฟน ตั้งห่างจากวัตถุที่ถ่าย 12 เซนติเมตร และใช้การโฟกัสโดยแตะสัมผัสที่จุดโฟกัสโดยไม่ใช้แฟลช การถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล ตั้งห่างจากวัตถุที่ถ่าย 22 เซนติเมตร และตั้งค่าการถ่ายภาพด้วยความไวแสง ISO200 ค่ารูรับแสง $F = 5.6$ การชดเชยแสง = 0 โหมดค่านวนปริมาณแสงที่ใช้ AV โฟกัสแบบ MF โดยไม่ใช้แฟลช

การวัดค่าสีมะเขือเทศที่มีระดับความสุก 3 ระดับ (mature green, pink และ red)

1. ใช้เครื่องวัดสี HunterLab Colorimeter รุ่น MiniScan EZ วัดค่าสีโดยทำ 3 ซ้ำ บันทึกค่าสี L^* , a^* , b^*
2. ใช้สมาร์ตโฟน Huawei รุ่น P8 ด้วยกล้องหลัง ใช้แอปพลิเคชัน RGB Color picker วัดค่าสีโดยทำ 3 ซ้ำ บันทึกค่าสี RGB จากนั้นนำค่ามาคำนวณเป็นค่าสี L^* , a^* และ b^* (Boronkay, 2017)
3. ใช้กล้องดิจิทัล DSLR Canon รุ่น kiss X3 (EOS) ถ่ายภาพเป็นไฟล์ JPEG ขนาด 4752 X 3168 pixels ทำ 3 ซ้ำ จากนั้นนำภาพถ่ายที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าสีด้วยโปรแกรม ImageJ บันทึกค่า RGB จากนั้นนำค่ามาคำนวณเป็นค่าสี L^* , a^* และ b^*

การวิเคราะห์การถดถอยและเปรียบเทียบค่าสี

นำค่าสี L^* , a^* และ b^* ที่แปลงจาก RGB (Boronkay, 2017) และค่าดัชนีสี (color index) สำหรับมะเขือเทศ ($2000 \times a^*/[L^* \times (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}]$; López Camelo et al., 1995) จากการวัดโดยเครื่องวัดสี HunterLab Colorimeter รุ่น MiniScan EZ สมาร์ตโฟน และกล้องดิจิทัลมาทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) จากนั้นหาสมการที่ใช้ในการเปรียบเทียบ และ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2010

การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

นำค่าสีและ color index ที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างสมาร์ตโฟนและกล้องดิจิทัล กับค่ามาตรฐานจาก HunterLab Colorimeter มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance - ANOVA) แบบ One way ANOVA และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple's Range test (DMRT) ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS version 27

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พบว่า ค่าสี L^* (ความสว่าง) ที่วัดด้วยสมาร์ตโฟนและกล้องดิจิทัลให้ค่า L^* ที่สูงมากกว่าเครื่องวัดสีมาตรฐานค่อนข้างมาก เมื่อนำมาวัดสีของมะเขือเทศที่มีระดับความสุกแตกต่างกัน พบว่าค่าสี a^* (สีแดง) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่า L^* มีแนวโน้มลดลง ในทุกอุปกรณ์เมื่อระดับความสุกมากขึ้น ($P \leq 0.05$) โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเปรียบเทียบกับเครื่องวัดสีมาตรฐาน มีค่ามากกว่า 0.80 ขึ้นไป ในขณะที่ค่า b^* (สีเหลือง) ไม่แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นในทุกอุปกรณ์ที่ระดับความสุกต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุปกรณ์ พบว่า การวัดค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วยกล้องดิจิทัลในสภาพควบคุมแสง เมื่อวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นให้ค่า R^2 สูงกว่าอุปกรณ์อื่น (ไม่แสดงข้อมูล)

จาก Figure 1 (a)-(h) เมื่อทำการวัดค่าสีมะเขือเทศที่มีระดับความสุกต่างกัน 3 ระดับ พบว่า อุปกรณ์ทุกชนิดสามารถแยกความแตกต่างของระดับความสุกของมะเขือเทศจากค่าสี a^* และดัชนีสีได้ ยกเว้นมะเขือเทศที่มีระดับความสุก mature green

และ pink เมื่อใช้สมาร์ทโฟนวัดในสภาพควบคุมแสงจะให้ค่าดัชนีสีไม่แตกต่างกันทั้งก่อนและหลังการปรับเทียบ เมื่อทำการปรับเทียบแล้ว พบว่าทุกอุปกรณ์วัดค่าสีต่าง ๆ ได้ใกล้เคียงเครื่องวัดสีมาตรฐานมากขึ้น และการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้สมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัลในการแยกความแตกต่างของระดับความสุกของมะเขือเทศได้ โดยเฉพาะการใช้กล้องดิจิทัลในสภาพควบคุมแสงมีความใกล้เคียงกับเครื่องวัดสีมาตรฐานมากที่สุด โดยค่าดัชนีสีในมะเขือเทศทุกระดับความสุกที่วัดด้วยเครื่องวัดสีมาตรฐานและกล้องดิจิทัลในสภาพควบคุมแสงให้ผลไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

การประยุกต์ใช้การวัดสีจากการใช้ภาพถ่ายดิจิทัลจึงมีความเป็นไปได้และสามารถนำมาใช้เพื่อการวัดที่สะดวกและรวดเร็ว เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Zhang และคณะ (2014) ซึ่งใช้ค่าสี RGB มาหาความสัมพันธ์กับเกรดของเนื้อหมูที่วัดโดยการวัดทางประสาทสัมผัสมาตรฐาน พบว่า การคำนวณค่าเกรดของเนื้อหมูแช่เย็นระหว่างการเก็บรักษาที่มีความแม่นยำ และ งานวิจัยของ Subhashree และคณะ (2017) ซึ่งประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัล และศึกษาผลของการเกิดสีน้ำตาลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีโดยใช้ image analysis พบว่าแอปเปิ้ลสายพันธุ์ Honey Crisp และ Granny Smith เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลในช่วง 120 นาที โดยการบันทึกด้วยเทคนิคดังกล่าว

สรุปผล

จากผลการทดลอง พบว่า มีความเป็นไปได้ในการใช้สมาร์ทโฟนและกล้องดิจิทัลในการแยกความแตกต่างของระดับความสุกของมะเขือเทศได้ โดยเฉพาะการใช้กล้องดิจิทัลในสภาพควบคุมแสงมีความใกล้เคียงกับเครื่องวัดสีมาตรฐานมากที่สุด โดยเมื่อใช้ค่าดัชนีสีในมะเขือเทศในสภาพควบคุมแสงให้ผลไม่แตกต่างกัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนางสาวทยาวิรี ปินตา และ นางสาวมาริษา แก้วเพชร ผู้ช่วยวิจัยซึ่งดำเนินการเก็บข้อมูลจากการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- Boronkay, G., 2017, Color Conversion Centre 4.0c [Online], Available: <http://ccc.orgfree.com/> [January 20, 2017].
- Lazaro, A., Boada, M., Villarino, R., and 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., and León, J., 2006, Color Measurement in $L^*a^*b^*$ Units from RGB Digital Images, *Food Research International*, 39: 1084-1091.
- Lopez Camelo, A. F., Gomez, P. A., and Cacace, J. E., 1995, Modelo Para Describir Los Cambios De Color En Tomate (cv. Tommy) Durante La Poscosecha, In CONGRESO ARGENTINO DE HORTICULTURA, 18, 1995, Termas De Río Hondo, Argentina. Resúmenes, ASAHO, p. 212.
- Lv, B. Li, B., Chen, S., Chen, J., and 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., and Aguilera, J.M., 2006, Calibrated Color Measurements of Agricultural Foods Using Image Analysis, *Postharvest Biology and Technology*, 41: 285-295.
- Miettinen, J., Martinkauppi, B., and 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>.
- Nelis, J. L. D., Tsagkaris, A. S., Dillon M. J., Hajslova, J., and Elliott, C. T., 2020, Smartphone-based Optical Assays in the Food Safety Field, *Trends in Analytical Chemistry*, 129: 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.115934>
- Subhashree, S. N., Sunoj, S., Xue, J., and Bora, G.C., 2017, Quantification of Browning in Apples Using Colour and Textural Features by Image Analysis, *Food Quality and Safety*, 00: 1-6. doi:10.1093/fqsafe/fyx021
- Yam, K.L. and Papadakis, S.E., 2004, A Simple Digital Imaging Method for Measuring and Analyzing Color of Food Surfaces, *Journal of Food Engineering*, 61: 137-142.
- Zhang, Y., Wang, W., Zhang, H., and 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.

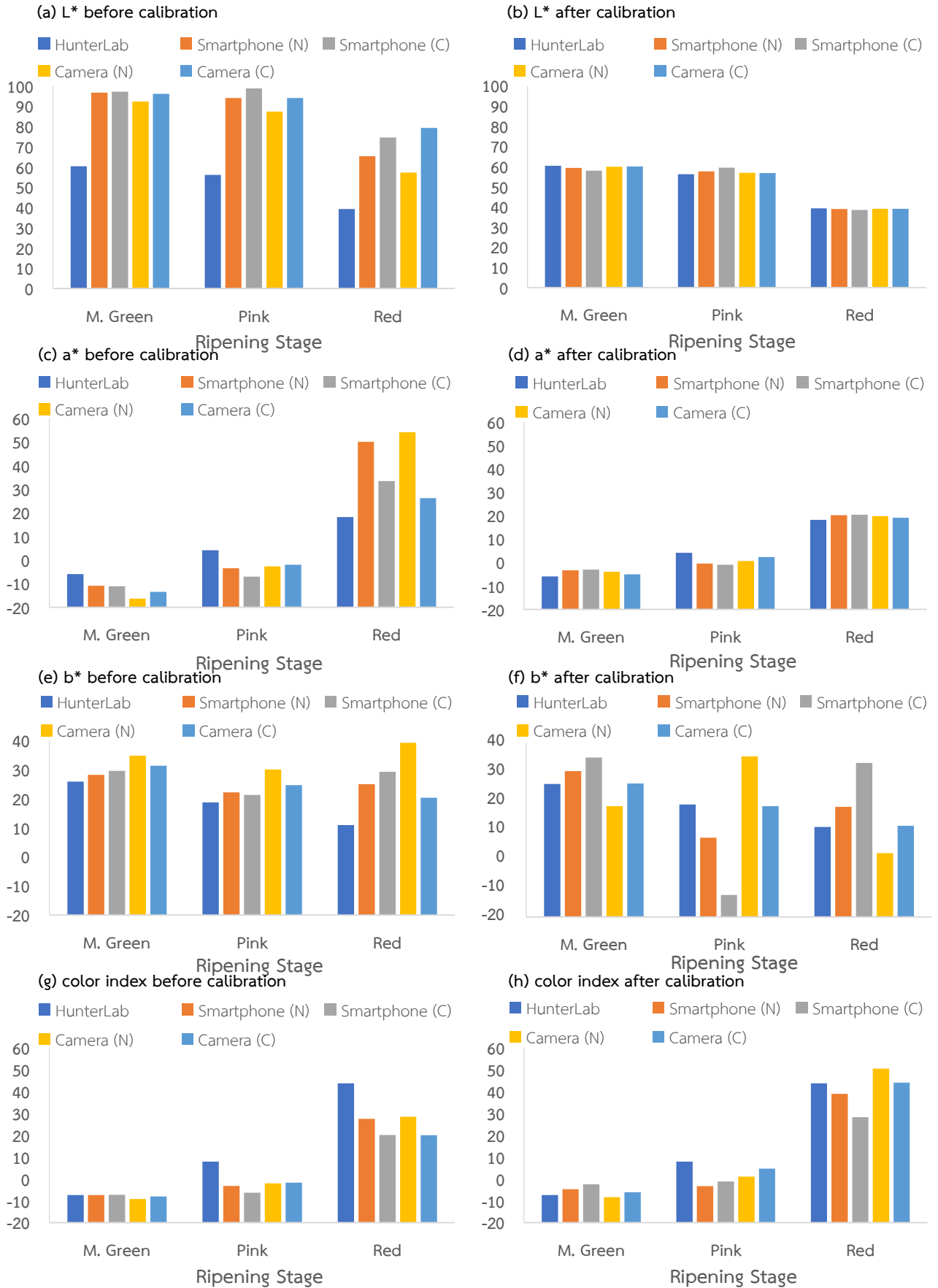


Figure 1 (a)-(h) L*, a*, b* and color index from tomato color measurement using Hunterlab colorimeter (HunterLab), smartphone (N = normal light, C = controlled light) and digital camera (N = normal light, C = controlled light) before and after calibration.