บทความวิจัย

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2569
วารสาร มรภ.กพ. วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี
Journal of KPRU Science Mathematics and Technology

การวิเคราะห์สีของภาพผลกาแฟเชอร์รี่โดยใช้การประมวลผลภาพและการเรียนรู้ของเครื่อง

Color Analysis of Coffee Cherry Image Using Image Processing and Machine Learning

สุรัสวดี นางแล[1,*] และ ขจรศักดิ์ ทรงงาม[1]
[1]โปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคำนวณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100
Suruswadee Nanglae[1,*] and Kachonsak Ngamsong[1]
[1] Program of Mathematics and Computing Science, Faculty of Science and Technology,
Chiang Rai Rajabhat University, Muang District, Chiang Rai Province, 57100

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าสีของผลกาแฟเชอร์รี่ในระยะต่าง ๆ ได้แก่ ระยะผลดิบ ผลสุก และผลสุกจัด โดยใช้การวิเคราะห์ฮิสโตแกรม (Histogram Analysis) และการแยกสี (Color Segmentation) ด้วยวิธี K-means Clustering ในระบบสี RGB จากผลการศึกษาพบว่า ในการวิเคราะห์ฮิสโตแกรมแสดงให้เห็นว่าค่าสีเขียว (Green) มีความสำคัญที่สุดในระยะผลดิบ แต่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในผลสุกและผลสุกจัด สะท้อนถึงการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ขณะที่ค่าสีแดง (Red) เพิ่มขึ้นในผลสุกและลดลงในผลสุกจัด สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของเม็ดสีในผลกาแฟ ส่วนค่าสีน้ำเงิน (Blue) มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด แต่ช่วยสร้างสมดุลในการวิเคราะห์ และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินของทุกระยะความสุกด้วยการทดสอบ Kolmogorov-Smirnov (KS Test) พบว่าทุกคู่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ส่วนการแยกสีด้วย K-means Clustering แสดงให้เห็นว่า การกำหนดจำนวนกลุ่ม (k) ต่างกันส่งผลต่อการแยกสีอย่างชัดเจน โดย k = 3 เหมาะสำหรับการวิเคราะห์สีหลัก และ k = 4 ให้รายละเอียดเฉดสีที่มากขึ้น การใช้เทคนิคดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุระดับความสุกของผลกาแฟ และสามารถนำไปใช้ในระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมกาแฟเพื่อปรับปรุงกระบวนการคัดแยกได้อย่างแม่นยำ

คำสำคัญ : กาแฟเชอร์รี่, การวิเคราะห์ฮิสโตแกรม, การแยกสี, การแบ่งกลุ่มเคมีน, ระบบสี RGB

*Corresponding author : SNanglae@gmail.com
Received : 07/02/2025 Revised : 09/09/2025 Accepted : 17/05/2026

Abstract

This research aimed to analyze and compare the color values of coffee cherries at different ripening stages, including unripe, ripe, and overripe stages, using histogram analysis and color segmentation with K-means clustering in the RGB color system. The results showed that histogram analysis highlighted the significance of the green color in the unripe stage, which decreased significantly in the ripe and overripe stages, reflecting the degradation of chlorophyll. Meanwhile, the red color increased in the ripe stage and decreased in the overripe stage, corresponding to pigment changes in the coffee cherries. The blue color exhibited minimal changes but contributed to the balance of the analysis. In addition, when the differences in red, green and blue values of all ripeness stages were analyzed using the Kolmogorov-Smirnov test (KS Test), all pairs were found to be significantly different at a statistical significance of 0.05. For color segmentation using K-means clustering, the number of clusters (k) significantly impacted the segmentation results. A value of k=3 was suitable for analyzing primary colors, while k=4 provided more detailed shades, enhancing the segmentation of different tones, such as lighter and darker greens in the unripe stage or purple tones in the ripe and overripe stages. These techniques effectively identified the ripeness levels of coffee cherries and could be applied to automated sorting systems in the coffee industry, improving sorting processes with greater accuracy.

Keywords: Coffee cherry, Histogram analysis, Color segmentation, K-means clustering, RGB color system

ที่มาและความสำคัญ

กาแฟเป็นหนึ่งในสินค้าเกษตรที่มีความสำคัญระดับโลก ไม่เพียงแค่ในฐานะเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยม แต่ยังมีบทบาททางเศรษฐกิจที่สำคัญต่อประเทศผู้ผลิตและผู้บริโภคทั่วโลก ซึ่งในอุตสาหกรรมกาแฟในปัจจุบันกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงและแนวโน้มที่สำคัญ โดยได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายด้าน ทั้งด้านเศรษฐกิจที่มีการแข่งขันที่สูงขึ้นทั้งในด้านคุณภาพและราคา เทคโนโลยีการผลิตที่มีความทันสมัยขึ้น พฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อผลผลิตของเมล็ดกาแฟ วริทธิ์นันท์ ชุมประเสริฐ และคณะ [1] ได้นำเสนอบทความเรื่อง “กาแฟคุณภาพ...ทางออกของเกษตรกรไทย” บนเว็บไซต์ธนาคารแห่งประเทศไทย โดยรายงานว่าทางออกที่ดีที่สุดของกาแฟไทย ไม่ใช่การขายปริมาณ แต่เน้นขายคุณภาพ ที่เกษตรกรกำหนดราคาได้เอง ซึ่งในระยะต้นน้ำที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรโดยตรงนั้น การปลูกกาแฟคุณภาพทำได้โดยเริ่มต้นจากการเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมและสามารถปรับตัวได้กับสภาพพื้นที่และสภาพอากาศ การใส่ใจกับการเตรียมพื้นที่ปลูก การให้น้ำ และการดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยวเลือกเฉพาะเมล็ดที่สุกที่จะช่วยให้ได้กาแฟคุณภาพ ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรบางส่วนยังนิยมเก็บกาแฟในลักษณะการรูดเก็บเพื่อความรวดเร็วและปริมาณที่มาก แต่จะทำให้ได้เมล็ดกาแฟที่ดิบปนสุก ดังนั้นการคัดแยกเมล็ด

กาแฟสุกออกจากเมล็ดกาแฟดิบจึงต้องอาศัยความเชี่ยวชาญในการคัดแยกเพื่อให้ได้เมล็ดกาแฟที่สุกพอดีสำหรับการแปรรูปในขั้นตอนต่อไป โดยเฉพาะในกระบวนการแปรรูปกาแฟแบบ Specialty Coffee ที่ต้องการความพิถีพิถันในทุกขั้นตอน แม้ว่าปัจจุบันจะมีการนำเทคโนโลยีและเครื่องจักรเข้ามาช่วยในกระบวนการคัดแยก แต่ในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะฟาร์มขนาดเล็ก ยังคงใช้แรงงานคนเป็นวิธีหลักในการคัดแยกผลกาแฟที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูป ซึ่งข้อดีของการคัดแยกโดยแรงงานคนนอกจากเป็นการความแม่นยำและความพิถีพิถันจากประสบการณ์ของผู้คัดแยกแล้วยังเป็นการช่วยสร้างงานและรายได้ให้กับคนในพื้นที่ โดยเฉพาะในชุมชนชนบทที่มีแรงงานว่างงาน แต่การใช้แรงงานคนมักเกิดความเหนื่อยล้าที่อาจทำให้คุณภาพของการคัดแยกไม่สม่ำเสมอ รวมถึงข้อจำกัดทางด้านเวลา ดังนั้นการสร้างเครื่องมือที่แสดงแถบสีระดับความสุกของผลกาแฟที่ได้มาตรฐานนั้น จะเป็นตัวช่วยในการคัดแยกโดยแรงงานคนได้เร็วขึ้น แม้ผู้คัดแยกนั้นจะไม่มีความเชี่ยวชาญก็ตาม แต่ก็สามารถคัดแยกเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพได้

การสร้างแถบสีแสดงระดับความสุกของผลกาแฟสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์สีของภาพผลกาแฟเชอร์รี่ ซึ่งสีของผลกาแฟมีความสำคัญในการประเมินคุณภาพผลกาแฟ เช่น ระดับความสุก ความเหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวหรือการประเมินคุณภาพเพื่อการแปรรูป นอกจากนี้สีของผลกาแฟมีบทบาทในการตัดสินใจเลือกวิธีการแปรรูป เช่น การแปรรูปแบบเปียก (Wet Process) เหมาะสำหรับผลที่สุกเต็มที่ (สีแดงสด) เพื่อให้ได้รสชาติที่ซับซ้อน ในขณะที่การแปรรูปแบบแห้ง (Dry Process) สามารถใช้ผลเชอร์รี่ที่มีสีหลากหลายมาแปรรูปได้ แต่ต้องคัดแยกผลที่เสียหายก่อน [2] ในการวิเคราะห์สีในระบบดิจิทัลสามารถใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing) หรือการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ช่วยตรวจจับความแตกต่างของสีได้แม่นยำยิ่งขึ้น ซึ่งการแปลงสีเป็นค่าดิจิทัลในรูปแบบ Color Models เช่น RGB, HSV หรือ Lab ทำให้สามารถวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของสีในปริมาณมากได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ [3]

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์สีของผลกาแฟเชอร์รี่โดยเปรียบเทียบใน 3 ระยะประกอบด้วย ผลดิบ ผลสุก และผลสุกจัด โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์อยู่ 2 รูปแบบ คือ 1) การวิเคราะห์ฮิสโตแกรม (Histogram Analysis) เพื่อทำความเข้าใจลักษณะสีในภาพโดยรวม และ 2) การแยกสี (Color Segmentation) ด้วยวิธี K-means Clustering [4]

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ฮิสโตแกรม (Histogram Analysis) ใน 3 ระยะประกอบด้วย ผลดิบ ผลสุก และผลสุกจัด
2. เพื่อวิเคราะห์การแยกสี (Color Segmentation) ด้วยวิธี K-means Clustering

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. การเก็บรวมรวมข้อมูลและการเตรียมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการถ่ายภาพผลกาแฟเชอร์รี่และทำการคัดเลือกภาพผลกาแฟเชอร์รี่ จำนวน 3 ภาพใน 3 ระยะความสุกได้แก่ ผลดิบ ผลสุก และผลสุกจัด โดยผลดิบจะมีสีเขียว ระยะผลสุกจะมีสีแดงสดหรือม่วงเข้ม และระยะสุกจัดจะมีสีม่วงคล้ำหรือดำ ดังแสดงในภาพที่ 1 จากนั้นนำภาพมาจัดการให้อยู่ในรูปแบบเดียวกันโดยการตัดภาพ (Cropping) ด้วยโปรแกรมแก้ไขภาพให้เหลือขนาด 600 x 450 พิกเซลและตัดพื้นหลัง และเก็บไฟล์ภาพในนามสกุล .png



(ก.) (ข.) (ค.) (ง.)

ภาพที่ 1 ภาพ (ก.) แสดงการถ่ายภาพผลกาแฟเชอร์รี่ ภาพ (ข.) ผลกาแฟเชอร์รี่ระยะผลดิบ ภาพ (ค.) ผลกาแฟเชอร์รี่ระยะผลสุก และภาพ (ง.) ผลกาแฟเชอร์รี่ระยะผลสุกจัด

2. การวิเคราะห์ฮิสโตแกรม (Histogram Analysis)

การวิเคราะห์ฮิสโตแกรม (Histogram Analysis) ใช้เพื่อวิเคราะห์และแสดงการกระจายตัวของสีในภาพดิจิทัล ซึ่งสำหรับภาพสี (Color Image) จะวิเคราะห์สีในระบบ RGB (Red, Green, Blue) โดยใช้โปรแกรม R ดังนี้

1) ใช้การทดสอบ Kolmogorov-Smirnov (KS Test) ในการวัดความแตกต่างในเชิงนัยสำคัญระหว่างฮิตโตแกรม 2 ชุดข้อมูล โดยค่าสถิติ D จะหมายถึงระยะห่างสูงสุดระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (CDF) ของข้อมูลสองชุด และหากค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 แสดงว่า ข้อมูลสองชุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [5]
2) ใช้วิธี Earth Mover's Distance (EMD) ในการวัดความเหมือนในเชิงตัวเลขระหว่างฮิตโตแกรม 2 ชุดข้อมูล หากค่า EMD ต่ำ แสดงว่าฮิสโตแกรมสองอันมีความคล้ายคลึงกันมาก หากค่า EMD สูง แสดงว่าฮิสโตแกรมสองอันแตกต่างกันมาก [6]

3. การแยกสี (Color Segmentation) ด้วยวิธี K-means Clustering ซึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้ของเครื่องที่ใช้ในการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่ม (Clusters) ซึ่งในการแยกสีจะใช้สำหรับลดจำนวนสีในภาพ โดยจัดกลุ่มพิกเซลตามความคล้ายคลึงกันของสี มีหลักการทำงานดังนี้

- กำหนดจำนวนกลุ่ม (k) โดยในการวิจัยครั้งนี้กำหนดให้ k=3 และ k=4
- สุ่มเลือกจุดศูนย์กลางเริ่มต้น (Centroids) จำนวน k จุด
- จัดกลุ่มข้อมูล (Assign Points to Clusters) โดยคำนวณระยะห่างจากแต่ละจุดข้อมูลไปยังจุดศูนย์กลาง k จุด และจัดจุดข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มที่มีจุดศูนย์กลางที่ใกล้ที่สุด โดยใช้ Euclidean Distance
- อัปเดตจุดศูนย์กลาง (Update Centroids) ใหม่สำหรับแต่ละกลุ่ม โดยใช้ค่าเฉลี่ยของจุดข้อมูลในกลุ่มนั้น
- ทำซ้ำ (Iterate) จนกว่าจุดศูนย์กลางจะไม่เปลี่ยนแปลง หรือถึงเงื่อนไขที่กำหนด

– ผลลัพธ์ที่ได้คือ ข้อมูลทั้งหมดถูกจัดอยู่ใน k กลุ่มตามจุดศูนย์กลางที่ได้ปรับปรุงจนเสถียร

ผลการวิจัย

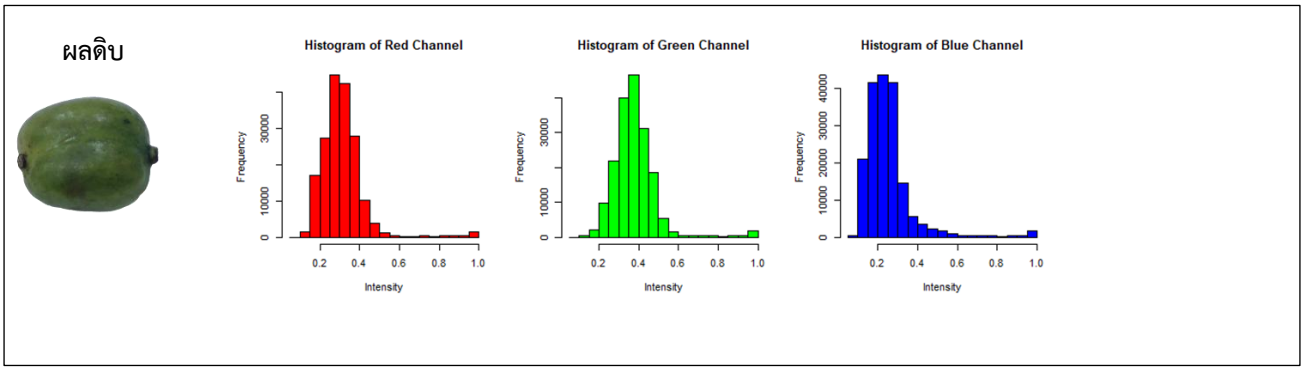
1. การวิเคราะห์ฮิสโตแกรม (Histogram Analysis)

จากตารางที่ 1 แสดงค่าสถิติค่าสถิติค่าสีของภาพผลกาแฟเชอร์รี่ระยะผลดิบ ผลสุก และผลสุกจัด พบว่า ในระยะผลดิบค่าสีเขียวมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือสีแดงและน้ำเงิน โดยทั้ง 3 สีมีค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดใกล้เคียงกัน ส่วนในระยะผลสุกค่าเฉลี่ยสีแดงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนค่าเฉลี่ยสีเขียวลดลงอย่างชัดเจน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสีเขียวและน้ำเงินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลดิบ และสุดท้ายในระยะผลสุกจัดค่าเฉลี่ยสีแดงลดลงอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับสีเขียว ส่วนสีน้ำเงินคงที่ สำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่แสดงถึงความแปรปรวนของค่าสีในแต่ละกลุ่มภาพ ซึ่งสะท้อนถึงความสม่ำเสมอของผลกาแฟ พบว่าในแต่ละระยะเพิ่มขึ้นในทุกสี จากค่าสถิติดังกล่าวจะสังเกตได้ว่า สีเขียวลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อผลเริ่มสุกและสุกจัด ซึ่งสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงทางสภาพของผลที่สัมพันธ์กับการสลายของคลอโรฟิลล์ ส่วนในผลสุกและสุกจัด ความแปรปรวนของสีเขียวและน้ำเงินเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจบ่งบอกถึงความไม่สม่ำเสมอของกระบวนการสุก ส่วนค่าเฉลี่ยสีแดงมีแนวโน้มลดลงในผลสุกจัด แต่ลดลงไม่มากเท่าสีเขียว

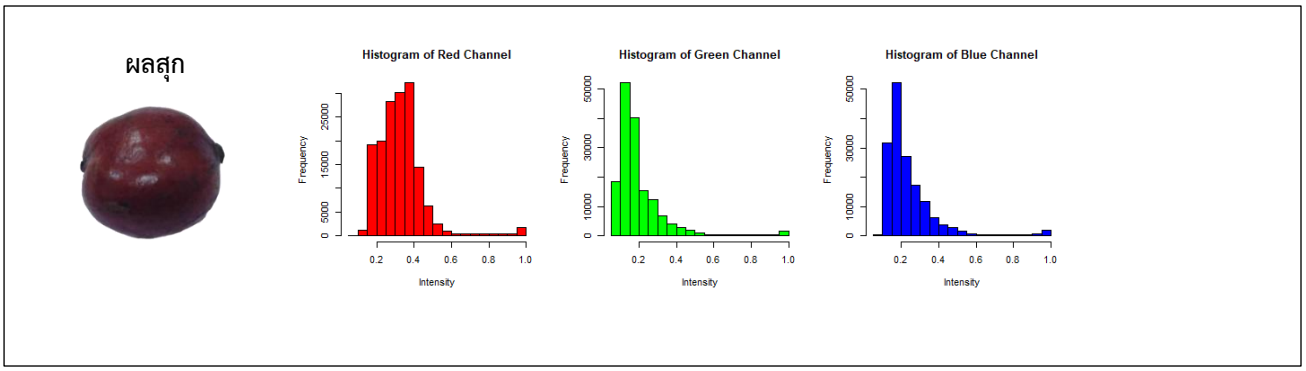
เมื่อนำค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินในแต่ละระยะความสุกมาสร้างเป็นฮิตโตแกรม จะได้ผลดังแสดงในภาพที่ 2 ภาพที่ 3 และภาพที่ 4 ซึ่งจากภาพจะสังเกตเห็นฮิตโตแกรมของค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินในผลดิบแตกต่างกับผลสุกและผลสุกจัดอย่างชัดเจน

ตารางที่ 1 ค่าสถิติค่าสีของภาพผลกาแฟเชอร์รี่ระยะผลดิบ ผลสุก และผลสุกจัด

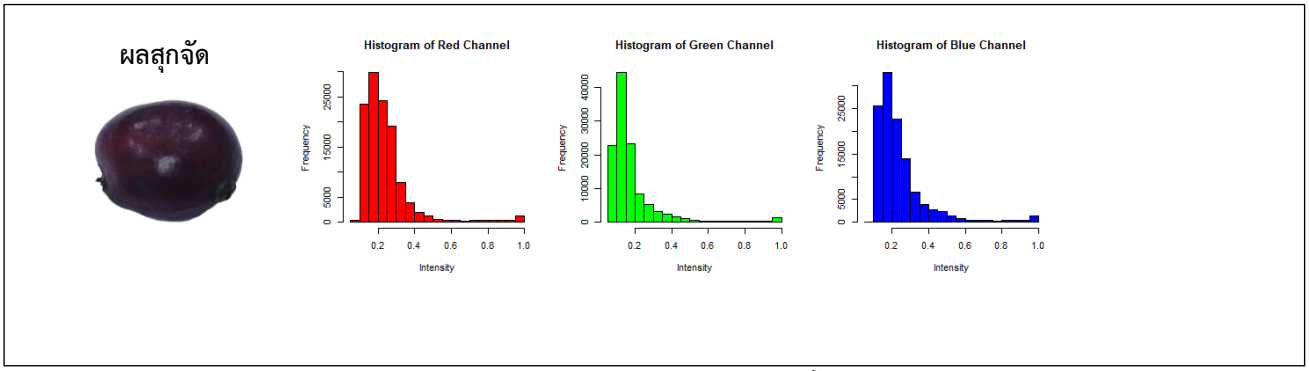
ภาพ	ค่าสี	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ผลดิบ	แดง (R)	0.32	0.12	0.08	1.00
	เขียว (G)	0.38	0.11	0.10	1.00
	น้ำเงิน (B)	0.26	0.13	0.07	1.00
ผลสุก	แดง (R)	0.33	0.12	0.05	1.00
	เขียว (G)	0.20	0.14	0.06	1.00
	น้ำเงิน (B)	0.24	0.14	0.09	1.00
ผลสุกจัด	แดง (R)	0.24	0.14	0.05	1.00
	เขียว (G)	0.18	0.15	0.05	1.00
	น้ำเงิน (B)	0.24	0.15	0.09	1.00



ภาพที่ 2 ฮิตโตแกรมของค่าสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงินของผลดิบ



ภาพที่ 3 ฮิตโตแกรมของค่าสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงินของผลสุก



ภาพที่ 4 ฮิตโตแกรมของค่าสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงินของผลสุกจัด

เมื่อนำฮิตโตแกรมมาจับคู่เปรียบเทียบความแตกต่างโดยการทดสอบ Kolmogorov-Smirnov (KS Test) และการวัดความเหมือนในเชิงตัวเลข (EMD) ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบ Kolmogorov-Smirnov (KS Test) และการวัดความเหมือนด้วยวิธี Earth Mover's Distance (EMD)

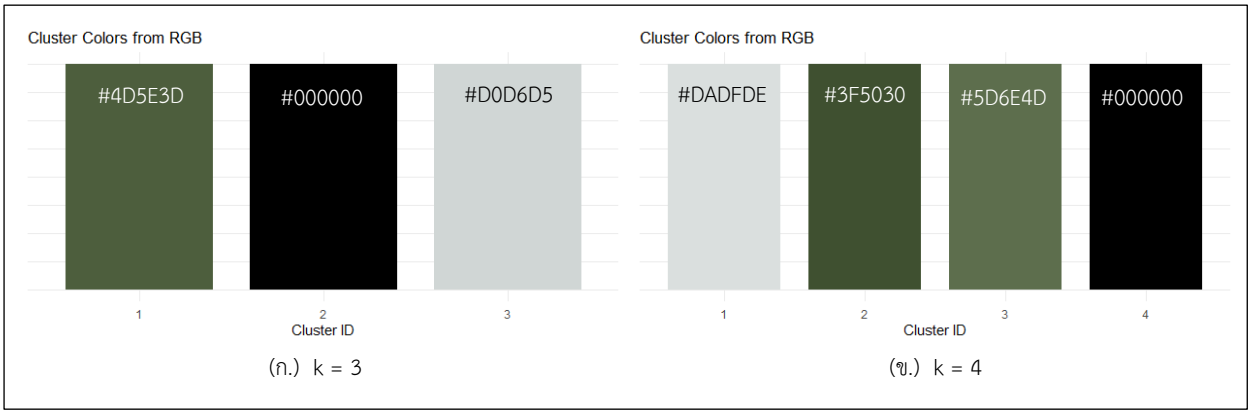
ค่าสี	คู่เปรียบเทียบ	KS Test (D-Statistic)	EMD
แดง (R)	ผลดิบ VS. ผลสุก	0.09478*	0.50710
	ผลดิบ VS. ผลสุกจัด	0.37863*	2.06770
	ผลสุก VS. ผลสุกจัด	0.29969*	1.73515
เขียว (G)	ผลดิบ VS. ผลสุก	0.50571*	2.72170
	ผลดิบ VS. ผลสุกจัด	0.57196*	3.42548
	ผลสุก VS. ผลสุกจัด	0.19013*	0.70377
น้ำเงิน (B)	ผลดิบ VS. ผลสุก	0.16348*	0.59575
	ผลดิบ VS. ผลสุกจัด	0.25910*	1.24294
	ผลสุก VS. ผลสุกจัด	0.15821*	0.64720

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบ Kolmogorov-Smirnov (KS Test) และการวัดความเหมือนในเชิงตัวเลข (EMD) ของฮิตโตแกรม พบว่าทุกคู่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เมื่อวัดความเหมือนในเชิงตัวเลข (EMD) พบว่า ในระยะผลดิบไปหาผลสุก ค่าสีเขียวมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (2.72170) และในระยะผลสุกไปหาผลสุกจัดนั้น ค่าสีแดงมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (1.73515) และเมื่อเปรียบเทียบในระยะจากผลดิบไปหาผลสุกจัด พบว่าค่าสีเขียวเปลี่ยนแปลงมากที่สุด รองลงมาคือสีแดงและสีน้ำเงินตามลำดับ

2. การแยกสี (Color Segmentation) ด้วยวิธี K-means

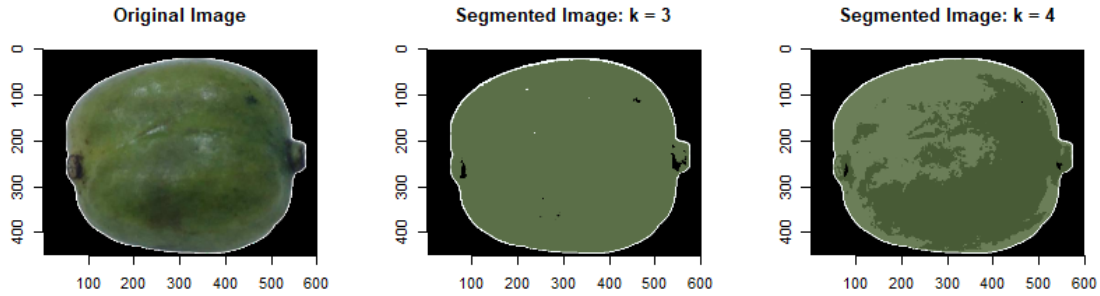
ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการแยกสีของผลกาแฟเชอร์รี่ทั้ง 3 ระยะความสุกด้วยวิธี K-means ซึ่งกำหนดให้ k = 3 และ k = 4 เปรียบเทียบกัน ได้ผลการวิจัยดังนี้



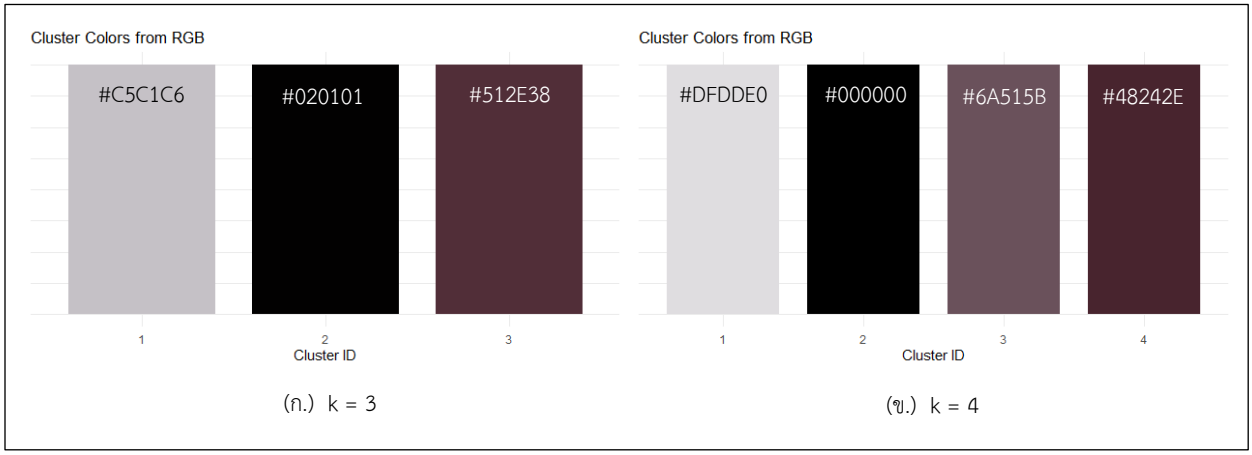
(ก.) k = 3 (ข.) k = 4

ภาพที่ 5 การแยกสีของผลกาแฟเชอร์รี่ในระยะผลดิบเมื่อกำหนดให้ k = 3 และ k = 4

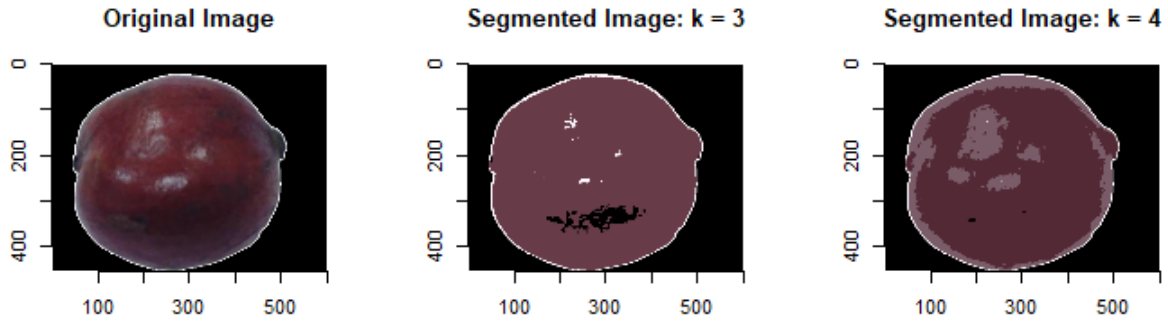
จากภาพที่ 5 (ก.) แสดงผลการแยกสีของผลกาแฟเชอร์รี่ในระยะผลดิบเมื่อกำหนดให้ k = 3 พบว่า สีเขียวเข้ม (#4D5E3D) เป็นสีหลักของผลดิบ สีดำ (#000000) อาจเป็นเงาหรือพื้นที่มืดในภาพ และสีเทาอ่อน (#D0D6D5) อาจเป็นพื้นที่ที่ไม่ได้มาจากผลกาแฟโดยตรง ในขณะที่ภาพที่ 5 (ข.) แสดงผลการแยกสีของผลกาแฟเชอร์รี่ในระยะผลดิบเมื่อกำหนดให้ k = 4 พบว่า สีเทาอ่อน (#DADFDE) จะคล้ายกับกรณี k = 3 สีเขียวเข้ม (#3F5030) และสีเขียวอ่อนกว่า (#5D6E4D) จะแยกกลุ่มสีเขียวออกจากกันได้ละเอียดขึ้น ส่วนสีดำ (#000000) ยังคงแสดงถึงพื้นที่มืด และเมื่อนำสีที่ถูกแยกมาเปรียบเทียบกับดังแสดงในภาพที่ 6 พบว่า ถ้าภาพถูกแยกออกเป็น 3 กลุ่มสีหลัก สีเขียวเข้มจะครอบคลุมพื้นที่หลักของผลกาแฟ ในขณะที่สีดำแสดงถึงพื้นที่เงาหรือส่วนที่ไม่ได้รับแสง แต่ถ้าภาพถูกแยกออกเป็น 4 กลุ่มสีหลัก สีเขียวมีการแบ่งย่อยออกเป็นเฉดสีต่าง ๆ เช่น สีเขียวเข้มและเขียวอ่อน



ภาพที่ 6 ภาพผลกาแฟเปรียบเทียบกันระหว่างภาพดั้งเดิม ภาพที่ถูกแยกสีเป็น 3 กลุ่ม และภาพที่ถูกแยกสีเป็น 4 กลุ่มของผลดิบ

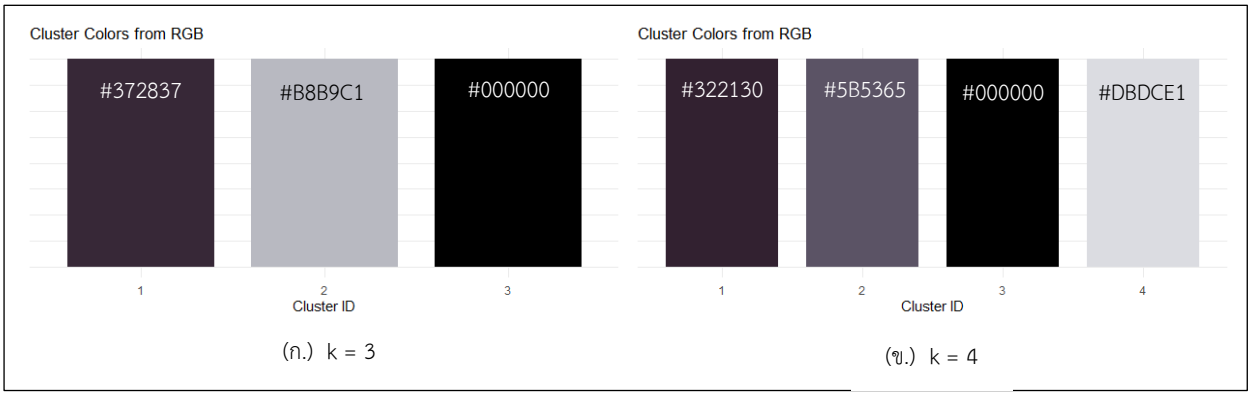


ภาพที่ 7 การแยกสีของผลกาแฟเชอร์รี่ในระยะผลสุกเมื่อกำหนดให้ k = 3 และ k = 4

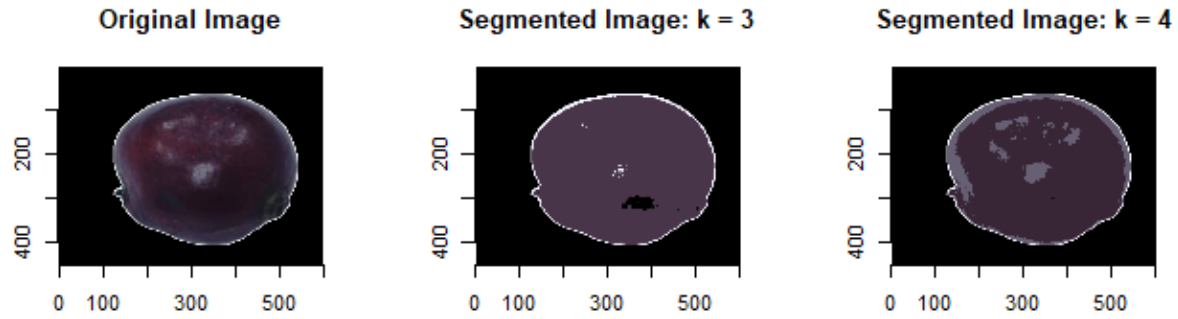


ภาพที่ 8 ภาพผลกาแฟเปรียบเทียบกันระหว่างภาพดั้งเดิม ภาพที่ถูกแยกสีเป็น 3 กลุ่ม และภาพที่ถูกแยกสีเป็น 4 กลุ่มของผลสุก

จากภาพที่ 7 (ก.) แสดงผลการแยกสีของผลกาแฟเชอร์รี่ในระยะผลสุกเมื่อกำหนดให้ k = 3 พบว่า สีเทาอ่อน (#C5C1C6) แสดงถึงพื้นที่ที่ไม่ได้มีการสะท้อนแสงมากหรือเป็นส่วนที่ไม่ได้เด่นในผลกาแฟ สีดำ (#020101) แสดงถึงพื้นที่เงาหรือบริเวณที่มีความเข้ม และสีม่วงเข้ม (#512E38) แสดงถึงสีของผลกาแฟในระยะสุกหรือคล้ำ ในขณะที่ภาพที่ 7 (ข.) แสดงผลการแยกสีของผลกาแฟเชอร์รี่ในระยะผลสุกเมื่อกำหนดให้ k = 4 พบว่า สีเทาอ่อน (#DFDDE0) คล้ายกับกรณี k = 3 แต่มีการแสดงพื้นที่ส่วนที่สว่างชัดเจนยิ่งขึ้น สีดำ (#000000) แสดงบริเวณเงาหรือความมืดในภาพ สีม่วงอมเทา (#6A515B) เป็นเฉดสีที่เกิดขึ้นในบริเวณผลกาแฟที่เริ่มคล้ำ และสีม่วงเข้ม (#48242E) แสดงถึงพื้นที่ที่มีสีคล้ำที่สุดบนผลกาแฟ และเมื่อนำสีที่ถูกแยกมาเปรียบเทียบกับดังแสดงในภาพที่ 8 พบว่า ถ้าภาพถูกแยกออกเป็น 3 กลุ่มสีหลัก สีม่วงเข้มครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของผลกาแฟ ในขณะที่สีดำปรากฏในบริเวณเงาและพื้นที่ที่เข้มมาก แต่ถ้าภาพถูกแยกออกเป็น 4 กลุ่มสีหลัก สีม่วงเข้มยังคงครอบคลุมพื้นที่หลักแต่ถูกแบ่งย่อยให้ละเอียดขึ้น สีม่วงอ่อนแยกออกมาชัดเจนจากโทนเข้มในพื้นที่ที่มีแสงสะท้อนหรือโครงสร้างผิวที่ต่างกัน



ภาพที่ 9 การแยกสีของผลกาแฟเชอร์รี่ในระยะผลสุกจัดเมื่อกำหนดให้ k = 3 และ k = 4



ภาพที่ 10 ภาพผลกาแฟเปรียบเทียบกันระหว่างภาพดั้งเดิม ภาพที่ถูกแยกสีเป็น 3 กลุ่ม และภาพที่ถูกแยกสีเป็น 4 กลุ่ม ของผลสุกจัด

จากภาพที่ 9 (ก.) แสดงผลการแยกสีของผลกาแฟเชอร์รี่ในระยะผลสุกจัดเมื่อกำหนดให้ k = 3 พบว่า สีม่วงเข้ม (#372837) แสดงถึงพื้นที่ส่วนใหญ่ของผลกาแฟที่มีสีเข้ม สีเทาอ่อน (#B8B9C1) เป็นเฉดสีอ่อนที่เกิดจากพื้นที่สะท้อนแสงหรือส่วนที่มีความแตกต่างเล็กน้อยในผิวผล สีดำ (#000000) เป็นบริเวณเงาหรือพื้นที่ที่มีความเข้มสูง ในขณะที่ภาพที่ 7 (ข.) แสดงผลการแยกสีของผลกาแฟเชอร์รี่ในระยะผลสุกจัดเมื่อกำหนดให้ k = 4 พบว่า สีม่วงเข้ม (#322130) ครอบคลุมพื้นที่หลักของผลกาแฟ สีม่วงอ่อนกว่า (#5B5365) เพิ่มความละเอียดในโทนม่วงบริเวณผิวผล สีดำ (#000000) ยังคงแสดงพื้นที่เงาหรือบริเวณเข้มที่สุด และสีเทาอ่อน (#DBDCE1) ช่วยแยกส่วนที่สะท้อนแสงหรือพื้นที่ที่แตกต่างจากสีเข้มได้ชัดเจนขึ้น และเมื่อนำสีที่ถูกแยกมาเปรียบเทียบกับดังแสดงในภาพที่ 10 พบว่า ถ้าภาพถูกแยกออกเป็น 3 กลุ่มสีหลัก สีม่วงเข้มยังคงครอบคลุมพื้นที่หลักของผลกาแฟ แต่ถ้าภาพถูกแยกออกเป็น 4 กลุ่มสีหลัก สีม่วงเข้มยังคงเป็นสีหลักของผลกาแฟและมีสีม่วงอ่อนกว่าช่วยเพิ่มความละเอียดในโทนสีม่วงและแยกเฉดสีออกจากส่วนที่คล้ำ

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าสีของผลกาแฟเชอร์รี่ในระยะต่าง ๆ ได้แก่ ผลดิบ, ผลสุก, และผลสุกจัด โดยใช้การวิเคราะห์ฮิตโตแกรม (Histogram Analysis) และการแยกสี (Color Segmentation) ด้วย K-means Clustering ในระบบสี RGB โดยผลการวิเคราะห์ฮิตโตแกรมแสดงให้เห็นว่า ค่าสีเขียว (Green) มีความสำคัญที่สุดในระยะผลดิบ แต่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในผลสุกและสุกจัด สะท้อนถึงการสลายของคลอโรฟิลล์ ค่าสีแดง (Red) มีการเพิ่มขึ้นในผลสุกและลดลงในผลสุกจัด ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของเม็ดสีในผลกาแฟ ส่วนค่าสีน้ำเงิน (Blue) มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด แต่ช่วยสร้างความสมดุลในการวิเคราะห์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศศิน เทียนดี และคณะ [7] ที่นำเสนอวิธีการคัดแยกความสุกดิบของกล้วย 3 สายพันธุ์ (กล้วยไข่, กล้วยหอมทอง, กล้วยน้ำว้า) ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยใช้ค่าสีในระบบ RGB โดยให้ข้อสรุปไว้ว่า ค่าสีของเปลือกกล้วยในระบบสี RGB สามารถนำมาใช้ในการแบ่งแยกความสุกดิบของกล้วยได้ จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์สีด้วย Histogram Analysis ช่วยให้เข้าใจการกระจายตัวของสีในภาพผลกาแฟ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับกระบวนการทางชีวภาพ เช่น การสลายตัวของคลอโรฟิลล์และการสะสมของเม็ดสี เป็นต้น นอกจากนี้การใช้

Histogram Analysis ยังช่วยเรื่องความแม่นยำในการค้นหาภาพที่มีความเกี่ยวข้องกับภาพที่ต้องการค้นหา โดยพิจารณาจากวัตถุหรือหมวดหมู่ที่คล้ายคลึงกัน (Image Retrieval) ได้อีกด้วย [8] ส่วนการแยกสี (Color Segmentation) ด้วย K-means Clustering เมื่อกำหนดจำนวนกลุ่ม (k) ที่ต่างกัน พบว่า การกำหนดจำนวนกลุ่ม (k) ต่างกันส่งผลต่อการแยกสี โดย k = 3 เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ภาพในระดับพื้นฐาน โดยเน้นเฉพาะสีหลัก ในขณะที่ k = 4 ให้ความละเอียดมากขึ้น แสดงความแตกต่างของเฉดสี เช่น การแบ่งสีเขียวเป็นเฉดเขียวอ่อนและเขียวเข้มในระยะผลดิบ หรือแยกโทนม่วงในระยะสุกและสุกจัด แสดงให้เห็นว่า การแยกสีด้วย K-means Clustering มีความยืดหยุ่นและสามารถปรับให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งาน โดยค่า k ที่เพิ่มขึ้นจะช่วยให้การแยกเฉดสีมีความละเอียดมากขึ้น [9]

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคทั้งสองสามารถระบุระดับความสุกและความเปลี่ยนแปลงของค่าสีในผลกาแฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้ในระบบอัตโนมัติเพื่อการคัดแยกผลกาแฟในอุตสาหกรรมได้ [10] ซึ่งข้อได้เปรียบของทั้งสองวิธีคือการลดความซับซ้อนของกระบวนการคัดแยกผลกาแฟแบบดั้งเดิมที่อาศัยแรงงานคน และสามารถช่วยเพิ่มความแม่นยำในระบบอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามพบว่าข้อจำกัดที่สำคัญของการวิจัยนี้คือความไวของระบบ RGB ต่อแสงและเงาในภาพ ซึ่งอาจส่งผลต่อค่าความถูกต้องในการจำแนกสี และการระบุระดับความสุกในสถานการณ์จริงที่มีความหลากหลายมากขึ้น เช่น ผลที่อยู่ในระยะ “กึ่งดิบกึ่งสุก” หรือเมล็ดที่มีตำหนิที่ผิว ซึ่งการกำหนดค่า k = 4 มีแนวโน้มช่วยเพิ่มความละเอียดในการแยกเฉดสีเหล่านี้ และอาจมีประโยชน์ในบริบทการใช้งานภาคสนาม และในอนาคตควรพัฒนาแบบจำลองที่สามารถประเมินความแม่นยำในแต่ละระดับความสุก รวมถึงนำเสนอแนวทางการใช้งานในสายการผลิตจริง เช่น การใช้กล้องพร้อมระบบประมวลผลแบบ Edge หรือ AI บนอุปกรณ์พกพา เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทั้งในโรงงานและฟาร์มของเกษตรกรรายย่อยได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

[1] วริทธิ์นันท์ ชุมประเสริฐ, นุชนารถ คูประเสริฐ, อาทร เจียมเด่นงาม และ อภิชญา ศรีรัตน์. (2563). กาแฟคุณภาพ... ทางออกของเกษตรกรไทย. Regional Letter, ฉบับที่ 2/2563. จาก https://www.bot.or.th/th/research-and-publications/articles-and-publications/articles/regional-articles/reg-article-2020jun02.html

[2] Winston, E., Marsh, T., Lempke, H. and Chapman, K. (2005). Arabica coffee manual for Lao-PDR. FAO Regional Office for Asia and the Pacific. From: https://www.fao.org/4/ae939e/ ae939 e00.htm#Contents

[3] นพรุจ พัฒนสาร และ ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์. (2020). การประมวลผลภาพสำหรับการจำแนกคุณภาพมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์โดยการจำลองการมองเห็นของมนุษย์ด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึก. Journal of Information Science and Technology, 10(1), 24-29.

[4] พิมพา ชีวาประกอบกิจ. (2019). การปรับปรุงประสิทธิภาพในการจำแนกภาพด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันโดยใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ. Journal of Engineering and Technology, 7(1), 59-64.

[5] Demidenko, E. (2004). Kolmogorov-Smirnov Test for Image Comparison. Computational Science and Its Applications – ICCSA 2004, Lecture Notes in Computer Science, vol 3046. Springer, Berlin, Heidelberg.

[6] Won, K.H., Jung, S.K. (2011). Localized Earth Mover's Distance for Robust Histogram Comparison. Computer Vision – ACCV 2010, Lecture Notes in Computer Science, vol 6492. Springer, Berlin, Heidelberg.

[7] ศศิน เทียนดี, สุณัฏฐา ไวธัญญะกรรม, ปรวี วงศ์สวัสดิ์สุริยะ และ อรอุมา พร้าโมต. (2563). การคัดแยกความสุกดิบของกล้วยด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา วันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2563 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี.

[8] Singh, S. M., (2012). Image Retrieval based on the Combination of Color Histogram and Color Moment. International Journal of Computer Applications, 58(3), 27-34.

[9] Myagmarsuren, S. (2024). Exploring the Use of Silhouette Score in K-Means Clustering for Image Segmentation. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 13(4).

[10] ศิริเรือง พัฒน์ช่วย, อาทิตย์ อยู่เย็น และ มหศักดิ์ เกตุฉ่า. (2565). การจำแนกความสุกของผลกาแฟด้วยการประมวลผลภาพปริภูมิสี. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม , 4(3), 369-381.