
Análisis de pimientos morrones mediante Colorimetría y Espacios de Color LAB

Analysis of bell peppers using Colorimetry and Color LAB

Omar Castillo Alarcón¹, Edwin Fredy Chambi Mamani², Gludher Quispe Cotacallapa³
y Erwin Cruz Mamani⁴

Resumen

La tecnología de visión artificial se ha convertido en una técnica ampliamente utilizada en la industria para mejorar la calidad de los procesos de fabricación y control de calidad, incluyendo la inspección, identificación, clasificación y trazabilidad de los pimientos morrones. El color de los productos alimentarios es uno de los criterios que determina la decisión de compra por parte de los consumidores. Por lo tanto, se ha evaluado la medición del color en espacios LAB, HSV, RGB y YCbCr de los pimientos morrones utilizando el toolkit de visión artificial OpenCV, además la etapa de segmentación la implementamos con un wrapper de U2Net, la librería *rembg*, que ha simplificado el desarrollo. Los resultados han demostrado que la visión artificial y análisis de imágenes es una técnica que permite medir el color de los pimientos morrones, además utilizando el espacio de color LAB y HSV hemos comprobado porque su uso en este tipo de aplicaciones al ser menos dependiente de la iluminación, no siendo el caso de RGB.

Palabras claves: Visión artificial, análisis de imagen, openCV, pimientos morrones, color.

Abstract

Artificial vision technology has become a widely used technique in the industry to improve the quality of manufacturing processes and quality control, including inspection, identification, classification, and traceability of bell peppers. The color of food products is one of the criteria that determines consumers' purchasing decisions. Therefore, color measurement in LAB, HSV, RGB, and YCbCr color spaces of bell peppers was evaluated using the OpenCV computer vision toolkit. Additionally, for the segmentation stage, we implemented a U2Net wrapper, the *rembg* library, which simplified the development process. The results have shown that computer vision and image analysis is a technique that allows measuring the color of bell peppers. Furthermore, the use of LAB and HSV color spaces has been shown to be less dependent on lighting, as opposed to RGB, which makes them more suitable for this type of application.

Keywords: Artificial vision, image analysis, OpenCV, bell peppers, color.

Github del proyecto: <https://github.com/omartux/pimientos>

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha producido un desarrollo en la tecnología de visión por computadora que permite analizar imágenes de manera efectiva y precisa. Esto ha

¹ Omar Castillo Alarcón, UNSA, ocastillo@unsa.edu.pe

² Edwin Fredy Chambi Mamani, UNSA, echambimam@unsa.edu.pe

³ Gludher Quispe Cotacallapa, UNSA, gquispeco@unsa.edu.pe

⁴ Erwin Cruz Mamani, UNSA, ecruzmama@unsa.edu.pe

llevado a que esta tecnología sea ampliamente utilizada en diferentes campos, incluyendo la industria alimentaria. Para este fin, se han utilizado técnicas de procesamiento de imágenes y con OpenCV (Open Source Computer Vision Library), el dataset original tenía 2 partes, una de prueba con pimientos de alta calidad y otro dataset con pimientos de distintas calidades.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material de investigación

Se analizo la base de datos publica de morrones de la direccion <https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1gzmhnlE16IPGkMnHX8yOfp2FjUbgNsW6> de la investigacion de pimientos morrones del articulo *A Maturity Estimation of Bell Pepper (Capsicum annuum L.) by Artificial Vision System for Quality Control* de los autores Marcos Jesús Villaseñor Aguilar, Micael Gerardo Bravo Sánchez, José Alfredo Padilla Medina, Jorge Luis Vázquez Vera, Ramón Gerardo Guevara González, Francisco Javier García Rodríguez y Alejandro Israel Barranco Gutiérrez. Usando su dataset implementamos el análisis, a continuación se describe el proceso usado por nuestra implementación.

El requerimiento es quedarse solo con la información del pimiento morrón y desechar todo lo que no sea el pimiento, una primera aproximación fue el uso de detector de bordes Canny para crear una máscara binaria y desechar la información de fondo oscuro. El resultado no fue el esperado, los pimientos no tienen colores homogéneos y además el brillo de las imágenes creaba falsos bordes que distorsionaba la máscara binaria de salida.

Se intentaron múltiples formas de evitar este efecto, se aumentó contraste usando multiplicación, se usaron filtros de mediana para tratar de homogeneizar el color, además de gaussiano para poder alimentar correctamente al detector de bordes Canny pero no se pudo superar el obstáculo. Se concluyó que ese no era el camino ya que no era posible homogeneizar la imagen, y se tenía una tasa de eficiencia en la creación de la máscara en un 90%, alto pero insuficiente para los objetivos propuestos. La primera aproximación fue en resumen, usar un detector de borde y crear una máscara binaria para poder eliminar toda la información extra en los espacios de color, pero se tuvo el problema de la falsa detección de borde y se desecho.

La segunda aproximación y la que se continuó es la descrita a continuación:

- La imagen es cargada en *opencv*,
- A continuación el wrapper *rembg* de U2Net retira el fondo de la imagen y crea una imagen con fondo transparente en vez del fondo oscuro de la imagen original, este wrapper hace sencillo el uso de segmentación semántica.
- Seguidamente, esta imagen es el canal alpha transparente que se convierte en nuestra máscara binaria con un proceso de umbralización, se convierte en blanco y negro es decir valor “1” y “0”.
- La imagen es descompuesta en los siguientes espacios de color, LAB, RGB y HSV.
- Cada canal es multiplicado por la máscara binaria para eliminar información que no forme parte del pimiento, el fondo tiene el valor “0” en este momento.

- Cada canal pasa por un proceso de vectorización donde se añade cada valor de píxel si este cumple la condición de ser mayor de cero, eso para eliminar el sesgo del fondo. El vector resultante solo tiene información de color del pimiento morrón.
- Seguidamente el vector es analizado en forma estadística para hallar valores de tendencia central que nos sirva en el análisis, incluso en un futuro clasificador.
- Los pimientos patrón definen la medida de tendencia central que deben cumplir los de la base de datos, la distancia de las medidas de tendencia central hacia los valores calculados en los pimientos patrón definen la calidad del pimiento.
- Se guardan los resultados matemáticos del proceso descrito en un CSV y se itera con todas las imágenes del dataset.

2.2. Procesamiento de imágenes del dataset

Se realizaron pruebas de análisis de imagen utilizando una base de datos de fotos de pimientos morrones. Se utilizó un algoritmo de detección de fondo basado en U2Net, la cual es una red profunda optimizada para segmentación semántica. En el presente desarrollo usamos el wrapper *rembg* el cual demuestra ser perfecto para eliminar el fondo negro de las imágenes, luego mediante una máscara binaria se multiplica un fondo negro a el canal alpha de la imagen para discriminar el área del producto y luego se ejecutaron rutinas para separar los distintos canales de imagen en sus respectivos espacios de color. Posteriormente, se aplicó la máscara binaria en cada canal para eliminar la información que no pertenecía al área de interés de los pimientos morrones. Esto permitió obtener vectores con los valores componentes de cada canal y sin valores cero, sobre los cuales se realizaron cálculos de medida de tendencia central. Estas medidas guardan correlación con el estado de calidad y aceptación de los pimientos morrones analizados. En la Figura 01 se muestra el flujo de la implementación.

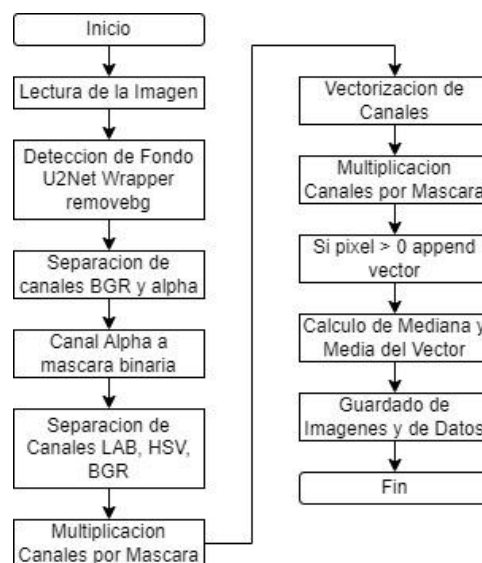


Figura 1, Flujo del sistema de análisis de pimientos por colorimetría, para la separación de canales en los espacios de color BGR (Usado por OpenCV), HSV, Color Lab, YCbCr.

Github del proyecto: <https://github.com/omartux/pimientos>

Dataset usado: <https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1gzmhnlE16IPGkMnHX8yOfp2FjUbgNsW6>

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis estadístico de uso Orange como se muestra en la imagen siguiente:

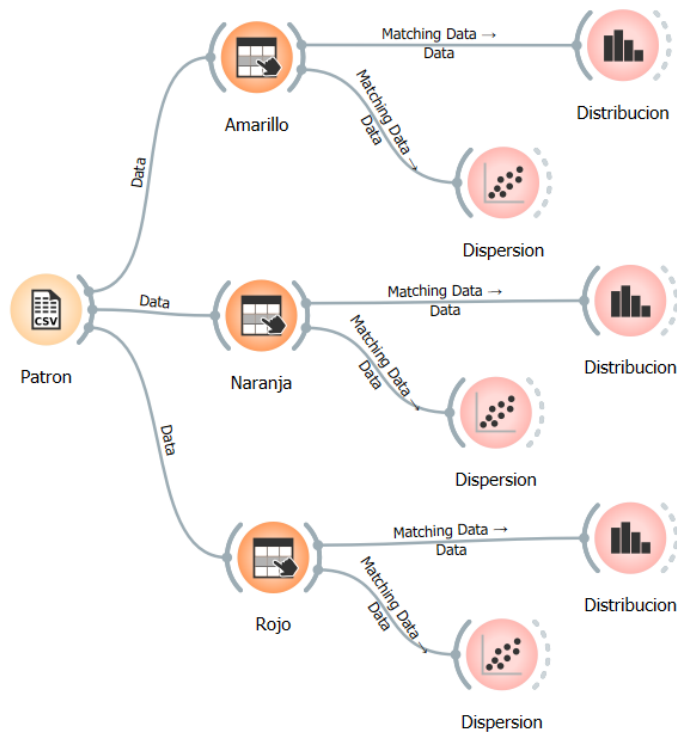

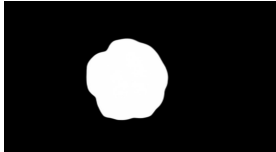
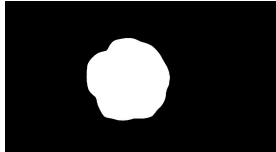
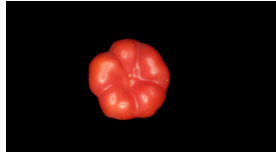
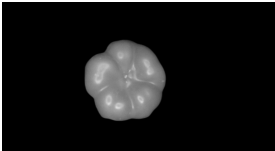
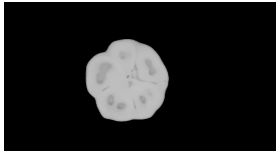
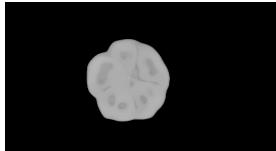

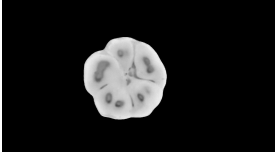
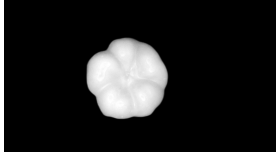
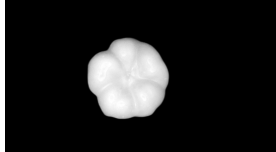
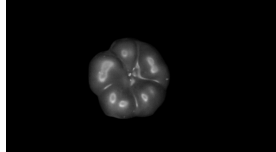


Figura 2, Esquema en Orange3 para el análisis estadístico de la salida del programa de análisis. Fuente, Elaboración propia.

En la figura 2, se observa las imágenes del producto, considerando que los pimientos presentan un color característico. Los valores LAB que se observa en la tabla 1, siendo el valor promedio de L de 230.

			
(a) Original	(b) Alpha	(c) Máscara	(d) Salida
			
(e) L	(f) A	(g) B	(h) H
			
(i) S	(j) V	(k) R	(l) G

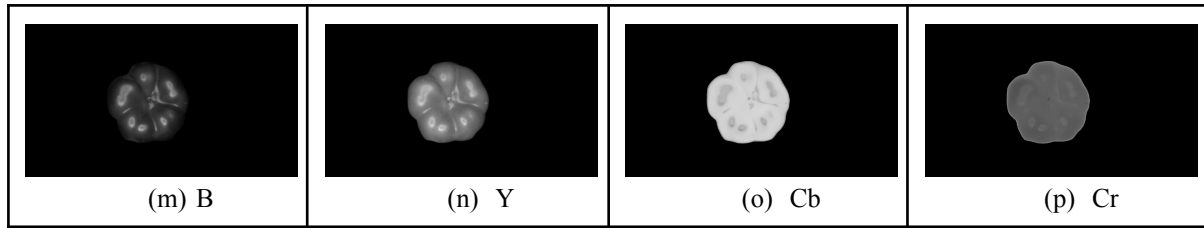


Figura 3, (a) Imagen original, (b) Canal alpha, (c) Mascara binaria del canal alpha, (d) Salida de operacion con mascara binaria; del espacio Color Lab se tiene: (e) Canal L, (f) Canal A, (g) Canal B, del espacio HSV se tiene: (h) Canal H, (i) Canal S, (j) Canal V, del espacio RGB se tiene: (k) Canal R , (l) Canal G, (m) Canal B, y del espacio de color YCbCr se tiene: (n) Canal Y, (o) Canal Cb, (p) Canal Cr. Fuente, elaboración propia.

Luego que se aplicó la máscara binaria a cada canal, y mediante aplanado e iteración se convierte las matrices de cada canal a vectores sin valores cero ("0"). De esta manera se calculó las medidas de tendencia central solo se usan píxeles con información real.

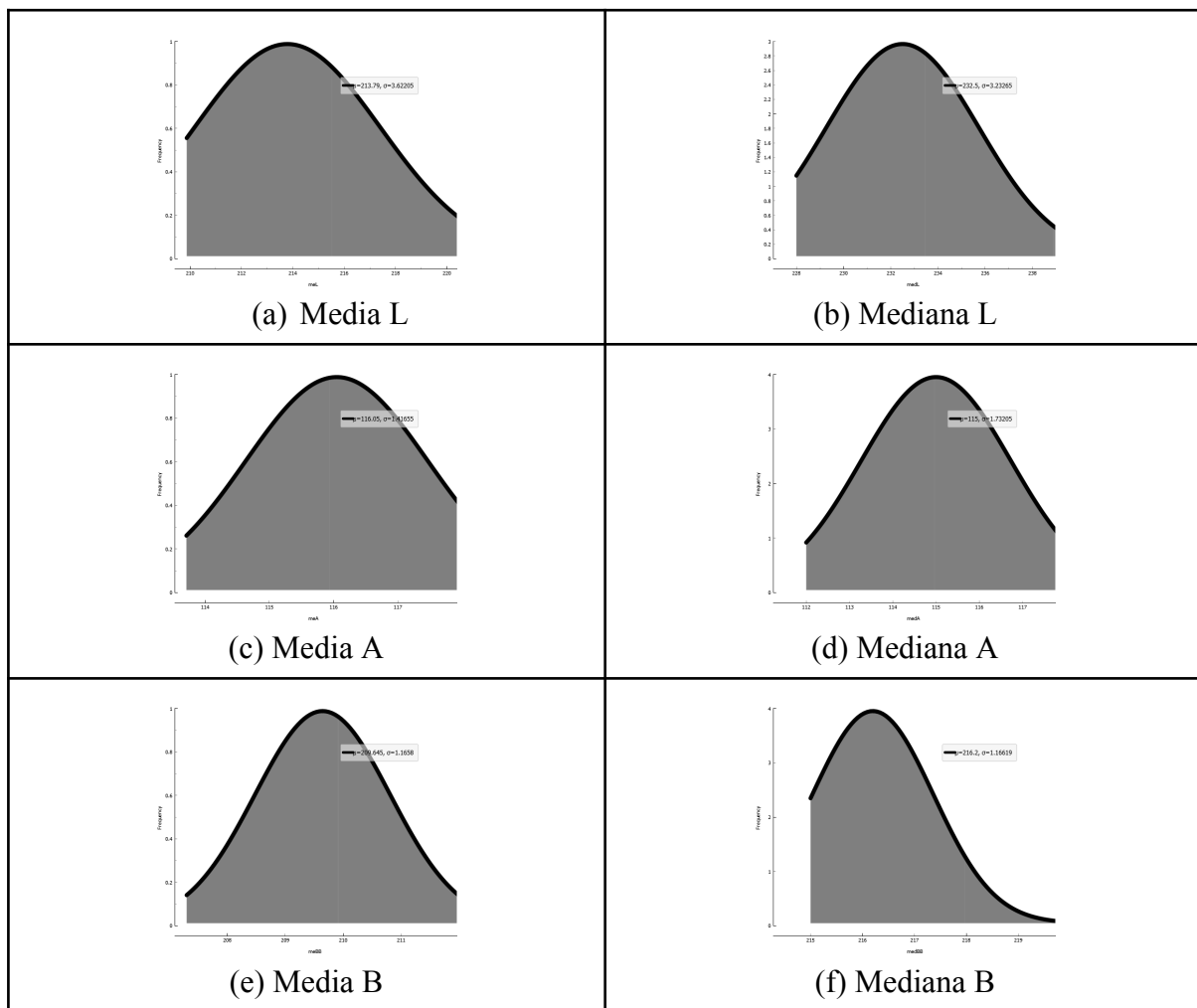


Figura 4, Medidas de tendencia central de mediana y media en los canales L, A y B del espacio Color LAB para los pimientos amarillos del dataset patron: (a) Media Canal L, (b) Mediana Canal L, (c) Media Canal A, (d) Mediana Canal A, (e) Media Canal B, (f) Mediana Canal B.

En la figura 05 se muestra la salida en espacio de color Lab para los pimientos morrones rojo, naranja y amarillo

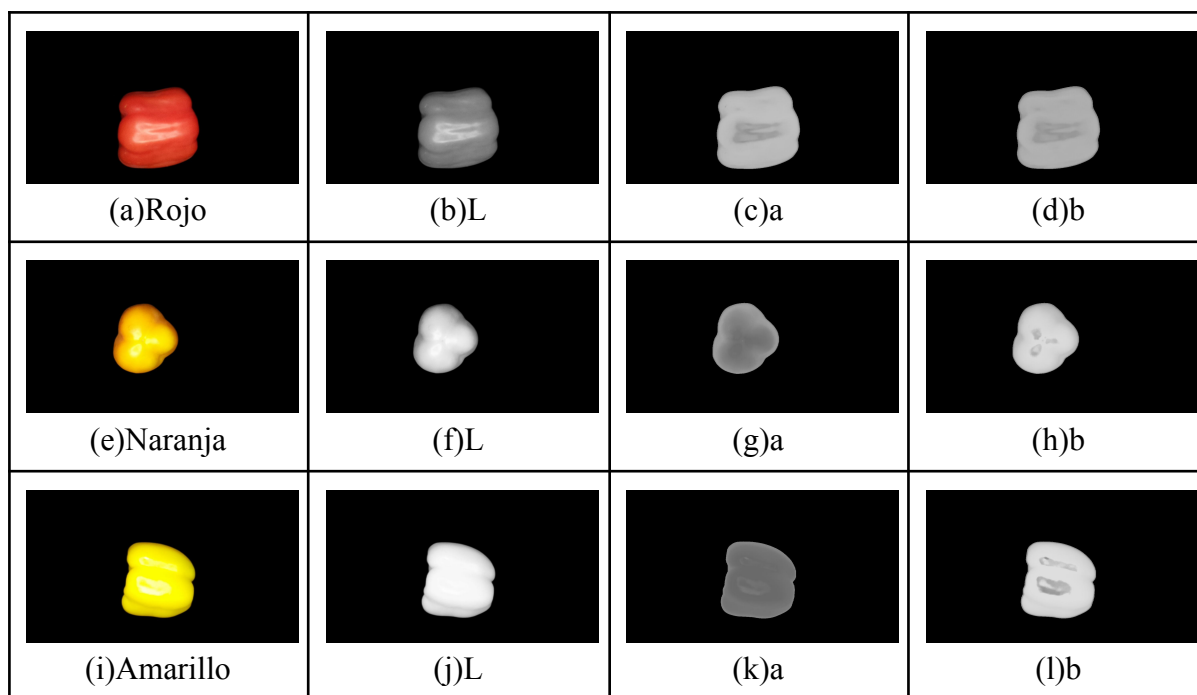


Figura 5, Procedimiento de análisis realizado a distintos tipos de pimientos. Del rojo; (a)Salida, (b)Canal L, (c)Canal A, (d)Canal B, De tipo naranja (e)Salida, (f)Canal L, (g)Canal A, (h)Canal B, De tipo Amarillo: (i)Salida, (j)Canal L, (k)Canal A, (l)Canal B. Fuente, elaboración propia.

Del análisis de los diferentes canales, el más adecuado para análisis es el espacio de Color Lab (es el estandar usado para colorimetría alimenticia). Se usó medias estadísticas para detectar coloración que indique pérdida de calidad, considerando que el color debe ser uniforme en el área expuesta del pimiento, por lo tanto el color no debe tener alguna desviación considerable de la hallada en las muestras de pimientos morrón patrón. La mediana no es usada en esta sección porque se desea analizar “todos” los píxeles incluidos en la muestra, es decir el pimiento.

Tabla 1

Resumen de medias por Canal Lab y tipo de Pimiento Amarillo en el dataset de patrón.

Tipo de Pimiento	L	a	b
Amarillo	213	116	209
Naranja	184	137	200
Rojo	122	178	166

Nota. Resumen de valores de promedio de píxeles por canal en espacio Color LAB, para los 3 tipos de pimientos en el dataset de patrón. Fuente Elaboración Propia.

Se observó que los espacios de color BGR y RGB dependen mucho de la información del canal de brillo o luminancia, valores extremos de este canal no permiten un adecuado análisis colorimétrico de la imagen. Por otro lado, modelos como HSV son más robustos a la condición de luminosidad. Sin embargo, en aplicaciones de alimentos, el espacio de color Lab es más utilizado debido a su mayor precisión en la medición del color, es más es el estandar de colorímetros por su cercanía al principio de percepción de colores del ojo humano.

Con estos valores hallados en el patrón se desarrolló un clasificador basado en tolerancias respecto al valor central de media de píxeles. Este clasificador es rudimentario y sirve como prueba de concepto y no forma parte del alcance final de este proyecto. A continuación se muestra una salida del clasificador hacia el dataset.

Tabla 2

Resumen de medidas de tendencia central, por Canal Lab y salida de clasificador prototipo.

Imagen	medL	medA	medB	meL	meA	meB	Status
Morrones21_1.jpg	84	175	150	79.49	170.18	147.23	No cumple
Morrones21_2.jpg	102	135	131	110.89	135.05	128.04	No cumple
Morrones21_3.jpg	68	149	137	75.2	146.22	137.22	No cumple
Morrones21_4.jpg	106	182	167	107.34	173.74	161	rojo
Morrones21_5.jpg	105	176	164	99.44	171.04	159.17	rojo
Morrones22_1.jpg	102	181	164	102.09	175.07	159.08	rojo

Nota. Este clasificador solo funciona comparando la media de píxeles por canal respecto a la media calculada en los pimientos patrón. Fuente Elaboración Propia.

IV. DISCUSIONES

A través del uso de algoritmos de procesamiento de imágenes como la detección de fondos de imagen (background), cálculo matricial y conversión de espacios de color, pudimos establecer una medida de desviación para evaluar la calidad de un pimiento morrón basándonos en su color.

Aunque el modelo de segmentación semántica U2Net no ha sido diseñado para este tipo de aplicaciones, el alto contraste entre el fondo y el pimiento a analizar permitió el uso de este modelo en forma sencilla con el wrapper *rembg*, este wrapper es simple, sencillo y de velocidad de proceso aceptable, incluso sin uso de GPU.

Con las medidas obtenidas se pueden desarrollar modelos de clasificación automática, aunque por el tamaño de la muestra patrón de solo 30 imágenes quizá se requiera algún mecanismo de aumento de data, por ejemplo jugar con la desviación estándar del color de canal para generar pimientos con color cercano al objetivo y de esta manera incrementar el dataset a unos miles, de esta forma evitar errores de falta de data en el entrenamiento.

V. CONCLUSIONES

Este estudio demostró que es posible utilizar un sistema de visión por ordenador en distintos espacios de color para determinar la homogeneidad del color de los pimientos morrones, lo que puede ser útil en la investigación y desarrollo de la calidad de los pimientos morrones. OpenCV se puede utilizar para analizar los datos de color de la superficie de los pimientos morrones y para la colorimetría de alimentos. El proceso de tratamiento de imágenes se desarrolló en Python 3.9.13 para el procesamiento automático de imágenes, con la librería OpenCV 4.7.0, y la librería *rembg* en la versión 2.0.35.

Queda como trabajo a futuro la implementación de un clasificador por Machine Learning, pero en este caso la idea sería usar “todos” los valores de los canales no solo los especialistas en colorimetría como ColorLAB sino también el espacio HSV que también se vio con potencial para este tipo de aplicaciones, es decir un modelo con por lo menos 6 valores de canal como parámetros de aprendizaje, los canales L,a,b y los canales H,S,V. Esto último está fuera del alcance del presente proyecto.

En el github del proyecto se encuentra el dataset usado, menos la salida, este se puede generar con el script y consta de 3555 imágenes entre el dataset patrón y el dataset a analizar.

Referencia primaria: A Maturity Estimation of Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.) by Artificial Vision System for Quality Control de los autores, Marcos-Jesús Villaseñor-Aguilar, Micael-Gerardo Bravo-Sánchez, José-Alfredo Padilla-Medina, Jorge Luis Vázquez-Vera, Ramón-Gerardo Guevara-González, Francisco-Javier García-Rodríguez and Alejandro-Israel Barranco-Gutiérrez, su trabajo está más enfocado a la estimación de madurez con el espacio RGB, nuestra aproximación es más sobre la calidad del producto usando el espacio Color LAB.

REFERENCIAS

Se lista la referencia usada en el desarrollo sin listar en el texto.

- Aktypis, A., Christodoulou, E. D., Manolopoulou, E., Georgala, A., Daferera, D., & Polysiou, M. (2018). Fresh ovine cheese supplemented with saffron (*Crocus sativus* L.): Impact on microbiological, physicochemical, antioxidant, color and sensory characteristics during storage. *Small Ruminant Research*, 167, 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.07.016>
- Chen, K., Sun, X., Qin, C., & Tang, X. (2010). Color grading of beef fat by using computer vision and support vector machine. *Computers and Electronics in Agriculture*, 70(1), 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.08.006>
- Dey, S., & Nagababu, B. H. (2022). Applications of food color and bio-preservatives in the food and its effect on the human health. *Food Chemistry Advances*, 1(September 2021), 100019. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100019>
- Díaz-García, A. C., Arias A., G. C., & Bautista C., N. (2020). Caracterización fisicoquímica y contenido de bacterias ácido-lácticas de quesos “Paria” de Arequipa, Perú. *Ciencia e Investigación*, 23(1), 59–64. <https://doi.org/10.15381/ci.v23i1.18753>
- Diezhandino, I., Fernández, D., Sacristán, N., Combarros-Fuertes, P., Prieto, B., & Fresno, J. M. (2016). Rheological, textural, colour and sensory characteristics of a Spanish blue cheese (Valdeón cheese). *LWT - Food Science and Technology*, 65, 1118–1125. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.003>
- Everard, C. D., O’Callaghan, D. J., Fagan, C. C., O’Donnell, C. P., Castillo, M., & Payne, F. A. (2007). Computer vision and color measurement techniques for inline monitoring of cheese curd syneresis. *Journal of Dairy Science*, 90(7), 3162–3170. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-872>
- Lei, T., & Sun, D. W. (2019). Developments of nondestructive techniques for evaluating quality attributes of cheeses: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 88(December 2018), 527–542. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.013>
- Liu, Y., Pu, H., & Sun, D. W. (2021). Efficient extraction of deep image features using convolutional neural network (CNN) for applications in detecting and analysing complex food

- matrices. *Trends in Food Science and Technology*, 113(October 2020), 193–204.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.042>
- Lukinac, J. L., Jukić, M. J., Mastanjević, K. M., & Lučan, M. L. (2018). Application of computer vision and image analysis method in cheese-quality evaluation: a review. *Ukrainian Food Journal*, 7(2), 192–214. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2018-7-2-4>
- Miloradovic, Z., Miocinovic, J., Kljajevic, N., Tomasevic, I., & Pudja, P. (2018). The influence of milk heat treatment on composition, texture, colour and sensory characteristics of cows' and goats' Quark-type cheeses. *Small Ruminant Research*, 169(May 2017), 154–159.
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.09.012>
- Minz, P. S., & Saini, C. S. (2021a). Comparison of computer vision system and colour spectrophotometer for colour measurement of mozzarella cheese. *Applied Food Research*, 1(2), 100020. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100020>
- Minz, P. S., & Saini, C. S. (2021b). RGB camera-based image technique for color measurement of flavored milk. *Measurement: Food*, 4(July), 100012.
<https://doi.org/10.1016/j.meafao.2021.100012>
- Rana, S. S., Pradhan, R. C., & Mishra, S. (2019). Image analysis to quantify the browning in fresh cut tender jackfruit slice. *Food Chemistry*, 278(November), 185–189.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.032>
- Saha, D., & Manickavasagan, A. (2021). Machine learning techniques for analysis of hyperspectral images to determine quality of food products: A review. *Current Research in Food Science*, 4(December 2020), 28–44. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.01.002>
- Wadhwani, R., & McMahon, D. J. (2012). Color of low-fat cheese influences flavor perception and consumer liking. *Journal of Dairy Science*, 95(5), 2336–2346.
<https://doi.org/10.3168/jds.2011-5142>
- Wang, H. H., & Sun, D. W. (2001). Evaluation of the functional properties of Cheddar Cheese using a computer vision method. *Journal of Food Engineering*, 49(1), 49–53.
[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00183-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00183-7)