

SISTEMA DE VISIÓN POR COMPUTADORA EMPLEADO EN LA CARACTERIZACIÓN DE ALIMENTOS COMPUTER VISION SYSTEM USED IN FOOD CHARACTERIZATION

López Méndez E.M.^{1*}, García V. A.^{2.}, Hernández A. L.²

¹Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Procesos Alimentarios, Prolongación Reforma 168 Barrio de Santiago Mihuacán, C. P. 74420 Izúcar de Matamoros Puebla. Teléfono: 243 436 3896

²Egresado del Programa Educativo de Procesos Alimentarios, Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros.

*Autor de correspondencia: ericklopez.mendez@gmail.com

Recibido: 2/septiembre/2022

Aceptado: 15/diciembre/2022

RESUMEN

Con el creciente uso de tecnología y la falta de recursos por las que pasan las universidades públicas año con año, es necesario implementar nuevas metodologías en la medición y control de los procesos y calidad de productos alimenticios. El objetivo fue implementar el sistema de visión por computadora (SVC) para la evaluación del color de alimentos como miel de abeja (*Apis mellifera*) y nanche (*Byrsonima crassifolia*). Se desarrolló un sistema de visión por computadora que consiste en emplear teléfonos celulares para la captura de imágenes, un medio de iluminación controlado y un software para procesar las imágenes. 30 muestras

de nanche y 3 muestras de miel fueron medidas en el espacio de color CIELAB. Los resultados obtenidos de los valores L^* , a^* y b^* fueron ajustados a valores de Luminosidad (L^*), ángulo de matiz (h^*) y cromaticidad (C^*) para después compararlos con datos teóricos. Los valores promedio de color, L^* , h^* y C^* fueron, para nanche 45.38 ± 2.96 , 80.76 ± 2.58 y 37.75 ± 2.86 mientras que para miel de abeja fueron 58.70 ± 4.53 , 7.60 ± 4.34 y 55.64 ± 2.48 , respectivamente. Los valores de color para nanche fueron bajos en L^* y C^* (coloración amarilla) pero mayor en h^* respecto a datos de literatura. Los resultados de color para miel de abeja difieren en al menos un atributo de color (36-90%) con respecto a

otras investigaciones. El color y otras características físicas de alimentos pueden determinarse por análisis de imagen. Sin embargo, se tiene que ajustar las condiciones de iluminación y calibrar los dispositivos celulares.

Palabras clave: Análisis de imagen, Color, CIELAB, Byrsonima, Miel.

ABSTRACT

With the increasing use of technology and the lack of resources that public universities go through year after year, is necessary to implement new methodologies for measurement and control of processes and food products quality. The aim of this work was to implement of a computer vision system (CVS) for evaluation of food color such as honey (*Apis mellifera*) and nanche (*Byrsonima crassifolia*). A computer vision system was developed for color analysis. This consists of using cell phones to capture images, a controlled lighting medium, and software to process the images. 30 nanche samples and 3 honey samples were measured in the CIELAB color space. The mean values obtained for L^* , a^* and b^* were adjusted

to values of Lightness (L^*), hue angle (h^*) and chromaticity (C^*), these values were compared with theoretical data. The average values of color, L^* , h^* and C^* were 45.38 ± 3.57 , 80.76 ± 2.58 and 37.75 ± 37.75 for nanche, while for bee honey they were 58.70 ± 4.53 , 9.77 ± 6.35 and 55.64 ± 2.48 , respectively. Color results for nanche, L^* and C^* (yellow coloration) were lower while h^* values were higher than literature data. Color results for bee honey were different in at least one-color attribute (36-90%) with respect to other investigations. The color and other physical characteristics of foods can be determined by image analysis however lighting conditions have to be adjusted and cell phones calibrated.

Keywords: image analysis, Colour, CIELAB, *Byrsonima*, Honey.

INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento constante de la población a nivel mundial, se requiere de innovaciones en la industria de los alimentos para hacer frente a la demanda futura de suministros sostenibles de alimentos. Por ello, la industria de los alimentos ha adoptado tecnologías, como

sistemas de visión por computadora (SVC) e inteligencia artificial (IA) (Kakani et al., 2020). Los sistemas de inspección automáticos basados principalmente en el uso de tecnologías cámara-computadora son empleados en análisis sensorial y control de calidad de productos agrícolas y alimenticios además de que, pueden caracterizar cuantitativamente tamaños complejos, formas, color y propiedades de textura de alimentos. Este sistema conocido como visión por computadora, junto con IA, han resultado exitosos en distintos campos de la industria, no solo en la de procesamiento de alimentos sino también en la agricultura, ganadería, medicina, automotriz, entre otras (Kakani et al., 2020; Moreda et al., 2012; Narendra & Hareesha, 2010; Rafiq et al., 2013; Saldaña et al., 2013;).

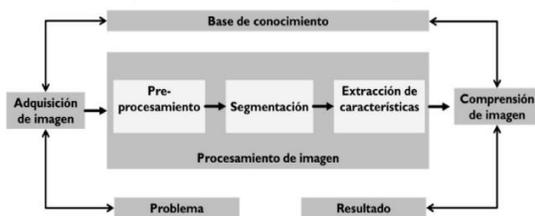
Actualmente, algunas de las principales aplicaciones de SVC son: Medición de la salud de los cultivos, detención en deficiencia de nutrientes, detección de plagas en el cultivo, análisis térmico de suelos, estimación de masa corporal y población de vacas, selección automática de peces, inspección de ingredientes alimentarios, detección de anomalías en

los alimentos, aseguramiento de la calidad de frutas y cárnicos, entre otras (Kakani et al., 2020). El sistema de visión por computadora es una tecnología ingenieril que combina mecánica, instrumentación óptica, sensores electromagnéticos, video digital y tecnología de procesamiento de imagen (Patel et al., 2012). Es empleada para adquirir y analizar una imagen de una escena real por computadora u otro dispositivo con el fin de obtener información y control de máquinas o procesos intentando imitar el procesamiento y comportamiento de los sistemas biológicos (Aghbashlo et al., 2014; Narendra & Hareesha, 2010).

El sistema de visión por computadora incluye la captura, procesamiento y análisis de imagen como pasos esenciales facilitando la medición objetiva y no destructiva de las características visuales de calidad en productos alimenticios (Figura 1). El procesamiento de imagen involucra una serie de operaciones que mejoran la calidad de esta (Brosnan & Sun, 2004; Du & Sun, 2004; Vyawahare et al., 2013). Du & Sun (2004) mencionan que el procesamiento de imagen consta de 5 pasos fundamentales los cuales son:

Adquisición de imagen, preprocesamiento, segmentación de imagen, medición del objeto y clasificación.

Figura 1
Niveles de procesamiento de imagen



Fuente: (Narendra & Hareesha, 2010).

Diversos autores han empleado el SVC en la determinación de encogimiento y deformación de alimentos que son sometidos a procesos de secado (López-Méndez et al. 2018; Ortiz-García-Carrasco et al. 2015). Al no contar con un dispositivo de medición del color en alimentos, se propuso la implementación de un sistema de visión por computadora (SVC) en la evaluación de color de algunas matrices alimentarias con la finalidad de evaluar la correspondencia de los resultados de manera sencilla y económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio se evaluaron las características físicas, como forma,

tamaño y color; de dos matrices alimenticias (Figura 2): Nanche (*Byrsonima crassifolia*) y miel de abeja (*Apis mellífera*). El nanche se empleó en fresco y con madurez comercial. Ambas matrices alimentarias se obtuvieron en el mercado local (Izúcar de Matamoros, Puebla).

Figura 2
Matrices alimentarias empleadas en la experimentación.



Nota: A= miel de abeja; B= nanche.

El fruto de nanche fue lavado y secado con una toalla de papel. Se emplearon 30 frutos de nanche para la caracterización mientras que, para el caso de la miel de abeja, se consideraron 3 muestras diferentes, provenientes de los alrededores del municipio en cuestión. En el caso de la miel, con tan pocas muestras, es probable que los valores no sean significativos, pero sirvió de base para evaluar, de manera preliminar, el sistema SVC en muestras líquidas y viscosas.

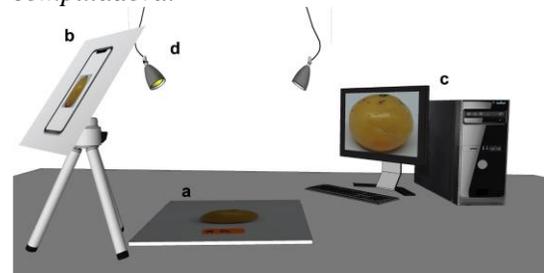
Para la determinación del color en muestras de nanche y miel, como parte de la caracterización de estos alimentos, se emplearon dispositivos celulares. Para nanche, se empleó la cámara trasera de un teléfono celular marca Samsung Galaxy J6, con una resolución de 13 megapíxeles (4128 x 3096 píxeles) f/1.9. Para miel de abeja, se empleó la cámara trasera de un dispositivo celular marca Honor 8X (5120 x 3840 píxeles), con una resolución de 20 megapíxeles f/1.8, se utilizó el balance de blancos para evitar que los colores se vieran afectados. Asimismo, se utilizó una luminosidad de 0.5 y un enfoque continuo. Las muestras de miel se colocaron en un papel cascaron blanco, en una posición vertical. No se utilizó iluminación especial (Figura 3).

La información de color de las imágenes fue transformada, a un espacio de color CIELAB para su análisis, mediante el agrupamiento de los datos de color en 3 descriptores dominantes utilizando el algoritmo k-means (Press et al., 2007). La determinación del color de los frutos muestreados se realizó mediante análisis de imagen, basado en el espacio color CIE, $L^*a^*b^*$; donde L^* indica el factor de luminosidad, a^* coordenada cromático

rojo/verde y b^* coordenada cromático amarillo/azul. Los datos de color ($L^*a^*b^*$) se ajustaron a valores de Luminosidad (L^*), ángulo de matiz (h ; Ecuación 1) y cromaticidad (C ; Ecuación 2) Todas las operaciones de análisis de imágenes se realizarán con el Matlab Image Processing Toolbox 7.0.

Figura 3

Esquema del sistema de visión por computadora.



Nota: **a:** muestra, **b:** dispositivo celular, **c:** hardware y software, **d:** iluminación del cuarto

$$h \text{ (hue)} = \arctan b^*/a^* \quad (1)$$

$$C = \sqrt{((a^*)^2 + (b^*)^2)} \quad (2)$$

RESULTADOS Y DISCUSION

Como parte de los resultados, se presentan el análisis de imágenes de los alimentos frescos, nanche y miel de abeja, empleados en dos eventos distintos para evaluar el color por un sistema de visión por computadora con el empleo de

dispositivos celulares. La Figura 4A muestra la conversión del color del alimento a tres colores descriptivos, tanto para nanche como para miel.

Empleando el sistema de visión por computadora (SVC), se obtuvieron los valores promedio de color para el fruto de nanche de 45.38 ± 2.96 , 80.76 ± 2.58 y 37.75 ± 2.86 para L^* , h^* y C^* ; respectivamente.

Figura 4

Análisis de imagen empleando el programa Matlab



Nota: A= fruto de nanche; B= miel de abeja.

En cuanto a los resultados del color de la miel de abeja, se obtuvieron valores promedios de 58.70 ± 4.53 , 7.60 ± 4.34 y 55.64 ± 2.48 para L^* , h^* y C^* . Los valores completos de este análisis se muestran en la Tabla 1.

Los resultados del color superficial de la mayoría de los frutos de nanche presentan una coloración café oscuro (Figura 4), de acuerdo con los valores obtenidos de L^* , a^* y b^* , 45.38, 6.06 y 37.23, respectivamente. Los resultados obtenidos para nanche son diferentes a los presentados por Maldonado-Peralta y colaboradores (2020) así como de Rivera-Correa (2021).

Cuadro 1

Resultados de variables de color y valores estadísticos de las matrices alimentarias analizadas mediante SVC.

Muestras/ Variables de color /valores estadísticos	Nanche			Miel		
	L^*	h^*	C^*	L^*	h^*	C^*
Media	45.38	80.76	37.75	58.70	7.60	55.64
Desviación estándar	2.96	2.58	2.86	4.53	4.34	2.48
Mínimo	38.83	75.26	33.78	55.31	3.39	53.06
Máximo	52.75	87.53	44.59	63.84	12.06	58.00
Coefficiente de variación (%)	6.52	3.19	7.58	7.71	57.05	4.46

En el caso de los valores presentados por Rivera-Correa (2021), frutos almacenados por 2 días a 20°C (HR=50-60%), el valor de h^* (matiz) coincide con el obtenido en este trabajo (diferencia $<1.5\%$). El valor de C^* obtenido por Maldonado-Peralta y

colaboradores (2020) presenta una diferencia de 93% con respecto al obtenido en este trabajo (2.52 vs. 37.75) lo que refiere a un intenso color amarillo y/o medición con suficiente iluminación. En el trabajo de Ibarra-Delgadillo (2016) se lograron datos promedio de color en frutos de nanche almacenados durante 4 días a 22 °C, con el empleo de un colorímetro digital; los valores de Luminosidad (L^*), saturación (C^*) y matiz (h^*) obtenidos fueron de 59.77, 43.99 y 118.36, respectivamente. Los valores obtenidos de L^* , C^* y h^* difieren en 24%, 14% y 32%, respectivamente; con respecto a los datos obtenidos en este trabajo. Es claro que existe diferencias entre los valores obtenidos por el sistema SVC y los obtenidos por un colorímetro. El color de los alimentos constituye un importante aspecto de calidad para su aceptación o rechazo. El estado de madurez es un factor que influye en los valores de L^* y C^* , mientras que estos valores incrementan el valor de h^* disminuye (Agredano-De la Garza et al. 2021). En los frutos, existen diferentes componentes, como flavonoides y carotenoides que son afectados por

factores fisicoquímicos durante la cosecha, postcosecha y almacenamiento. Aunque el nanche empleado para el color es similar al presentado por otros autores (a simple vista) en los datos cuantitativos analizados por los parámetros de color (L^* , h^* y C^*) son muy diferentes. Los datos obtenidos por análisis de imagen son bajos en luminosidad, bajos en cromaticidad (coloración amarilla) y altos en matiz. Es claro que hay diferencias cuantitativas en el color de los diferentes genotipos/fenotipos de nanche. Diversos factores afectan esta cualidad del fruto por lo que se requiere de establecer un estándar de color que permitan una adecuada correspondencia. En el caso del nanche de color amarillo, este se debe principalmente a la presencia de carotenoides (fuente de luteína y zeaxantina) (Agredano-De la Garza et al. 2021). El ángulo de matiz o hue se verá menos afectado debido a que los carotenoides son pigmentos relativamente estables al almacenamiento, solo la deshidratación los hace susceptibles a la descomposición por oxidación (Ibarra-Delgadillo, 2016; Maldonado-Peralta y colab.2020; Rivera-Correa, 2021). Actualmente no hay muchos trabajos del

nanche relacionados con el uso de análisis de imagen por lo que representa una oportunidad de investigación.

El color de la miel de abeja analizada en este trabajo presenta una coloración ámbar oscuro (Figura 4B) con valores promedio de L^* , a^* y b^* de 58.70, 7.30 y 55.05, respectivamente. Estos valores son similares a los presentados en el trabajo de Starowicz et al., (2021) para un tipo de miel multifloral, en este trabajo se analizaron las coordenadas de un espacio CIELab con un equipo colorímetro Hunterlab; se obtuvieron valores de $L^*=57.29$, $a=5.12$ y $b=34.90$. En esta comparativa, el valor que más difiere es el relacionado a las coordenadas amarillo/azul (b^*) con una variación de 36%. En un análisis de color realizado a muestras de miel de abeja en el estado de Tabasco (México), se encontró que los resultados promedio de las coordenadas de color fueron: $L^*=28.46$, $a^*=1.96$ y $b^*=6.40$ (Viuda-Martos et al. 2010). Dichas coordenadas de color difieren en más de 90%.

Bambil et al. (2020) compararon la eficiencia de dos dispositivos típicos de captura de imagen, un teléfono móvil de 8 megapíxeles (2000 x 3552 píxeles

resolución de imágenes) y un escáner multifuncional HP Scanjet G2710 (resolución de imagen 2550 x 3510 píxeles). Al considerar 3 algoritmos para el análisis de imagen, el escáner mostro una ligera ventaja sobre el dispositivo móvil, 94.4-98.4% contra 93.5-96.9%, respectivamente. Es claro que un teléfono celular e inteligente puede ser de beneficio en este trabajo siempre y cuando se realicen algunos ajustes de calibración de color; generación de un estándar de color.

En otros trabajos sobre análisis de color de miel de abeja se expresa que, debido a las reacciones de Maillard, durante el almacenamiento; existe un desplazamiento del color dominante hacia la zona roja (Gonzales, Burin & Pilar Buera, 1999). También, el color oscuro de la miel de abeja se debe al origen floral, vitaminas asociadas, pigmentos, compuestos fenólicos, contenido mineral, clorofila, carotenos, y compuestos xantofilos. El uso del algoritmo de agrupación de K-means puede emplearse en la detección de la adulteración de la miel de abeja basado en el contenido de glucosa o contenido total de azúcar en la miel que puede ser un método de

medición sencillo (Al-Mahasneh et al., 2021).

Es muy probable que, el origen de la miel y el tiempo de proceso y almacenamiento incidan en los resultados de evaluación del color.

CONCLUSIONES

Los valores obtenidos en el presente trabajo difieren en al menos una coordenada de color calculada, con respecto a otros trabajos de literatura. La resolución de los dispositivos empleados para la obtención de imágenes y los algoritmos utilizados en el análisis de estas juegan un papel fundamental en la obtención de resultados confiables como en este caso, la detección de color en alimentos. El color y otras características físicas de alimentos pueden ser analizadas empleando SVC y análisis de imagen. En sucesivos proyectos, se integrará el Sistema de Visión por Computadora (SVC) en el análisis de imágenes obtenidas previa calibración de los dispositivos móviles. Para mejorar la estimación de los datos de color se deben ajustar las condiciones de iluminación. La validación del método puede ser realizado mediante la incorporación de otros

algoritmos para el análisis de imagen, así como la comparación de coordenadas de color obtenidas con un colorímetro digital, así como, considerar un estándar de características fijas y/o definidas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP) por financiar parte de la investigación mediante el proyecto CONCYTEP 15/2019.

REFERENCIAS

- Aghbashlo, M., Hosseinpour, S., & Ghasemi-Varnamkhasti, M. (2014). Computer vision technology for real-time food quality assurance during drying process. *Trends in Food Science & Technology*, 39(1), 76-84.
- Agredano-De la Garza, C. S., Balois-Morales, R., Berumen-Varela, G., León-Fernández, A. E., Bautista-Rosales, P. U., López-Guzmán, G. G., & Pérez-Ramírez, I. F. (2021). Physicochemical characterization and dietary fiber of 15 Nance (*Byrsonima crassifolia* L.) fruits selections from Nayarit. *Scientia Horticulturae*, 289, 110460.

- Al-Mahasneh, M., Al-U'datt, M., Rababah, T., Al-Widyan, M., Abu Kaeed, A., Al-Mahasneh, A. J., & Abu-Khalaf, N. (2021). Classification and Prediction of Bee Honey Indirect Adulteration Using Physiochemical Properties Coupled with K-Means Clustering and Simulated Annealing-Artificial Neural Networks (SA-ANNs). *Journal of Food Quality*.
- Bambil, D., Pistori, H., Bao, F., Weber, V., Macedo A., F., Gomes G., E., Flávio de Alencar F., L., Abreu, U. G. P., Arruda, R., & Bortolotto, L. M. 2020. Plant species identification using color learning resources, shape, texture, through machine learning and artificial neural networks. *Environment Systems and Decisions*, 40, 480–484. <https://doi.org/10.1007/s10669-020-09769-w>
- Brosnan, T., & Sun, D. W. (2004). Improving quality inspection of food products by computer vision—a review. *Journal of food engineering*, 61(1), 3-16.
- Du, C. J., & Sun, D. W. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in food science & technology*, 15(5), 230-249.
- Gonzales, A. P., Burin, L., & del Pilar Buera, M. (1999). Color changes during storage of honeys in relation to their composition and initial color. *Food Research International*, 32(3), 185-191.
- Ibarra-Delgadillo, J. A. (2016). Variabilidad genotípica de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) y manejo poscosecha de frutos tratados con 1-MCP. (Tesis de maestría en ciencias) Universidad Autónoma de Nayarit. Xalisco, Nayarit.
- Kakani, V., Nguyen, V. H., Kumar, B. P., Kim, H., & Pasupuleti, V. R. (2020). A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100033.
- López-Méndez, E. M., Ortiz-García-Carrasco, B., Ruiz-Espinosa, H., Sampieri-Croda, A., García-Alvarado, M. A., Ochoa-Velasco, C. E., Escobedo-Morales, A., & Ruiz-López, I. I. (2018). Effect of shape change and initial geometry on water diffusivity estimation during drying of gel model systems. *Journal of Food Engineering*, 216, 52-64.
- Maldonado-Peralta, M. D. L. Á., Sánchez Santillán, P., Rojas García, A. R., Valenzuela Lagarda, J. L., Bottini

- Luzardo, M. B., & Alaniz Gutiérrez, L. (2020). Caracterización y evaluación de frutos de 'nanche' (*Byrsonima crassifolia* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 151-160.
- Moreda, G. P., Muñoz, M. A., Ruiz-Altisent, M., & Perdigonés, A. (2012). Shape determination of horticultural produce using two-dimensional computer vision—A review. *Journal of Food Engineering*, 108(2), 245-261.
- Narendra, V. G., & Hareesha, K. S. (2010). Prospects of computer vision automated grading and sorting systems in agricultural and food products for quality evaluation. *International Journal of Computer Applications*, 1(4), 1-9.
- Ortiz-García-Carrasco, B., Yañez-Mota, E., Pacheco-Aguirre, F.M., Ruiz-Espinosa, H., García-Alvarado, M.A., Cortés-Zavaleta, O., & Ruiz-López, I.I. (2015). Drying of shrinkable food products: appraisal of deformation behavior and moisture diffusivity estimation under isotropic shrinkage. *Journal of Food Engineering*, 144, 138–147.
- Patel, K. K., Kar, A., Jha, S. N., & Khan, M. A. (2012). Machine vision system: a tool for quality inspection of food and agricultural products. *Journal of Food Science and Technology*, 49(2), 123-141.
- Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., & Flannery, B. P. (2007). Numerical recipes: The art of scientific computing (3rd ed.) Cambridge university press.
- Rafiq, H. M., Sachdeva, P., & Sharma, S. (2013). Application of computer vision system in food processing. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 3(6), 1197-1205.
- Rivera-Correa, K. A. (2021). Comportamiento postcosecha y daños por frío en frutos de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- Saldaña, E., Siche, R., Luján, M., & Quevedo, R. (2013). Computer vision applied to the inspection and quality control of fruits and vegetables. *Brazilian journal of food technology*, 16(4), 254-272.
- Starowicz, M., Ostaszyk, A., & Zieliński, H. (2021). The Relationship between the browning index, total phenolics, color, and antioxidant activity of Polish-originated honey samples. *Foods*, 10(5), 967.

- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Zaldívar-Cruz, J. M., Kuri, V., Fernández-López, J., Carbonell-Barrachina, Á. A., & Pérez-Álvarez, J. (2010). Aroma profile and physico-chemical properties of artisanal honey from Tabasco, Mexico. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(6), 1111-1118.
- Vyawahare, A., Rao, K. J., & Pagote, C. N. (2013). Computer vision system for colour measurement-fundamentals and applications in food industry: a review. *Research and Reviews: Journal of Food and Dairy Technology*, 1(2),