**Desarrollo de un método experimental para medición del color aplicado en pasta de aguacate Hass (Persea americana L.) mínimamente processada**

**Development of an experimental method for colour measurement applied to a minimally processed Hass avocado paste (Persea americana L.)**

DOI: 10.46932/sfjdv3n1-093

Received in: Jan 30st, 2021

Accepted in: Feb 1th, 2022

**Lilia Ortiz Rodríguez**

Maestra en Ciencias Alimentarias

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Perote. División de Ingeniería Forestal. Carretera Perote-México Km. 2.5. Perote, Veracruz, México.

E-mail: lilia.ortiz@perote.tecnm.mx

**Carlos Daniel Méndez Herrera**

Ingeniero en Industrias Alimentarias

Egresado del

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Perote. Carretera Perote-México Km. 2.5. Perote, Veracruz, México.

E-mail: mendezdaniel\_1207@hotmail.com

**Micloth López del Castillo Lozano**

Doctor en ciencias de los Alimentos

Investigador del Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Veracruzana

Dr. Castelazo Ayala s/n. Industrial Animas 91190 Xalapa-Enríquez, Ver,México.

E-mail: mlopezdelcastillo@uv.mx

**Carmen Bulbarela Sampieri**

Doctora en Biotecnología

Catedrática en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/n. Zona Universitaria. Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.

E-mail: cbulbarela@uv.mx

**Cynthia Cristina Arcila Lozano**

Maestra en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Perote. División de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Carretera Perote-México Km. 2.5. Perote, Veracruz, México.

E-mail: cynthia.arcila@perote.tecnm.mx

**Nora Isela Ruíz Colorado**

Doctora en Ciencias en Ecología y Biotecnología

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Perote. División de Ingeniería Forestal. Carretera Perote-México Km. 2.5. Perote, Veracruz, México.

E-mail: nora.ruiz@perote.tecnm.mx

**Resumen**

El color es una característica importante en los alimentos ya que permite medir de forma cualitativa la calidad de estos, además representa un incremento o disminución en la aceptabilidad del consumidor pues psicológicamente el consumidor se ve atraído por alimentos con buena presentación. Actualmente, existen diversos instrumentos especializados en medir el color, sin embargo, en ocasiones se requiere de cierto capital para tener acceso a esta herramienta, ya que el costo en el mercado de un colorímetro convencional es más elevado que medir con un método experimental y como herramienta un teléfono celular inteligente. El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un método experimental para medir el color a una pasta de aguacate Hass mínimamente procesada con tratamiento térmico por microondas. El método es tan efectivo como un instrumento especializado convencional comparando la obtención de los datos.

**Palabras clave:** Color, aguacate, colorímetro, microondas, celular inteligente

**Abstract**

Colour is an important characteristic in food considering that it allows to measure food’s quality in a qualitative form. Furthermore, colour represents an increase or decrease in the consumer’s acceptability since, psychologically speaking, consumers are attracted to food with a good appearance. Nowadays, there are diverse specialized instruments for measuring the colour. However, at times, some capital is required in order to have access to those instruments due to the fact that the price of a conventional colorimeter in the market is higher than measuring with an experimental method and using a smartphone as a tool. The aim of this study was to develop an experimental method to measure the colour of a Hass avocado paste minimally processed with a thermal treatment using microwave. The results showed that this procedure is as effective as a conventional specialized instrument regarding data collection.

**Keywords:** Colour, avocado, colorimeter, microwave, smartphone.

**1 Introducción**

El color de los alimentos y la apariencia es una de las cualidades sensoriales más importantes en la percepción de la preferencia del consumidor en los alimentos frescos y procesados, productos y su marketing (Costa *et al*., 2011; Pathare *et al.*, 2013, Cheng *et al.,* 2018).

La medición del color tiene como objetivo ser un método de control de calidad; permite conocer los cambios químicos y físicos de apariencia durante el procesamiento y comercialización; y cuantifica la evaluación sensorial (Hutchings, 1999).

Convencionalmente, el color de los alimentos se analiza con un colorímetro que mide áreas pequeñas y no representativas de los alimentos, consiste en determinar un estímulo que sea equivalente en las condiciones de visualización. El estímulo comúnmente empleado es una mezcla aditiva de tres estímulos básicos o primarios y las mediciones generalmente varían según el punto donde se toma la medición. Existen distintos espacios de color, los sistemas de medición de color o espacio de color n \* (L, a, b) y L \*, a \* y b \* son más utilizado en la industria alimentaria textil y de farmacia es L \* a \*b ( Adam,1981; Tarlak *et. al* 2016) ambos se desarrollaron con base a los conceptos de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) ideado en 1931, el ojo humano tiene tres receptores de color: rojo, verde. y azul, y todos los colores son combinaciones de esos. Las cantidades de rojo, verde y azul necesarias para formar cualquier color en particular se denominan valores de triestímulo y se denotan X, Y y Z, respectivamente para generar un espacio de color más uniforme para la medición del color con ecuaciones de cálculo específicas para L / L \*, a / a \* y b / b \* las ecuaciones Hunter (L, a, b) usan la raíz cuadrada de CIE (x, y, z) para el cálculo de L, a, b, mientras que el CIE (L \*, a \*, y b \*) las ecuaciones usan la raíz cúbica; actualmente estos valores se obtienen fácilmente por un software del colorímetro (Hunter y Harold, 1987, Cheng, et al., 2018).

 Todos los colores que el ojo humano puede percibir tienen su propia identidad basada en tres elementos denominados matiz,croma y luminosidad, términos acuñados por Munsell en 1905. La luminosidad se refiere al brillo, denominada como “*brightness”,* este atributo mide el grado de oscuridad o brillo intenso. Matiz es el tono, tinte o color, denominado como (H\*) “hue”, se caracteriza por la longitud de onda de la radiación y hace diferente un color de otro. Cromaticidad es la saturación, intensidad o la “pureza” en el color, también se le denomina (C\*) “chroma”, este atributo se centra en la intensidad y/o pureza espectral de un color Mathias y Ah-Hen (2014).La coordenada a\* define la desviación del punto acromático correspondiente a la luminosidad hacia el rojo si la coordenada es positiva y color verde si es negativa; la coordenada b\* define la desviación hacia el amarillo cuando el valor es positivo o azul en el caso de que sea negativo.

Estas dos últimas coordenadas en conjunto son las que reciben el nombre de cromaticidad y con la coordenada L\* definen el color del estímulo, no obstante, la cromaticidad no indica el tono ni saturación, sin embargo, esto se soluciona definiendo C\* (chroma) y H\* (tono o “hue”), el cálculo de “chroma” y “hue” se expresa en las siguientes ecuaciones:

$C^{\*}=√(a^{\*˄2}+b^{\*˄2})$……. (Ec. 1)

$H^{\*}=arctg\left(\frac{b^{\*}}{a^{\*}}\right)$……. (Ec. 2)

Donde C\* toma el valor 0 para estímulos acromáticos, este valor puede superar las 1000 unidades, aunque no suele superar los 150, para estímulos monocromáticos H\* puede variar entre 0 y 360° unidades. Para estímulos acromáticos es una magnitud indefinida (a\* = b\* = 0) Mathias y Ah-Hen (2014).

Para la cuantificación de colores existen distintos tipos de instrumentos especializados, pero en trabajos académicos universitarios en ocasiones resulta difícil recibir el financiamiento para tener el acceso a un instrumento de estos, considerando que las aplicaciones para teléfonos móviles (*App*) han adquirido relevancia y uso creciente entre los estudiantes universitarios por ser herramientas de fácil acceso, como el teléfono celular inteligente (*smartphones*), Yu y Conway (2012) lo describen como un dispositivo móvil que tiene las funciones básicas de un teléfono y las mismas capacidades de un computador, con el agregado de la movilidad. En este trabajo se plantea un método para la medición de color con la extensión “ColorZilla” ( Sitora, 2017) y la cámara de un teléfono celular con captura de imágenes de alta resolución en condiciones controladas de luminiscencia para medir el color en muestras de alimentos, de forma similar a como lo haría un colorímetro considerando los factores del entorno, la fuente de iluminación, el observador, es un método simple y alternativo para medir el color, para este proyecto el alimento modelo fue el aguacate hass, es un cultivo frutal perenne leñoso nativo de Mesoamérica con una creciente popularidad en todo el mundo (Talavera *et al.,* 2019). Existen diversas investigaciones para evaluar la calidad del color aplicando diversos métodos, el objetivo de este trabajo fue evaluar el método experimental de medición de color mediante un teléfono inteligente y comparar con un equipo convencional en una pasta de aguacate hass expuesta a tratamiento térmico de microondas a partir de las coordenadas Hunter L, a, b.

**2 Materiales y Métodos**

1. Alimento modelo para la medición.

El aguacate tipo hass (Persea americana Mill) fue el alimento modelo, en estado de madurez de tamaño y peso similar. Se lavaron y se les retiró el exocarpio para realizar una pasta de aguacate con el mesocarpio. Las muestras se realizaron por triplicado y se colocaron en bolsas de cierre hermético para posteriormente ser sometido al tratamiento térmico que se realizó con un horno de microondas doméstico marca LG, modelo MH1448PR, frecuencia de 2 450 MHz y con potencia de 1400 W. Las muestras fueron tratadas durante 30 s, 40s, 60s, 60 s, 120, 180s y 210 s; la lectura de la temperatura se realizó en cada sesión de tiempo del tratamiento.

1. Método experimental de medición para el color

Para el método experimental propuesto fueron utilizados los siguientes materiales de fácil acceso listados a continuación:

* Tubo de PVC 4 pulgadas de ancho, cortado a diversos largos, según se requirió.
* Fondo negro opaco.
* Hoja de acetato tamaño carta u oficio.
* Cable USB.
* Cajas Petri
* Teléfono inteligente el Smartphone Lg optimus L5X 450 g perteneciente a una generación intermedia de 3G y 4G.
* Computadora con la extensión “Colorzilla” instalado en el buscador y con acceso a internet.
* Colorímetro de 8mm.

Figura 1. Esquema del método experimental de medición de color



Fuente: Esquema realizado por el equipo de investigación.

El método experimental de color consistió en colocar la muestra sobre un fondo negro y alrededor de la muestra fue acoplado un tubo PVC para aislar la muestra de la luz del medio exterior, sobre el tubo se situó el teléfono inteligente (marca Lg optimus L5X), posteriormente, se procedió a grabar con flash activo durante 31 minutos tapando la parte superior del tubo para que la luz que pueda entrar por la parte de arriba no afecte el ajuste de luminiscencia que el flash aplica a la muestra (Figura 1). Posteriormente se procedió a tomar capturas de los videos a 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos para utilizar la extensión “ColorZilla” (Sitora, 2017) en la computadora y evaluar los valores en escala RGB que arroja. Posteriormente, se congelaron las muestras tratadas en las cajas petri para llevar a cabo otra medición de color al transcurrir 2h, 24h, y 48 h.

Los valores fueron muestreados en cuatro puntos diferentes en cada captura de cada muestra de manera homogénea con ayuda de la hoja de acetato.LosdatosRGBse convirtieron a escala CIE L\* a\* b\* para ser graficados en Excel con el fin de ser traducidos en forma de ΔE, C\* (chroma) y H\* (tono o “hue”) por ambos métodos para llevar a cabo la comparación.

1. Validación de método de medición para el color

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de ciencias químicas de la UniversidadVeracruzanacampus Xalapa. Se utilizó el colorímetro Baley 8 mm digital precise portátil para comparar del método experimental de determinación de color, para ello se realizó el mismo procedimiento de preparar las muestras de pasta de aguacate sometido al tratamiento térmico en los mismos tiempos para realizar la cinética de color.

**3 Resultados**

En la siguiente tabla 1, se observan los valores de la medición del color para el caso de pasta con tratamiento térmico de microondas y sin tratamiento por ambos métodos con el colorímetro y el método que se propone.

Tabla1. Valor de medición de color

|  |  |
| --- | --- |
| **MÉTODO EXPERIMENTAL PROPUESTO** | **MEDICIÓN CON EL COLORIMETRO** |
| PASTA DE AGUACATE | MEDIA ΔE | σ ΔE | Tiempo (min) | MEDIA ΔE | σ ΔE |
| SIN TRATAMIENTO | 0.0 | 0.00 | 0 | 0.0 | 0.00 |
| 4.6 | ±0.22 | 120 | 13.6 | ±1.20 |
| 11.9 | ±0.91 | 1440 | 43.2 | ±1.87 |
| 28.8 | ±0.92 | 2880 | 47.6 | ±2.51 |
| CON TRATAMIENTO | 0.0 | ±0 | 0 | 0.0 | ±0 |
| 4.6 | ±0.39 | 120 | 4.1 | ±0.60 |
| 9.1 | ±0.43 | 1440 | 8.3 | ±0.85 |
| 10.1 | ±0.35 | 2880 | 9.4 | ±0.53 |

Fuente: Datos calculados por el equipo de investigación.

Se determinó el color mediante el método experimental propuesto y con el colorímetro en pasta de aguacate como se observa en la figura 2, la cinética de color de la pasta tratada con microondas.

Figura 2. Cinéticas de ΔE de las pastas tratadas con microondas.



Fuente: Elaborado por el equipo de investigación.

Figura 3. Cinética de ΔE de las pastas tratadas con microondas del fruto entero sin exocarpio con ambos métodos



Fuente: Elaborado por el equipo de investigación.

**4 Discusión**

En este trabajo para llevar a cabo la medición de color se utilizó la cámara de un smartphone y la extensión ColorZilla” ( Sitora, 2017), existen otros trabajos recientes donde han realizado propuestas empleando el modelo RGB con ayuda de imágenes digitales, Kirchner *et al.*, (2018) determinaron el color de objetos con la segmentación de imágenes en softwares como: Photoshop y ImageJ, otros autores como Dussan *et al.*,(2020) demostraron que el uso de un prototipo alternativo comparado con un colorímetro convencional para la medición del color en vegetales fresco, tenía un error promedio de 15,57 % y 27,45 % en las mediciones registradas por el prototipo de color y el colorímetro, respectivamente.

Equipos de laboratorio como los colorímetros tienen precios elevados y que no están presupuestados para algunas instituciones académicas, pequeñas empresas o el propio consumidor por lo que en este trabajo demostró que al comparar el método experimental propuesto y con el colorímetro (figura 3) se observa que es efectivo como un colorímetro convencional (tabla 1). Por otro lado, Cho (2020) concluye que el sistema de visión artificial diseñado con una cámara de teléfono inteligente y el modelo SVR podría ser una herramienta de bajo costo para la determinación de la madurez, almacenamiento y distribución en aguacate Hass.

**5 CONCLUSIÓN**

Los resultados obtenidos muestran que este método experimental llevado a cabo con instrumentos y herramientas de fácil acceso es tan efectivo como un instrumento especializado en medición de color. En las condiciones aplicadas el método es comparable al uso de equipos especializados (colorímetro) y por lo tanto, puede ser una alternativa para su aplicación rutinaria con fines académicos. La extensión “ColorZilla” para medir color, aparentemente es menos sensible al caracterizar color si se trata de tonos muy oscuros o con reflexión de luz muy alta.

**BIBLIOGRAFÍA**

Afshari-Jouybari, H. y A. Farahnaky, Evaluation of Photoshop Software Potential for Food Colorimetry, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2011.02.034, J. Food Eng.,106(2), 170-175 (2011).

CIE (International Commission on Illumination). Recommendations on uniform color spaces, color-difference equation, psychometric color terms.Supplement No. 2 to CIE Publication No. 15. Bureau Central de la CIE (1978)

Cheng, D.M. Barbano, M.A. Drake, Hunter versus CIE color measurement systemsfor analysis of milk-based beverages, J. Dairy Sci. 101 (6) (2018) 4891–4905,https://doi.org/10.3168/jds.2017-14197

Cho, B., Koyama, K., Olivares Díaz, E. *et al.* Determination of “Hass” Avocado Ripeness During Storage Based on Smartphone Image and Machine Learning Model. *Food Bioprocess Technol* 13, 1579–1587 (2020). https://doi.org/10.1007/s11947-020-02494-x

Costa, C., Antonucci, F., Pallottino, F., Aguzzi, J., Sun, D., & Menesatti, P. (2011). Shape analysis of agricultural products: a review of recent research advances and potential application to computer vision. Food and Bioprocess Technology, 4(5), 673–692.

Dussán-Sarria, Saúl, Garzón-García, Alba M., & Melo-Sevilla, Raúl E.. (2020). Desarrollo y evaluación de un prototipo de medición de color en vegetales frescos. Información tecnológica, 31(1), 253-260. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000100253

Hunter R.S. ,  Harold R.W. Uniform Color Scale. Chapter 8 in The Measurement of Appearance (2nd ed.), John Wiley and Sons Inc., New York, NY (1987)

Hutchings J.B. (1999) Colour Measurement of Foods. In: Food Colour and Appearance. Springer, Boston, MA

DOIhttps://doi.org/10.1007/978-1-4615-2373-4\_8

Linyan Zhou, Chia Ying Tey, Gokhan Bingol, Jinfeng Bi. Effect of microwave treatment on enzyme inactivation and quality change of defatted avocado puree during storage,Innovative Food Science & Emerging Technologies Volume 37, Part A,2016,Pages 61-67,ISSN 1466-8564,https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.08.002

Kirchner, E., P. Koeckhoven y S. Keshav, Improving Color Accuracy of Colorimetric Sensors, doi: 10.3390/s18041252, Sensors, 18(4), 1252 (2018).

MacAdam D.L. (1981) Determination of Tristimulus Values. In: Color Measurement. Springer Series in Optical Sciences, vol 27. Springer, Berlin, Heidelberg

Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur, 42*(2), 57-66. doi:10.4206/agrosur.2014.v42n2-07

Musell A.H, Color Notation, Musello Color Company, 1919.

Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. Food and Bioprocess Technology, 6(1), 36-60. doi:http://dx.doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9

Sitora, A. (2017). Colorzilla (3.3) Web app. www.colorzilla.com

Talavera, A., Soorni, A., Bombarely, A. et al. Genome-Wide SNP discovery and genomic characterization in avocado (Persea americana Mill.). Sci Rep 9, 20137 (2019

TARLAK, Fatih, OZDEMİR, Murat, & MELİKOGLU, Mehmet. (2016). Computer vision system approach in colour measurements of foods: Part II. validation of methodology with real foods. Food Science and Technology, 36(3), 499-504. Epub June 14, 2016.https://doi.org/10.1590/1678-457X.02616

Yu, F. & Conway, A. R. (2012). Mobile/Smartphone Use in Higher Education. *Proceedings of the 2012 Southwest Decision Sciences Institute*, 831-839.

Zhou, Linyan & Tey, Chia Ying & Bingol, Gokhan & Bi, Jinfeng. (2016). Effect of microwave treatment on enzyme inactivation and quality change of defatted avocado puree during storage. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 37. 10.1016/j.ifset.2016.08.002.