

Análisis de color de la fresa, kiwi, guayaba y papaya, correlación de la capacidad antioxidante con ácido ascórbico y polifenoles

Torres-Hernández D.M. ^a, Contreras-Martínez C.S. ^a, Gutiérrez-Hernández R. ^a, García-González J.M. ^b, Carranza-Concha J. ^a

^a Programa Académico de Nutrición, Unidad Académica de Enfermería, Área de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Zacatecas.

^b Programa de Químico en Alimentos, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Zacatecas.

marieeltorres@gmail.com

RESUMEN:

Las frutas y verduras tienen un rol importante en la salud humana por la abundancia de sus nutrientes esenciales y fitoquímicos; enfatizándose su capacidad antioxidante total por su amplia variedad de funciones biológicas, que pueden prevenir o reducir el riesgo de enfermedades crónicas. Esta capacidad antioxidante denota la capacidad para mantener una estructura y función celular óptima y prevenir otros daños oxidativos. El objetivo de este estudio fue correlacionar la capacidad antioxidante con el ácido ascórbico (AA) y los polifenoles de la fresa, kiwi, guayaba y papaya, así como analizar su color. Como variables de respuesta se tomaron las propiedades fisicoquímicas, el contenido fenólico total, la capacidad antioxidante (ABTS y DPPH) y el color. El análisis estadístico (ANOVA) presentó diferencias estadísticamente significativas, mostrando a la guayaba con la mayor concentración de fenoles totales y contenido de ácido ascórbico, al kiwi como el de mayor capacidad antioxidante (método ABTS) y a la fresa con la mayor cantidad captadora del radical DPPH. De igual manera se mostró la existencia de una correlación positiva fuerte entre AA y FT, así como AA con el DPPH y una correlación fuerte negativa entre AA y ABTS.

Palabras clave: Frutas, ácido ascórbico, capacidad antioxidante, color, polifenoles

ABSTRACT:

Fruits and vegetables have an important role in human health due to the abundance of their essential nutrients and phytochemicals; emphasizing its total antioxidant capacity for its wide variety of biological functions, which can prevent or reduce the risk of chronic diseases. This antioxidant capacity denotes the ability to maintain optimal cell structure and function and prevent other oxidative damage. The objective of this study was to correlate the antioxidant capacity with ascorbic acid (AA) and polyphenols of strawberry, kiwi, guava and papaya, as well as to analyze its color. The physicochemical properties, total phenolic content, antioxidant capacity (ABTS and DPPH) and color were taken as response variables. The statistical analysis (ANOVA) presented statistically significant differences, showing the guava with the highest concentration of total phenols and ascorbic acid content, the kiwi with the largest antioxidant capacity (ABTS method) and the strawberry with the highest amount of DPPH radical. Likewise, it was shown the existence of a strong positive correlation between AA and FT, as well as AA with DPPH and a strong negative correlation between AA and ABTS.

Key words: Fruits, ascorbic acid, antioxidant capacity, color, polyphenols

Área: Alimentos funcionales

INTRODUCCIÓN

Las frutas y verduras tienen un papel importante en la salud humana, ya que contienen muchos nutrientes esenciales y fitoquímicos que pueden prevenir o reducir el riesgo de enfermedades crónicas así como enfermedades cardiovasculares, diabetes, obesidad, ciertos tipos de cáncer, inflamación, accidentes cerebrovasculares y shock séptico (Comert *et al.*, 2020). También se ha enfatizado que la capacidad antioxidante total de las frutas y verduras representa una concentración general de compuestos bioactivos que incluyen tocoferoles, carotenoides y compuestos fenólicos, así como al ácido ascórbico (Pennington y Fisher, 2009). Esta situación ha motivado a investigar las propiedades químicas de estos alimentos que, además de su importancia nutricional, muestran un efecto protector de la salud, expresado por una disminución del riesgo de sufrir determinadas patologías (Araya *et al.*, 2006).

Los radicales libres, en forma de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, se generan constantemente a partir del metabolismo celular y pueden causar daños al ADN así como a las proteínas, lípidos y otras moléculas celulares pequeñas (Chan *et al.*, 2016). La actividad antioxidante denota la capacidad de un compuesto bioactivo para mantener la estructura y función celular al eliminar eficazmente los radicales libres, inhibir las reacciones de peroxidación lipídica y prevenir otro daño oxidativo. (Zou *et al.*, 2016).

Entre los fitoquímicos bioactivos, los polifenoles han sido ampliamente estudiados como los antioxidantes más abundantes proporcionados por la dieta humana. Se han identificado y clasificado más de 8,000 moléculas en familias que comprenden flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos y lignanos (Septembre-Malaterre, 2016). Se ha sugerido que estos fitoquímicos, consumidos a través de frutas frescas o sus productos derivados, tienen una amplia variedad de funciones biológicas que incluyen antioxidante, anti inflamación, anti mutagenicidad, anti carcinogenicidad y anti envejecimiento para la salud humana (Zou *et al.*, 2016).

Por todo lo anterior, este estudio tiene como objetivo determinar las características de color de la fresa, kiwi, guayaba y papaya a través de las coordenadas CIE $L^*a^*b^*$ así como la correlación del contenido de ácido ascórbico, con el contenido fenólico total, las propiedades antioxidantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima:

Se utilizó fresa, guayaba, kiwi y papaya, adquiridas en un supermercado de la ciudad de Zacatecas, a las cuales se les determinó el pH, los °Brix, el contenido en humedad, la acidez total, el contenido de ácido ascórbico (AA), así como el contenido fenólico total (CFT), la capacidad antioxidante (CA) y el color (Coordenadas CIE $L^*a^*b^*$).

La extracción para la cuantificación de CFT y la CA se llevó a cabo mediante una adaptación del método descrito por Tomás-Barberán *et al.*, (2001). Para lo cual trituraron 20 g de cada fruta con 20 mL de MeOH con 5 mL de HCl 6N, y 2 mg de NaF, se mezcló con agitación continua durante 30 min a temperatura ambiente, posteriormente fue centrifugada durante 10 min a 4°C y 4,500 rpm.

Contenido Fenólico Total

El contenido fenólico total (CFT) se cuantificó utilizando la prueba Folin-Ciocalteu (Li *et al.*, 2006); Se mezclaron 250 µl de extracto con 15 ml de agua desionizada y 1,25 ml de reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich MO USA). Después de 5 minutos, se añadieron 3,75 ml de Na₂CO₃ (7,5%) y se llevaron a 25 ml con agua desionizada. La absorbancia se midió a 765 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (Thermo Scientific 10S, Thermo Fisher Scientific Inc, EE. UU.) Después de una reacción de 2,5 minutos a 20 °C. Los resultados se expresaron como mg de ácido gálico (mg GAE 100 g-1).

Capacidad Antioxidante (CA)

En cuanto a la capacidad antioxidante (CA), esta se cuantificó mediante la técnica espectrofotométrica del ABTS•+ (Re *et al.*, 1999) DPPH (Brand-Williams, 1996) y FRAP. En todos los casos los resultados fueron expresados en micromoles de Trolox (TEAC) en 100 g de muestra.

Método ABTS•+

El mismo extracto obtenido para la cuantificación de TPC se usó para evaluar CA. La CA se determinó mediante una modificación de la técnica espectrofotométrica desarrollada por Re *et al.* (1999), utilizando el radical ABTS • + (Sigma) generado por persulfato de potasio 2,45 mM (K₂S₂O₈). La mezcla permaneció en la oscuridad a temperatura ambiente (~ 20 °C) durante 16 h antes de su uso, y luego la solución ABTS•+ se diluyó para dar una absorbancia de 0.7 ± 0.1 a 734 nm. Posteriormente, se mezclaron 100 µL de extracto de cada fruta con 900 µL de la solución diluida ABTS•+, y después de una reacción de 2.5 min a 20 ° C, se midió la absorbancia a 734 nm. Los resultados se expresaron como µmol de equivalente de Trolox (TEAC) 100 g⁻¹. Todos los experimentos fueron replicados tres veces.

Método DPPH

También se cuantificó la CA mediante una ligera modificación del método descrito por Brand-Williams *et al.* (1995); se añadieron 100 µL de extracto de cada fruta a 1 ml de 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl (DPPH) (3 mg 100 ml⁻¹ en solución metanólica). La actividad de eliminación de los radicales libres, utilizando la reacción de radicales libres DPPH, se evaluó midiendo la absorbancia a 515 nm, después de una reacción de 2,5 minutos a 20 °C, en un espectrofotómetro. Los resultados se expresaron como µmol equivalentes de Trolox 100 g⁻¹.

Color

El color se determinó a partir de las coordenadas CIEL*a*b* obtenidas con un fotocolorímetro AMT506 (SMI, México) con observador 10° e iluminante D65. A partir de las coordenadas calculó el Croma (C*ab) y el tono (h*ab). Las mediciones se realizaron en la capa externa de la fruta (pelada en el caso de la papaya y el kiwi).

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. Todos los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como valores medios y desviación estándar. Para determinar las diferencias estadísticamente significativas de las variables entre los datos en las variedades de miel, se realizó un ANOVA unidireccional, en caso de ser significativo, se aplicó una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los valores del contenido de ácido ascórbico, de la actividad antioxidante y el contenido fenólico total se analizaron mediante la correlación de Pearson. Todos los análisis estadísticos se realizaron con Statgraphics® Centurion XV (Statpoint Technologies Inc., Warrenton, VA, EE. UU.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla I se muestra información que describe algunas de las propiedades fisicoquímicas generales de las frutas en estudio. Los mayores contenidos de humedad se encontraron en la fresa (91.9%) y papaya (91.5%), siguiendo en orden descendente con el kiwi (86.3%) y la guayaba (81%). La fresa tuvo el pH más bajo (3.53), seguido de la guayaba (3.54) y el kiwi (3.55) dejando a la papaya con el pH más alto (5.87). Continuando con los °Brix, la guayaba tuvo los máximos valores de sólidos solubles. Si bien los valores fueron estadísticamente iguales a los encontrados en el kiwi; los menores valores de sólidos solubles se presentaron en la papaya y en la fresa. Respecto a la acidez total se mostraron diferencias estadísticas significativas, siendo el kiwi el más ácido del conjunto y la papaya la menos ácida.

Frutas	Xw (%)	pH	°Brix	AT
Fresa	91.919 ± 0.6c	3.53 ± 0.02a	6.00 ± 0.00a	163.4 ± 1.4a
Guayaba	81.071 ± 0.4a	3.54 ± 0.02a	11.77 ± 0.40c	176.51 ± 2.03a
Kiwi	86.312 ± 0.1b	3.55 ± 0.01a	11.33 ± 0.06c	237.5 ± 1.00a
Papaya	91.590 ± 0.09c	5.87 ± 0.02b	7.20 ± 0.00b	15.02 ± 0.22a

Valores expresados en base húmeda. Letras iguales dentro de una columna indica que no hay diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤0,05).

Contenido de ácido ascórbico, fenoles totales y actividad antioxidante

Los resultados obtenidos para el contenido de ácido ascórbico, fenoles totales y actividad antioxidante se muestran en la tabla II. De las muestras analizadas, la guayaba presentó una mayor concentración de fenoles totales. Continuando con la fresa y posteriormente con el kiwi y la papaya (aunque los valores de estos últimos fueron estadísticamente iguales).

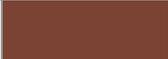
El análisis estadístico indicó que la actividad antioxidante medida por el método ABTS fue significativa. Posicionando al kiwi como el mayor captador, mientras que la guayaba exhibió una débil actividad. Por otro lado, la mayor cantidad captadora del radical DPPH se registró con la fresa (81,9 μmol de TEAC 100 g⁻¹) seguida de la guayaba, papaya y kiwi. Los resultados muestran que los valores de ABTS expresados como TEAC son mayores que en la técnica con DPPH, debido a la baja selectividad del ABTS que reacciona con cualquier compuesto aromático hidroxilado, independientemente de su potencial antioxidante. Como último punto, la guayaba presentó el mayor contenido de ácido ascórbico con respecto a la papaya, la fresa y el kiwi.

Frutas	FT (mg AG 100 g ⁻¹)	ABTS (μmol Trolox g ⁻¹)	DPPH (μmol Trolox g ⁻¹)	AA (mg 100 g ⁻¹)
Fresa	64.03 ± 1.79 b	34.35 ± 0.02 c	81,9 ± 24,2 d	52.65 ± 0.80 a
Guayaba	199.21 ± 4.26 c	32.21 ± 0.28 a	26.16 ± 1.41 b	288.40 ± 4.47c
Kiwi	16.81 ± 0.99 a	34.80 ± 0.05 d	8.27 ± 0.35 a	47.88 ± 0.60 a
Papaya	14.60 ± 0.27a	33.29 ± 0.11b	14.62 ± 0.79 c	62.11 ± 2.59 b

Los valores están expresados en base húmeda. Letras iguales dentro de una columna indican que no hay diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤0,05).

Con respecto al color, se observaron diferencias significativas entre las muestras en las coordenadas CIEL*a*b* (tabla III). El valor de L* indica la luminosidad de la muestra que puede tomar valores entre 0 y 100, a* indica la cantidad de color rojo/verde, mientras que b* indica el color amarillo/azul. Con los valores l*, a*, b*, se calculó el chroma (c*ab) y el tono (h*ab). Se observa que la guayaba es la fruta más luminosa respecto a la papaya y el kiwi, situando a la fresa con la menor luminosidad. La coordenada a*, la fresa, la papaya y la guayaba mostraron una tonalidad roja por sus valores positivos; colocando a la fresa con el mayor valor y a la guayaba con el menor. El kiwi, por otro lado, mostró una tonalidad verde por sus valores negativos. Las cuatro frutas presentan una tendencia hacia la tonalidad amarilla respecto a la coordenada b*, siendo la guayaba la que tiene mayor valor. Finalmente, la guayaba y la papaya tienen una pureza de color similar, siendo la guayaba ligeramente más pura. Las frutas pasan durante su vida por una serie de períodos caracterizados en una secuencia de continuos cambios metabólicos que se dividen en tres etapas fisiológicas: crecimiento, maduración y senescencia (García-

Taín et al., 2011). Debido a esto, los valores de las coordenadas CIEL*a*b* podrían variar dependiendo de la fruta e incluso entre variedades de las mismas, ya que están expuestas a diversas condiciones ambientales e incluso sometidas a técnicas de conservación de alimentos.

Fruta	L*	a*	b*	Chroma	Tono	
Fresa	16 a	23 b	14.53 a	27.2	32.2	
Guayaba	53,5 c	1.1 a	31 c	31.4	88.2	
Kiwi	32.1 b	-1.8 a	18.0 ab	18.3	95.5	
Papaya	35.3 b	22.3 b	20.3 b	30.3	42.6	

En cuanto a la correlación, la tabla IV muestra los valores de r (correlación de Pearson) entre el contenido de ácido ascórbico (AA) y el contenido fenólico total con la actividad antioxidante. Mostrando la existencia de una correlación positiva fuerte entre AA-FT y AA-DPPH y una correlación fuerte negativa entre AA-ABTS.

	FT	ABTS	DPPH
AA	0,9597	0,8542	0,8748

CONCLUSIÓN

Se encontró correlación positiva fuerte entre el ácido ascórbico con el contenido fenólico total y las propiedades antioxidantes de la fresa, kiwi, guayaba y papaya, por lo tanto, la capacidad antioxidante de las frutas en estudio parece estar influenciadas en gran medida por el contenido de ácido ascórbico. Las propiedades fisicoquímicas de las frutas muestran información importante sobre el comportamiento del alimento ante diferentes condiciones tanto internas como externas. Además nos indican parámetros de calidad y estabilidad, la proporción en la que se encuentran los nutrientes y las condiciones para la proliferación de microorganismos. Entre los resultados obtenidos se muestra un gran contenido de agua para todas las frutas, destacando la fresa con un 91.9%. De acuerdo al pH todas las frutas se clasificaron como ácidas, teniendo una barrera natural frente al desarrollo de microorganismos y/o deterioro enzimático. Los grados Brix ayudan a medir la maduración de las frutas y su calidad; como resultado se tiene a la guayaba con los valores máximos de sólidos solubles (11.77° Bx). Y en cuanto a la acidez total se encontraron diferencias significativas entre las frutas siendo el kiwi el de mayor contenido y la papaya como la de menor. Se estableció el color de las frutas en estudio, mostrando a la fresa, papaya y guayaba en la zona de color rojo por sus valores de a* positivos y al kiwi en la zona del color verde por sus valores en negativo. La fruta que presentó la mayor pureza de color y luminosidad fue la guayaba con un valor de Chroma (31,4) y L* (53,5). Los valores de estas coordenadas pueden variar ya que las frutas tienen una serie de cambios metabólicos, las cuales afectan el color con el paso del tiempo. Las herramientas utilizadas en esta investigación permiten la elaboración de cartas de color digitales para frutas, las cuales pueden servir como apoyo en las etapas de cosecha/postcosecha como para parámetros de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Araya H., C. Clavijo, C. Herrera (2006). Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivadas en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion. Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*. Vol. 56 N° 4.
- Benzie IFF, Strain JJ. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239: 70–76. <http://dx.doi.org/10.1006/abio.1996.0292>.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*. 28: 25–30. [http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- Chan, C.-L., Gan, R.-Y., & Corke, H. (2016). The phenolic composition and antioxidant capacity of soluble and bound extracts in selected dietary spices and medicinal herbs. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(3), 565-573
- Comert E.D., B.A. Mogol, V. Gokmen (2020). Relationship between color and antioxidant capacity of fruits and vegetables. *Current Research in Food Science* 2: 1–10
- García-Taín, Y., García-Pereira, A., Hernández-Gómez, A., & Pérez-Padrón, J. (2011). Estudio de la variación del Índice de Color durante la conservación de la piña variedad Cayena Lisa a temperatura ambiente. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 20(4).
- Li, BB, Smith B, Hossain M. (2006). Extraction of phenolics from citrus peels: II. Enzyme-assisted extraction method. *Separation and Purification Technology*. 48: 189-196. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.137>
- Pennington, J.A.T., Fisher, R.A. (2009). Classification of fruits and vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*. 22, S23-S31.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*. 26: 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Septembre-Malaterre A., G. Stanislas, E. Douraguia, M.P. Gonthier (2016). Evaluation of nutritional and antioxidant properties of the tropical fruits banana, litchi, mango, papaya, passion fruit and pineapple cultivated in Réunion French Island. *Food Chemistry* 212: 225–233.
- Tomás-Barberán F, Gil M, Cremin P, Waterhouse A, Hess-Pierce B, Kader A. (2001). HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49: 4748-4760. <https://doi.org/10.1021/jf0104681>
- Zang, S., S. Tian, J. Jiang, D. Han, X. Yu, K. Wang, D. Li, D. Lu, A. Yu, Z. Zhang (2017). Determination of antioxidant capacity of diverse fruits by electron spin resonance (ESR) and UV-vis spectrometries. *Food Chemistry* 221: 1221–1225.
- Zou Z., W. Xi, Y. Hu, C. Nie, Z. Zhou (2016). Antioxidant activity of Citrus fruits. *Food Chemistry* 196: 885–896