

Fitoquímicos presentes en tres variedades de *Capsicum annuum* en distintos tiempos de vida de anaquel

Phytochemicals present in three varieties of *Capsicum annuum* at different shelf life times

Victoria Jared Borroel-García¹, Alan Joel Servín-Prieto¹, Tania Elizabeth Velásquez-Chávez¹, Mónica Hernández-López¹, Héctor Abelardo González-Ocampo² y Mercedes Georgina Ramírez-Aragón^{1*}

¹ Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Av. Tecnológico N° 1555 Sur. Periférico Lerdo Km. 14.5, Plácido Domingo, Lerdo, Durango. C.P. 35150

² CIIDIR-SINALOA del Instituto Politécnico Nacional, Bulevar Juan de Dios Bátiz Paredes #250, Col. San Joachin, en Guasave, Sinaloa. C.P. 81049

*Autor para correspondencia: georgina.ra@itslerdo.edu.mx

RESUMEN

Las frutas y verduras son componentes importantes de una dieta saludable. Son fuentes ricas en vitaminas, minerales y una gran cantidad de sustancias beneficiosas no nutricionales, incluidos los compuestos fenólicos, flavonoides y otros antioxidantes. El chile es un fruto común e importante que se utiliza para mejorar el sabor y la nutrición. A lo largo de los años, los informes han demostrado su potencial como antioxidante. Los compuestos fenólicos encontrados tuvieron valores en rangos entre 6 y 33 mg AGE g⁻¹ entre las distintas variedades de chiles analizadas. Por otra parte, los flavonoides de chile habanero, seguido por serrano y jalapeño oscilaron entre 81, 81 y 25 mg EQ g⁻¹ respectivamente. Adicionalmente, la técnica de capacidad antioxidante reportó valores de 13281 – 20125 µM AOX g⁻¹ PF para la variedad con mayor concentración de antioxidantes. El objetivo de este estudio fue cuantificar la presencia de compuestos bioactivos presentes en chile a distintas horas de almacenamiento.

Palabras clave: Antioxidantes, chile, fenólicos, flavonoides.

ABSTRACT

Fruits and vegetables are important components of a healthy diet. They are rich sources of vitamins, minerals and a host of beneficial non-nutritional substances, including phenolic compounds, flavonoids and other antioxidants. Chili is a common and important fruit used to improve flavor and nutrition. Over the years, reports have shown its potential as an antioxidant. The phenolic compounds found had values ranging between 6 and 33 mg AGE g⁻¹ among the different varieties of chili peppers analyzed. On the other hand, the flavonoids of habanero chili, followed by serrano and jalapeño ranged between 81, 81 and 25 mg EQ g⁻¹ respectively. Additionally, the antioxidant capacity technique reported values of 13281 – 20125 µM AOX g⁻¹ PF for the variety with the highest concentration of antioxidants. The objective of this study was to quantify the presence of bioactive compounds present in chili at different storage times.

Keywords: Antioxidants, chili, phenolics, flavonoids.

INTRODUCCIÓN

El chile es uno de los cultivos agrícolas más importantes en México y el mundo, estos frutos son consumidos tanto en fresco como en seco ya que añaden color, sabor y aroma a distintas formulaciones en alimentos, lo que lo sitúa entre las principales especias. El cultivo de *Capsicum annuum* en México es el que cuenta con mayor diversidad, ya que prácticamente se produce en todo el territorio,

con múltiples sistemas de producción y presentando situaciones muy diversas en su desarrollo (Zegbe-Domínguez et al., 2012).

Existen un sin número de especies domesticadas entre ellas se pueden mencionar *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens*. De las especies que se cultivan en México, *C. annuum* es la de mayor importancia económica y la que presenta mayor variabilidad en



sus características como lo son el tamaño, forma, y color de sus frutos. En esta categoría se encuentran los chiles "de árbol" o "cola de rata", "anchos", "serranos", "jalapeños" y "morrón", entre otros (Hernández-Verdugo et al., 2012).

El estado de Chihuahua tiene una producción promedio de 562000 toneladas reportada en el año 2017. Para 2019, el SIAP reportó una producción nacional de 3,238,244.81 toneladas de chile (GobMX, 2019). Se ha reportado una superficie destinada al cultivo de chile que oscila en un rango de 40 mil hectáreas en los últimos 15 años; cabe mencionar que la producción ha aumentado en poco más de un millón de toneladas para este mismo periodo manteniéndose en un promedio de 147 mil hectáreas anuales del cultivo en el país (INTAGRI, 2020).

La evidencia en investigación científica que relaciona a los capsaicinoides y compuestos fenólicos contenidos en el chile ha ganado importancia en el consumo de chile, tanto fresco como procesado, no solamente por sus propiedades sensoriales, sino también por, los beneficios que aportan la presencia de estos compuestos en el fruto, ya que reducen los riesgos de enfermedades. Por mencionar un ejemplo, un estudio realizado a más de 270,000 personas durante un período de 19 años, realizado en Estados Unidos, demostró que disminuyó en un 12% la mortalidad entre los consumidores habituales de chile en referencia a los no consumidores (Chopan & Littenberg, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar, área y periodo de estudio

La presente investigación se realizó en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Av. Tecnológico N° 1555. Periférico Lerdo Km. 14.5 C.P. 35150. El periodo de estudio fue comprendido de septiembre a diciembre del año en curso.

Obtención de extractos de *Capsicum annuum*

Para obtener los extractos de *Capsicum annuum* se utiliza 1g de cada variedad de chile (habanero, serrano y jalapeño) adicionando 10 mL de alcohol en tubos Eppendorf de 15 mL.

Posteriormente se utilizaron tubos Eppendorf de 1.5 ml para ser almacenados en el ultracongelador. Este procedimiento se repitió para cada variedad de chile

a distintos tiempos (24, 48 y 72 h) después de adquirir cada muestra.

Técnica Folin-Ciocalteu

Los fenoles se determinaron de acuerdo con la metodología descrita por Matteo et al. (2017) utilizando la técnica de Folin-Ciocalteu, que es una técnica donde se implementan 250 μ L del reactivo en una muestra de 50 μ L y 3 ml de agua destilada para después mezclarlo en el vortex durante 30 segundos y dejar reaccionar durante 3 minutos. Posteriormente se le añade 750 μ L de una solución de Na_2CO_3 al 20% y 950 μ L de agua destilada, se coloca el tubo en el vortex por 20 segundos para después llevar a cabo una reacción de 2 horas aproximadamente. Finalmente se analizan las muestras en el espectrofotómetro con longitud de onda de 760 nm. Los resultados se representan como miligramos en base a ácido gálico equivalente por gramo de muestra en peso fresco (mg AGE g^{-1} PF).

Técnica DPPH

Este análisis se realizó en base al método propuesto por Emilio Guíja Poma et al. (2015) y Soto-García & Rosales-Castro (2016) en el cual se prepara una solución del radical DPPH (2,2-difenilo-1-picrylhidracilo) de 24 mg/100 mL de concentración, disuelta en metanol (solución madre) que se empezó a diluir para ajustar a una absorbancia entre 1.1 ± 1.12 agregando metanol hasta lograr ese rango de absorbancia con una longitud de onda de 515 nm.

Se agregan 150 μ L de la muestra de extracto de *Capsicum annuum* al tubo de ensayo más 2850 μ L del DPPH ajustado (con absorbancia entre 1.1 y 1.12), después se deja reaccionar durante 30 minutos. Después de este tiempo se analizan las muestras en el espectrofotómetro utilizando la longitud de onda de 515 nm. Los resultados se representan como micromoles en base Trolox en base a quercetina equivalente por gramo de muestra en peso fresco ($\mu\text{M AOX g}^{-1}$ PF).

Técnica flavonoides totales

La cuantificación de flavonoides totales se realizó mediante el método descrito por Amjad et al. (2021) se tomaron 250 μ L de la muestra de extracto de *Capsicum annuum*, 1.25 ml de agua destilada y 75 μ L de NaNO_2 al 5% se agita el tubo de ensayo en el vortex y se deja reaccionar durante 5 minutos.

Después se agregan 150 μ L de $\text{AlCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ al 10%, se agita en el vortex y se deja 6 minutos reposando para

que se realice la reacción. Posteriormente se agregan 500 μL de NaOH al 1 M y 275 μL de agua destilada para agitarse en el vortex o centrifuga si es que hay turbiedad. Finalmente se mide en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 510 nm. Los resultados se representan como miligramos en base a quercetina equivalente por gramo de muestra en peso fresco (mg QE g^{-1} PF).

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones. Las variables evaluadas fueron: compuestos fenólicos totales, contenido de flavonoides y capacidad antioxidante. Los datos se analizaron estadísticamente mediante ANOVA para comparar las medias. Se utilizó la prueba LSD para verificar las diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los compuestos fenólicos también clasificados como antioxidantes naturales han llamado la atención porque protegen al cuerpo humano del estrés oxidativo (Gulcin, 2020). Tras varios años de estudios y de datos reportados en cuanto a estas partículas presentes en los frutos, los consumidores han aumentado la demanda por los beneficios positivos para la salud humana de estos compuestos bioactivos, particularmente en frutos como el chile, que se consume en grandes cantidades en todo el mundo (Sagar et al., 2018).

La concentración de compuestos fenólicos reportado en el presente estudio mostró valores que oscilan entre 6 y 33 mg AGE g^{-1} entre las distintas variedades de chiles analizadas. La muestra analizada con mayor contenido de compuestos fue la variedad de chile habanero seguida por jalapeño y serrano con valores de 33, 29 y 17 mg AGE g^{-1} respectivamente. Cabe destacar que estas concentraciones fueron en tiempos distintos de análisis, donde la mayor concentración para la variedad de habanero fue a las 72 h de análisis y a las 48 h para las variedades serrano y jalapeño (Tabla 1).

Los resultados de compuestos fenólicos mostraron variabilidad entre las distintas muestras analizadas lo cual coincide con análisis realizados en estudios

anteriores (Ribes-Moya et al., 2020). Los datos obtenidos mostraron una tendencia similar a los publicados recientemente por Alam et al. (2020), quienes señalaron que los chiles serán más picantes entre más alta sea la concentración de compuestos fenólicos.

Tabla 1. Concentración de compuestos fenólicos totales en tres variedades de chile

Variedad	0 hrs	24 hrs	48 hrs	72 hrs
	mg AGE g^{-1} PF			
Serrano	9.23	16.92	10.77	17.69
Jalapeño	6.00	15.62	10.85	29.85
Habanero	14.00	31.00	33.00	22.69

Aunado a esto, los resultados obtenidos en esta investigación reportan con valores superiores en comparación con un estudio previo realizado con 63 variedades de chiles, donde los valores variaron de 0.42 a 2.67 mg g^{-1} en contenido de fenólicos (Denev et al., 2019). Cabe agregar que, estos experimentos han resaltado la compleja caracterización de compuestos bioactivos presentes en distintas variedades de *Capsicum annuum* evaluados. Esta variabilidad en los compuestos fenólicos se desarrolla en las vías biogénicas de los flavonoides shikimatefenil propanoides debido a que las plantas necesitan compuestos fenólicos para la pigmentación, el crecimiento, la resistencia a los patógenos y para muchas otras funciones. Por tanto, representan caracteres adaptativos que han sido sometidos a selección natural durante el desarrollo del fruto (Sonaniya et al., 2022).

En cuanto a la concentración de flavonoides se ha reportado que, en los frutos de chile, la presencia de kaempferol, quercetina, apigenina, luteolina, catequina, rutina epicatequina y miricetina son los flavonoides principales (Álvarez-Parrilla et al., 2011; Vera-Guzmán et al., 2011). Las concentraciones de flavonoides pueden variar por distintos factores como pueden ser los genotipos, variedades locales, la fase de maduración del fruto, entre otros (Vera-Guzmán et al., 2017).

Los valores obtenidos, en el presente estudio, para la cuantificación de flavonoides totales establecen que la variedad con mayor concentración de estos



compuestos fue el chile habanero, seguido por serrano y jalapeño con datos de 81, 81 y 25 mg EQ g⁻¹ respectivamente (Tabla 2). Estos datos coinciden con los reportados en la variable de compuestos fenólicos donde el chile habanero también mostró una mayor concentración. Esto puede deberse a que existe una relación directa entre el desarrollo de todos los metabolitos secundarios presentes en el cultivo ya que la concentración de flavonoides está correlacionada con el grado de madurez de la fruta, el morfotipo, la variedad local y el grupo varietal o cultivar al igual que los fenólicos (Meckelmann et al., 2015).

Tabla 2. Concentración de flavonoides totales en tres variedades de chile

Variedad	0 hrs	24 hrs	48 hrs	72 hrs
		mg EQ g ⁻¹ PF		
Serrano	81.64	43.26	51.14	33.39
Jalapeño	21.00	20.26	25.26	17.76
Habanero	81.00	74.76	65.64	60.00

En cuanto a la capacidad antioxidante total los resultados arrojaron variabilidad entre las distintas variedades de chile, destacando de manera significativa las muestras de chile habanero en todos los tiempos analizados con valores que oscilan entre 13281 – 20125 µM AOX g⁻¹ PF siendo por gran diferencia los valores más elevados en comparación con las variedades de chile serrano y jalapeño donde sus valores máximos fueron de 12281 y 9937 µM AOX g⁻¹ PF respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Actividad antioxidante en tres variedades de chile

Variedad	0 hrs	24 hrs	48 hrs	72 hrs
		µM AOX g ⁻¹ PF		
Serrano	31	12281	8625	6562
Jalapeño	4781	9937	7250	4125
Habanero	19843	13500	20125	13281

La capacidad antioxidante es un parámetro importante como indicador de la funcionalidad para la salud de un producto alimenticio (Vera-Guzmán et al., 2017).

Las diferencias en la actividad antioxidante total observadas entre las diferentes variedades de chile en este estudio posiblemente obedezcan a la diversidad y complejidad de los compuestos antioxidantes presentes en los frutos, estas diferencias pueden atribuirse a diferentes factores, incluyendo fertilización, maduración del fruto, genotipo y otros como ya se mencionó anteriormente para las variables de compuestos fenólicos y flavonoides (Rodríguez- Maturino, 2012; Álvarez-Parrilla et al., 2011).

CONCLUSIONES

Las distintas variedades de chiles presentan diferentes compuestos bioactivos a los cuales se les reconocen propiedades funcionales, como compuestos antioxidantes, compuestos fenólicos, flavonoides, capsaicinoides, entre otros; Además, el chile es actualmente el principal componente vegetal en las industrias procesadoras de alimentos debido a sus actividades antimicrobianas y antioxidantes. Debido a lo anterior, se debe considerar el uso de técnicas que puedan aumentar la posibilidad de extraer una mayor cantidad de metabolitos secundarios. Todos los resultados obtenidos demostraron que la extracción de compuestos activos tiene variabilidad entre los genotipos analizados y los tiempos de análisis de cada muestra; por ello, es importante seguir desarrollando estudios con estos frutos tomando en cuenta otros genotipos ya que existe una gran diversidad; por lo tanto, la composición de compuestos funcionales varía en un amplio rango entre especies, tiempos de maduración, días de análisis, etc. Seguir explorando las técnicas más adecuadas para la extracción de moléculas beneficiosas es de gran interés ya que se ha demostrado que estos metabolitos secundarios contribuyen a la salud y que además representen áreas de oportunidad para diferentes industrias.

LITERATURA CITADA

Alam, M. D. A; Saleh, M; Mohsin, G. M; Nadirah, T. A.; Aslani, F; Rahman, M. M; Roy, S. K.; Juraimi, A. S.; Alam, M. Z. (2020). Evaluation of phenolics, capsaicinoids, antioxidant properties, and major macro-minerals of some hot and sweet peppers and ginger land-races of Malaysia.



- Journal of Food Processing and Preservation 44. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14483>
- Alvarez-Parrilla, E; Rosa, L.A; Amarowicz, R; Shahidi, F. (2011). Antioxidant activity of fresh and processed Jalapeño and Serrano peppers. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59: 163-173. <https://doi.org/10.1021/jf103>
- Amjad M.Shraima, Talaat A.Ahmedb, Md MizanurRahmanc, & Yousef M.Hijja. (2021). Determination of total flavonoid content by aluminum chloride assay: A critical evaluation. LWT, 150, 111932 | [10.1016/j.lwt.2021.111932](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111932). In ELSEVIER (Vol. 150).
- Chopan, M., & Littenberg, B. (2017). The Association of Hot Red Chili Pepper Consumption and Mortality: A Large Population-Based Cohort Study. PLoS ONE, 12(1). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0169876>
- Denev, P; Todorova, V; Ognyanov, M; Georgiev, Y; Yanakieva, I; Tringovska, I; Grozeva, S; Kostova, D. (2019). Phytochemical composition and antioxidant activity of 63 Balkan pepper (*Capsicum annuum* L.) accessions. Journal of Food Measurement and Characterization 13: 2510-2520. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00171-y>
- Emilio Guija Poma, Miguel Inocente Camones, John Ponce Prado, & Edwin Zarzosa Norabuena. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. <http://www.scielo.org.pe/pdf/hm/v15n1/a08v15n1.pdf>
- GobMX. (2019). Panorama Agroalimentario 2019: Nos muestra la realidad del sector y también nos deja ver su enorme potencial | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno.gob.mx. <https://www.gob.mx/siap/articulos/panorama-agroalimentario-2019-nos-muestra-la-realidad-del-sector-y-tambien-nos-deja-ver-su-enorme-potencial?idiom=es>
- Gulcin, I. (2020). Antioxidants and antioxidant methods: An updated overview. Archives of Toxicology 94: 651-715. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3>
- Hernández-Verdugo, S., Porras, F., Pacheco-Olvera, A., Guillermo López-España, R., Villarreal-Romero, M., Parra-Terraza, S., Tomás, Y., & Enciso, O. (2012). Caracterización y variación ecogeográfica de poblaciones de chile (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) silvestre del noroeste de México. Polibotánica, 33(33), 175–191.
- INTAGRI. (2020). Cultivo de Chile en México. 21.
- Matteo, R., Luis, B., Manuel, P., Cerda, J., Andrea, T., Andrea, R., David, N., & Chiurato, M. (2017). Determinación de polifenoles en cinco especies amazónicas con potencial antioxidante. 55–64.
- Meckelmann, S. W.; Riegel, D.W.; Zonneveld, M; Ríos, L; Peña, K; Seitz, E.M.; Petz, M. (2015). Capsaicinoids, flavonoids, tocopherols, antioxidant capacity and color attributes in 23 native Peruvian chili peppers (*Capsicum* spp.) grown in three different locations. European Food Research and Technology 240: 273-283. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2325-6>
- Ribes-Moya, A; Adalid, A; Raigón, M; Hellín, P; Fita, A; Burruezo, A. (2020). Variation in flavonoids in a collection of peppers (*Capsicum* sp.) under organic and conventional cultivation: Effect of the genotype, ripening stage, and growing system. Journal of the Science of Food and Agriculture 100: 2208-2223. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10245>
- Rodríguez-Maturino, A. (2012). Antioxidant activity and bioactive compounds of Chiltepin (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) and Habanero (*Capsicum chinense*): A comparative study. Journal of Medicinal Plants Research 6. <https://doi.org/10.5897/JMPR11.1576>



- Sagar, N.A; Pareek, S; Sharma, S; Yahia, E; Lobo, MG. (2018). Fruit and vegetable waste: bioactive compounds, their extraction, and possible utilization: fruit and vegetable waste.... Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 17: 512-531. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12330>
- Sonaniya, R; Singh, S. K.; Shukla, R. S; Bagde, V.P. (2022). Determination of phenols, ascorbic acid, capsaicin and colour values in chilli (*Capsicum annuum* L.) The Pharma Innovation Journal 11: 801-808.
- Soto-García, M., & Rosales-Castro, M. (2016). Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de *Pinus durangensis* y *Quercus sideroxyla*. Maderas. Ciencia y Tecnología, 18(4), 701–714. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2016005000061>
- Vera-Guzmán, A. M.; Bolaños, E. N. A; García, E. H.; Rodríguez, J. C. C.; Delgado, S. H.; Servia, J. L. C. (2017). Flavonoid and capsaicinoid contents and consumption of Mexican chili pepper (*Capsicum annuum* L.) landraces. In: JUSTINO, GC (ed). Flavonoids from biosynthesis to human health. InTech. <https://doi.org/10.5772/68076>
- Vera-Guzmán, A. M.; Servia, J.L. C.; Rodríguez, J. C. C.; López, M.G. (2011). (*Capsicum annuum* L.) from Oaxaca. Chilean Journal of Agricultural Research 8.
- Zegbe Domínguez, J. A., Valdez Cepeda, R. D., & Lara Herrera, A. (2012). Cultivo del chile en México: tendencias de producción y problemas fitosanitarios actuales. 183