

Efecto de la electro-inducción de compuestos bioactivos en Amaranto reventado

M.G. Ventura-Lara¹, N. E. González-Sierra², G. Rodríguez-Hernández¹, y A. Cerón-García¹.

¹ Departamento de Alimentos, División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Carretera Irapuato- Silao km 9, Ex Hacienda El Copal, Irapuato, Gto. 36000, México. ² Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Guanajuato (CECYTEG), Calle Helechos, Fracc. Valle Verde, Irapuato, Gto. 36568, México. abel.ceron@ugto.mx

RESUMEN:

El amaranto reventado se caracteriza por ser un alimento altamente nutritivo consumido frecuentemente como dulce regional (alegrías), harina o ingrediente de bebidas. Sin embargo, se conoce muy poco de su riqueza en cuanto a compuestos bioactivos, tales como compuestos fenólicos y flavonoides. Estos últimos son compuestos que pueden ser generados mediante condiciones controladas de estrés en un alimento. Una de estas modalidades son los tratamientos de electro-inducción. Por lo que, se aplicaron tratamientos de electro-inducción a amaranto reventado con el objetivo de evaluar el efecto de estos tratamientos, a diferentes tiempos de exposición (0, 2, 4 y 5 min) e intensidades (0, 100, 200 y 400 mA), en el contenido de compuesto fenólicos y flavonoides del amaranto reventado. Los resultados indicaron un efecto significativo de la aplicación de tratamientos de electro-inducción a 200 mA y un tiempo de exposición de 5 min, respecto al contenido de los compuestos bioactivos evaluados ($P \leq 0.05$). Destacando el elevado contenido de flavonoides totales en este alimento. Condiciones específicas de electro-inducción generan aumentos de hasta 1.6 y 3.2 veces el nivel de Compuestos fenólicos y flavonoides respecto al testigo. Los tratamientos propuestos son capaces de conferirle valor agregado, y diferenciación, al amaranto reventado.

Palabras clave: Amaranto, Compuestos bioactivos, Electro-inducción, Fenólicos, Flavonoides, Valor agregado

ABSTRACT

Puffed amaranth is characterized by being a highly nutritious food frequently consumed as regional sweet (alegrías), flour or ingredient of drinks. However, very little is known about its richness in bioactive compounds, such as phenolic compounds and flavonoids. The latter are compounds that can be generated by controlled conditions of stress in a food. One of these modalities are the electro-induction treatments. Therefore, electro-induction treatments were applied to puffed amaranth in order to evaluate the effect of these treatments at different exposure times (0, 2, 4 and 5 min) and intensities (0, 100, 200 and 400 mA), in the content of phenolic compounds and flavonoids of the puffed amaranth. The results indicated a significant effect of the application of electro-induction treatments to 200 mA and an exposure time of 5 min, with respect to the content of the bioactive compounds evaluated ($P \leq 0.05$). Highlighting the high content of total flavonoids in this food. Specific electro-induction conditions generate increases of up to 1.6 and 3.2 times the level of phenolic compounds and flavonoids with respect to the control. The proposed treatments are capable of conferring added value, and differentiation, to the puffed amaranth.

Keywords: Amarant, Bioactive compounds, electro-induction, Phenolics, Flavonoids, Added value

INTRODUCCIÓN

El amaranto (*Amaranthus hypocrondiacus*) es una planta tradicional mexicana, que provee semillas y hojas con un alto valor nutricional, pero que aún permanece subvalorada. Se ha considerado como pseudocereal, porque no pertenecen a la familia de las gramíneas; además son dicotiledóneas. Estos cultivos ancestrales han sido usados por el hombre desde hace más de 6000 años. Fue un cultivo muy importante para culturas precolombinas como los Mayas, Aztecas e Incas. Pero su uso fue decreciendo después de la conquista de los españoles (Jacobsen et al., 2002). El principal destino de esta semilla se orienta a la producción de dulces (alegrías), particularmente como grano reventado, así como para la obtención de harina, como ingrediente en la preparación de bebidas o básicamente como cereal de acompañamiento.

Se tiene evidencia que la corriente eléctrica afecta a las plantas, por ejemplo; los campos magnéticos modifican procesos fisiológicos y biológicos en plantas. Otra modalidad de tratamientos eléctricos es el uso de campo eléctrico pulsado, empleado principalmente para la preservación de alimentos (Hamilton y Sale, 1967). La electro-inducción se caracteriza por ser un tratamiento novedoso donde se suministra de manera controlada, una corriente eléctrica constante, con la finalidad de estimular la producción de compuestos bioactivos que resultan benéficos para la salud de los consumidores. Tal como lo demuestran investigaciones previas en germinados de amaranto realizadas por este grupo de trabajo. Sin embargo, no se tiene reporte del uso de la electro-inducción en el amaranto reventado. Por lo tanto, para esta investigación se empleó un tratamiento de electro-inducción al amaranto reventado a una corriente eléctrica constante (200 mA) y se evaluaron diferentes tiempos de exposición al tratamiento (0, 2, 4 y 5 min). Así mismo, se evaluó el efecto de diferentes intensidades del tratamiento de electro-inducción (0, 100, 200 y 400 mA) respecto un tiempo de exposición definido. Los resultados obtenidos indican un efecto significativo de la aplicación de la electro-inducción a una intensidad de 200 mA durante 5 min al incrementar tanto compuestos fenólicos y flavonoides totales en amaranto reventado ($P \leq 0.05$). Por lo tanto, el tratamiento de electro-inducción es capaz de conferirle valor agregado a un alimento como el amaranto reventado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Amaranto reventado a granel fue adquirido en una tienda comercial en la ciudad de Irapuato, Gto., (dicha muestra consistió en semillas de amaranto tostado y reventado por calor). La muestra fue trasladada al Laboratorio de Compuestos Bioactivos del Departamento de Alimentos del Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato, se almaceno en oscuridad y en un lugar fresco y seco previo a su procesamiento.

Para la aplicación de los tratamientos de electro-inducción en amaranto reventado, se prepararon lotes de muestras de 5 g contenidas en un sobre de papel filtro y fueron sumergidas de manera individual una cámara de electroforesis horizontal, la cual contenía como medio de transferencia eléctrica una solución con H₂O y NaCl al 1.5 %. El control de la intensidad de corriente eléctrica suministrada al amaranto reventado como el tiempo de duración de los tratamientos fue realizado con ayuda de una fuente de poder Bio-Rad a la cual se le acopló la cámara de electroforesis donde se aplicaron los tratamientos. Los factores que se evaluaron fueron el tiempo e intensidad del tratamiento de electro-inducción de 200 mA a 0, 2, 4 y 5 min de exposición, así como 0, 100, 200 y 400 mA durante el tiempo de aplicación del tratamiento donde mejores resultados se obtuvieron de acuerdo al experimento previamente planteado.

Una vez aplicado cada uno de los tratamientos de electro-inducción, las muestras fueron lavadas exhaustivamente con agua destilada para retirar la solución salina usada durante la aplicación de los

tratamientos y finalmente, las muestras fueron secadas durante 30 min en un horno de secado a una temperatura de 45° C. Posteriormente, se determinó el contenido de compuestos bioactivos en amaranto reventado tratado con electro-inducción, mientras que como testigo se utilizó amaranto reventado sin haber sido sometido a los tratamientos eléctricos.

a) **Compuestos Fenólicos:** La cuantificación se realizó usando el método propuesto por Slinkard y Singleton (1977). Se pesó 1 g de muestra con 5 ml de metanol al 80 %, las muestras fueron agitadas por 1 h en oscuridad y se centrifugaron a 10000 rpm, 10 min, 4 °C. Una alícuota de 200 µL del extracto se hizo reaccionar con 200 µL de reactivo Folin-Ciocalteu diluido 1:4 y 2 mL NaCO₃ al 0.5%. La mezcla resultante fue homogenizada y después de 1 h se midió la absorbancia a 765 nm. La concentración de compuestos fenólicos totales se reportó como mg equivalentes de ácido gálico/ g de peso seco.

b) **Flavonoides:** La determinación se realizó de acuerdo al método propuesto por Marinova et al., (2005). Partiendo de 1 g de amaranto reventado, se le adiciono 10 mL de metanol al 90 %, dicha mezcla se llevó a ebullición (80-85 °C) por 1 h y se enfrió, posteriormente se centrifugó a 10000 rpm, 10 min, 4 °C. Se hizo reaccionar 200 µl de extracto, 50 µl AlCl₃ al 10%, 50 µl CH₃CO₂K 1M, 800 µl metanol 80 % y 1.4 mL de H₂O, agitar. Finalmente, se determinó el valor de absorbancia a 510 nm y los resultados fueron expresados como mg de equivalentes de quercetina/g de peso seco.

Los valores de compuestos bioactivos fueron obtenidos por triplicado para cada condición experimental evaluada. Dichos datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) para encontrar diferencias significativas. Posteriormente, se realizó una prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey con un nivel de probabilidad de 5% ($P \leq 0.05$), todo esto con la ayuda del programa estadístico NCSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluó el efecto de la electro-inducción tanto a diferentes tiempos de exposición a la corriente eléctrica como a diferentes intensidades del tratamiento de electro-inducción en los compuestos fenólicos totales y flavonoides totales de amaranto reventado.

Respecto al efecto de la corriente eléctrica directa suministrada por el tratamiento de electro-inducción en amaranto reventado puede observarse que mientras mayor sea el tiempo de aplicación del tratamiento, el nivel de compuestos bioactivos evaluados se incrementa significativamente (Fig. 1 y 2). No se encontró un efecto significativo por la aplicación del tratamiento de electro-inducción en tiempos menores a los 5 min y el testigo. Lo anterior puede explicarse debido a que para que pueda generarse una condición de estrés controlado, por efecto del tratamiento de electro-inducción se requieren tiempos de exposición al tratamiento de al menos 5 min. Destaca la presencia de un contenido de flavonoides totales de 76.39 ± 14.38 mg equivalentes de quercetina/ g peso seco y 1.27 ± 0.08 mg equivalentes de ácido gálico/g peso seco para los compuestos fenólicos en amaranto reventado tratado por electro-inducción durante 5 min. Estos niveles representan un incremento de 1.64 y 3.21 veces el valor inicial reportado por el testigo (amaranto reventado sin tratamiento) para compuestos fenólicos totales y flavonoides totales, respectivamente. Así mismo, el hecho de que se incrementen de manera importante ambos compuestos bioactivos evaluados como resultado de la aplicación del tratamiento de electro-inducción también puede estar presente el efecto que ejerce la corriente eléctrica suministrada, favoreciendo con ello la extracción y por lo tanto, la cuantificación de los compuestos bioactivos de interés.

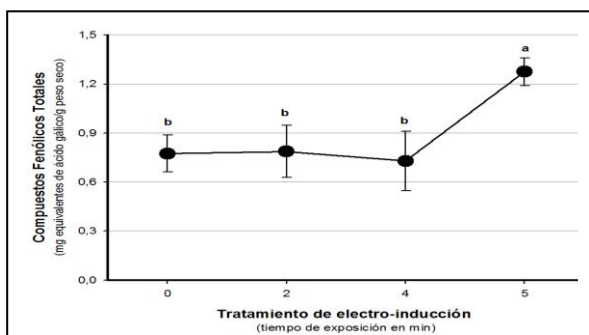


Figura 1. Cambios en Compuestos fenólicos totales en amaranto reventado tratado a 200 mA. Valores promedio \pm desviación estándar, n=3. Letras diferentes por cada muestra analizada indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

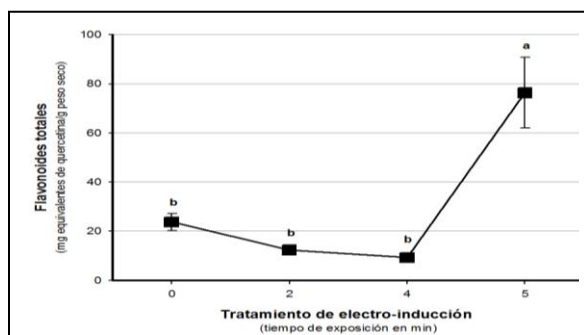


Figura 2. Cambios en Flavonoides totales en amaranto reventado tratado a 200 mA. Valores promedio \pm desviación estándar, n=3. Letras diferentes por cada muestra analizada indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

Chlopicka y cols., (2012) determinaron que los niveles de compuestos fenólicos y flavonoides totales en harina de amaranto fue de 2.71 ± 0.1 mg/g peso seco y 0.065 mg/g peso seco, respectivamente. Como puede apreciarse, los niveles determinados por estos investigadores y los encontrados en la presente investigación resultan contrastantes, ya que solamente en el testigo (sin tratamiento) los niveles de compuestos fenólicos y flavonoides totales corresponden a 23.74 ± 3.48 mg/g peso seco y 0.77 ± 0.11 mg/g peso seco, respectivamente. Esta diferencia corresponde a cerca de 10 veces en magnitud, lo cual puede deberse a que Chlopicka y cols., (2012) trabajaron con amaranto en harina, mientras que en la presente investigación el amaranto reventado no fue sometido a un proceso de molienda para la obtención de harina.

Una vez determinada que la mejor condición para inducir los compuestos bioactivos en amaranto reventado, entonces se procedió a evaluar el efecto de la intensidad eléctrica a esa condición particular de exposición al tratamiento. En este sentido, fue posible apreciar efectos diferenciados dependiendo del compuesto bioactivo a evaluar. Particularmente, destaca la capacidad que tiene el amaranto reventado sometido a intensidades de 200 y 400 mA para generar los mayores niveles de flavonoides totales (Fig. 3). Mientras que solamente la intensidad de 200 mA fue la condición experimental adecuada para estimular la producción de compuestos fenólicos totales en amaranto reventado (Fig. 4). Incluso, puede apreciarse un efecto adverso, al verse disminuidos los compuestos fenólicos totales bajo condiciones experimentales de 100 y 400 mA durante 5 min de tratamiento de electro-inducción.

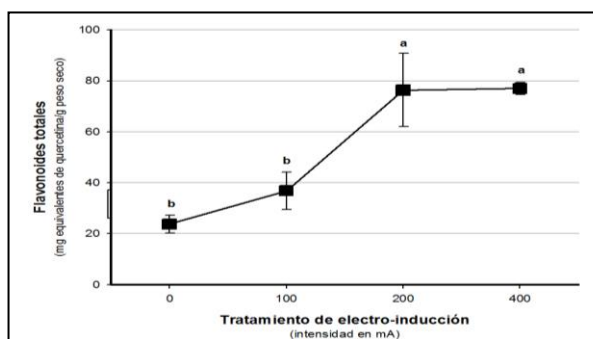
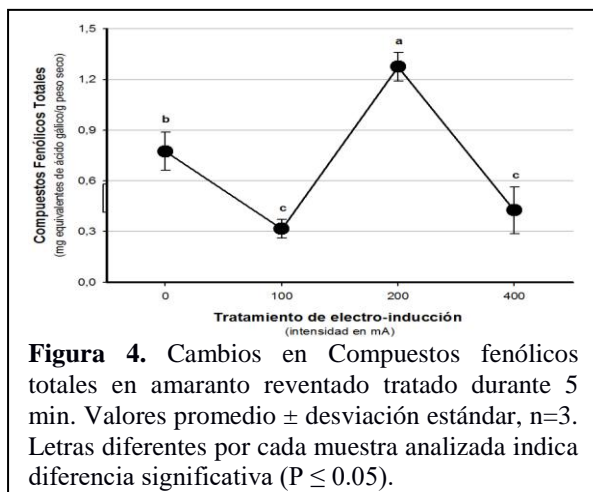


Figura 3. Cambios en Flavonoides totales en amaranto reventado tratado durante 5 min. Valores promedio \pm desviación estándar, n=3. Letras diferentes por cada muestra analizada indica diferencia significativa ($P \leq 0.05$).



Lo anterior, pone de manifiesto la susceptibilidad que presentan los compuestos bioactivos evaluados bajo las condiciones experimentales llevada a cabo en la presente investigación. Así mismo, resulta relevante que el amaranto reventado presenta niveles elevados de flavonoides totales. Dichos compuestos bioactivos tienen la capacidad de prevenir el efecto adverso de los procesos oxidativos generados por radicales libres. Por lo anterior, es de suma importancia el proveer de alternativas viables que permitan el incremento de estos compuestos bioactivos, como fue el caso de la aplicación de tratamientos de electro-inducción

en el amaranto reventado, el cual logro incrementar de manera significativa tanto compuestos fenólicos totales como flavonoides totales, generando así un producto alimenticio diferenciado y con un valor agregado.

BIBLIOGRAFÍA

- Chlopicka J, Pasko, P, Gorinstein, S, Jedryas, A, Zagrodzki, P (2012) Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. *LWT-Food Science and Technology*, 46(2), 548-555
- Hamilton WA, Sale AJH (1967) Effects of high electric fields on microorganisms: II. Mechanism of action of the lethal effect. *Biochimica et Biophysica Acta* 148: 789-800
- Jacobsen SE, Sherwood S. Cultivos de granos andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2002
- Marinova D, Ribarova F, Atanassova M (2005) Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *J U Chemical Technology in Metallurgy* 40: 255-260
- Slinkard K, Singleton VL (1977) Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture* 28: 49-55