



Efecto del procesamiento térmico sobre el contenido de betalainas y la actividad antioxidante del betabel (*Beta vulgaris* L.)

Leticia X. López-Martínez^a, Octavio Dublán-García^a, Alma G. Castro-Miranda^a

^aUniversidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química, Departamento de alimentos, lomartleticia@gmail.com

RESUMEN

El betabel (*Beta vulgaris* L.) es generalmente procesado antes de su consumo, lo cual influye en la estabilidad de las betalainas, afectando el contenido de compuestos con actividad antioxidante. El objetivo de este estudio fue investigar la influencia de métodos de procesamiento como escaldado, tostado y escaldado-tostado en muestras de betabel. El impacto del procesamiento fue evaluado en nueve muestras sometidas a diferentes tratamientos térmicos (pulpa escaldada, cáscara escaldada, pulpa y cáscara escaldada, pulpa tostada, cáscara tostada, pulpa y cáscara tostada, pulpa escaldada-tostada, cáscara escaldada-tostada y pulpa y cáscara escaldada-tostada) con base al contenido de betalainas totales (betacianinas y betaxantinas) y al contenido de compuestos fenólicos totales. Los resultados mostraron que el tratamiento cáscara tostada reportó un contenido mayor de betalainas y compuestos fenólicos totales comparado con los demás tratamientos. Dado que el contenido de betalainas totales está ampliamente relacionado con la capacidad antioxidante, se determinó el contenido de betalainas totales, los compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante; por los métodos ABTS^{•+} y DPPH[•], para tres tratamientos: cáscara tostada, pulpa-cáscara tostada y cáscara escaldada-tostada. Los resultados mostraron que con el tratamiento cáscara tostada se obtiene la mayor concentración de betalainas y compuestos fenólicos totales, en comparación con los otros tratamientos. En la actividad antioxidante el tratamiento cáscara tostada mostró un 74.4% y 78.9% de inhibición del radical ABTS^{•+} y DPPH[•], respectivamente.

1. INTRODUCCIÓN

El betabel pertenece (*Beta vulgaris* L.), no se considera un vegetal popular de consumo, sin embargo, es una excelente fuente de betalainas que están asociadas a su capacidad antioxidante (Czapski y col., 2009). Las propiedades colorantes naturales de las betalainas y la ausencia de su toxicidad sugieren un uso extenso de las betalainas como aditivos en la industria alimentaria. Un antioxidante es una molécula que previene la formación descontrolada de radicales libres o inhiben sus reacciones con estructuras celulares (proteínas, carbohidratos, lípidos y ADN). El daño oxidativo que estas especies pueden producir en las células se asocia con el desarrollo de numerosas patologías y enfermedades degenerativas como el cáncer y la diabetes. La ingesta de moléculas antioxidantes puede neutralizar la producción y exposición a los radicales libres y disminuir los efectos adversos de las especies reactivas del oxígeno en el cuerpo humano. El interés específico del betabel surge debido a que éste es uno de los 10 vegetales con mayor capacidad antioxidante (Kujala y col., 2000). La estabilidad de las betalainas está fuertemente influenciada por las enzimas presentes en su estructura y composición, pH, actividad de agua (a_w), oxígeno, luz, metales, temperatura, ácido ascórbico y azúcares (López y col., 2009). Las betalainas son metabolitos beneficiosos para la salud ya que presentan efectos antioxidantes y anticarcinogénicos, intervienen en la disminución de los triglicéridos, control de la glucemia y contribuyen a combatir la arteroesclerosis (Moreno y col., 2007). Así mismo, resultan importantes en la contribución de la salud cardiovascular, ya que reducen la concentración de homocisteína, que puede ser perjudicial para los vasos sanguíneos.



2. PARTE EXPERIMENTAL

Obtención de materia prima.

Las muestras de betabel fueron obtenidas en el mercado 16 de septiembre, Toluca, Estado de México, en el año 2013. Las cuales cumplían con los criterios de madurez de cosecha, presentando una buena calidad, incluyendo que se encontraban lisas y firmes, con forma y tamaño uniforme, sin daños físicos, que poseían un color de la piel uniforme y típica de la variedad; en éste caso *Beta vulgaris* L. var. Conditiva.

Procesamientos térmicos de las muestras de betabel.

Las muestras fueron lavadas con abundante agua y secadas sobre papel absorbente, posteriormente fueron cortadas en trozos pequeños (aproximadamente de 0.5 cm de largo x 0.5 cm de ancho x 0.2 cm de alto); dependiendo de la parte del betabel a utilizar (pulpa, cáscara y pulpa-cáscara).

Procesamiento térmico: escaldado para pulpa, escaldado para cáscara y escaldado para pulpa-cáscara.

Las muestras del betabel previamente cortadas (pulpa, cáscara y pulpa-cáscara), se colocaron en un recipiente con agua a 75 °C, durante 2 min.

Procesamiento térmico: tostado para pulpa, tostado para cáscara y tostado para pulpa-cáscara.

Para el procesamiento térmico se siguió la metodología de Ravichandran y col. (2011) con algunas modificaciones. Se colocaron las muestras del betabel previamente cortadas (pulpa, cáscara y pulpa-cáscara), en una sartén de metal inoxidable precalentada a 60 °C, se agitaron durante 2 min de manera constante para asegurar una distribución uniforme del calor.

Procesamiento térmico: escaldado-tostado para pulpa, escaldado-tostado para cáscara y escaldado-tostado para pulpa-cáscara.

El escaldado-tostado de las muestras de betabel previamente cortadas (pulpa, cáscara y pulpa-cáscara), se realizó aplicando un escaldado en agua a una temperatura de 75°C por 2 min, posteriormente se colocaron las muestras de betabel previamente escaldadas en una sartén de metal inoxidable a una temperatura de 60 °C por 2 min.

Método de extracción de betalainas.

Para la extracción de betalainas se utilizó la metodología de Ravichandran y col. (2011) con algunas modificaciones. Se tomaron 0.1 g ± 0.001g de las muestras tratadas, y se procedió a macerarlas en un mortero adicionando 10 mL de una disolución de etanol-agua (50:50 v/v). Los macerados fueron colocados en un tubo para centrifuga con capacidad de 15 mL, posteriormente se centrifugaron a 6000 rpm durante 10 min en una centrifuga. El sobrenadante se colectó y la centrifugación se repitió una vez más. Los sobrenadantes se reunieron y almacenaron en refrigeración (4°C) hasta el momento de ser utilizados en la determinación de betacianinas, betaxantinas, compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante.

Determinación de la concentración de betalainas totales.

La concentración de betalainas totales fue determinada acorde a por Ravichandran y col. (2011). Por lo que se determinó el contenido de betacianinas y betaxantinas en los extractos, a 540 nm y 480 nm, respectivamente, en un espectrofotómetro UV-Visible. La lectura de la absorbancia obtenida se utilizó para calcular la concentración de betacianinas y betaxantinas, posteriormente se calculó el contenido de betalainas totales para cada tratamiento, mediante la adición de las 2 anteriores. El contenido de betalainas (BT) se calculó con la siguiente fórmula (1):

$$BT (mg/100g) = (BC + BX) mg/100g$$

$$BC; BX (mg/100g) = \left[\frac{(A \times DF \times MW \times 10^6)}{(e \times l)} \right] \quad (1)$$

Donde: A es la absorbancia, DF es el factor de dilución, y l es el ancho de la celda (1 cm). Para la cuantificación de las betacianinas (BC); el peso molecular (MW) es MW= 550 g/mol y el coeficiente



de extinción molar (ϵ) es $\epsilon = 60000 \text{ L/mol cm}$ en H_2O . Para la cuantificación de las betaxantinas (BX), el peso molecular (MW) es $\text{MW} = 308 \text{ g/mol}$ y el coeficiente de extinción molar (ϵ) es $\epsilon = 48000 \text{ L/mol cm}$ en H_2O .

Determinación de compuestos fenólicos totales.

El contenido de compuestos fenólicos totales fue determinado por el método de Folin-Ciocalteu, y se determinaron con base a una curva estándar (0-5 mg/L ácido gálico). Las mediciones espectrofotométricas se realizaron en un espectrofotómetro UV visible, la absorbancia de la mezcla se leyó a 760 nm usando el respectivo solvente como blanco. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (mg EAG).

Determinación de la actividad antioxidante.

ABTS•⁺ 2,2'-Azino-bis (3-etilenbenzotiazolino-6-ácido sulfónico)

Para la evaluación de la actividad antioxidante se utilizó el método de Pellegrini y col. (2006) Se preparó una solución stock de ABTS•⁺, mezclando una alícuota de 5 mL de la solución ABTS (7 mM) y 88 μL de persulfato de potasio (140 mM), seguido de reposo en la oscuridad durante 12 h hasta producir una disolución de color verde oscuro. Posteriormente la disolución se diluyó con metanol hasta que la absorbancia alcanzó 0.74 a 734 nm. Se utilizó una solución de Trolox (0.02 mM) como antioxidante positivo. Se tomó la lectura de un blanco del reactivo (A_0). Posteriormente se colocaron 3.0 mL de la disolución del reactivo ABTS•⁺ y se combinaron con 100 μL de cada extracto a una concentración estandarizada de 0.6 mg/L (compuestos fenólicos totales), la lectura de la absorbancia se realizó después de 10 min de combinar el extracto con la disolución del reactivo ABTS•⁺ (A_t). El porcentaje de inhibición del ABTS•⁺ se calculó de la siguiente forma:

$$\% \text{ inhibición} = [(A_0 - A_t) / A_0] \times 100 \quad (2)$$

Donde: A_0 : Absorbancia inicial y A_t : Absorbancia final.

DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidracilo)

La actividad anti-radical fue adaptada del método de Lopez-Martinez y col. (2009). Los extractos se ensayaron a una concentración estandarizada de 0.6 mg/L (compuestos fenólicos totales). La reacción con el radical DPPH• se llevó a cabo en tubos de polipropileno a temperatura ambiente (25°C). Los extractos anteriormente ensayados se adicionaron a 2.8 mL del radical (DPPH•, 98.9 mM en metanol) y se agitó en vortex por 15 segundos. La disminución en la absorbancia del DPPH• se midió a 520 nm en un espectrofotómetro, iniciando en el tiempo en el que recién se añadió la solución y cada 10 min hasta que no se observó cambio en la absorbancia de las muestras (90 min). Se utilizó metanol como blanco, Trolox (0,02 mM) fue un control positivo antioxidante y el control fue una mezcla de 2.8 mL de DPPH• y 100 μL de metanol. La actividad antioxidante se expresó como el porcentaje de inhibición, calculado de la siguiente manera:

$$\% \text{ inhibición} = [(A_0 - A_t) / A_0] \times 100 \quad (3)$$

Donde: A_0 : Absorbancia inicial y A_t : Absorbancia final.

3. RESULTADOS

El betabel (*Beta vulgaris* L.) es generalmente procesado antes de su consumo, lo cual influye en la estabilidad de las betalainas, afectando el contenido de compuestos con actividad antioxidante. El objetivo de este estudio fue investigar la influencia de métodos de procesamiento como escaldado, tostado y escaldado-tostado en muestras de betabel. El impacto del procesamiento fue evaluado en 9 muestras sometidas a diferentes tratamientos térmicos (escaldado, tostado, escaldado-tostado en pulpa, cáscara y pulpa-cáscara) y un control (pulpa-cáscara), en base al contenido de betalainas totales (betacianinas y betaxantinas) y el contenido de compuestos fenólicos totales, los resultados mostraron que el tratamiento CT (cáscara tostada) incrementó en un 45.47% el contenido de betalainas totales comparada con el control. También se encontró que el mismo tratamiento CT (cáscara tostada) incrementó en un 48.24% el contenido de compuestos fenólicos



totales, en comparación con el control. Y se encontró un descenso en el contenido de betalainas en los demás tratamientos.

Después del primer análisis, y dado que el contenido de betalainas totales está ampliamente relacionado con la capacidad antioxidante, se procedió a determinar el contenido de betalainas totales, los compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante; utilizando como referencia la metodología ABTS y DPPH, para 3 tratamientos (CT (cáscara tostada), PCT (pulpa-cáscara tostada), CET (cáscara escaldada-tostada) y un control (pulpa-cáscara). Los resultados mostraron una misma tendencia respecto al contenido de betalainas totales, con el tratamiento CT se obtiene la mayor concentración de betalainas comparada con el control; 843.64 y 513.64 mg/100g de muestra fresca, respectivamente. El método CT, mostró una mayor concentración de compuestos fenólicos totales, comparados con el control; 649.77 y 397.19 mg GAE/100g muestra fresca, respectivamente. En la actividad antioxidante determinada mediante espectrofotometría, el tratamiento CT mostro un 74.35% y 78.98% de inhibición a diferencia del control; 63.89 y 59.91% del radical ABTS^{•+} y DPPH[•], respectivamente.

Los resultados indican que en general los tratamientos térmicos disminuyen el contenido de betalainas, los compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante, sin embargo el tratamiento CT, aumenta la concentración de betalainas, compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante de las muestras evaluadas.

3. CONCLUSIONES

Los procesos térmicos utilizados en éste estudio afectan la concentración de betalainas, compuestos fenólicos totales y las propiedades antioxidantes de las muestras utilizadas.

Existe una correlación significativa entre el contenido de betalainas totales y compuestos fenólicos totales con la actividad antioxidante determinada por los ensayos de ABTS^{•+} y DPPH[•]. El tratamiento cáscara tostada presentó el mayor contenido de betalainas, compuestos fenólicos totales y la mayor inhibición de los radicales ABTS^{•+} y DPPH[•].

BIBLIOGRAFÍA

1. Czapski, J., Mikołajczyk, K., & Kaczmarek, M. Relationship between antioxidant capacity of red beet juice and contents of its betalain pigments. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 59, 2009, pp. 119-122.
2. Kujala, T. S., Loponen, J. M., Klika, K. D., & Pihlaja, K. Phenolics and Betacyanins in Red Beetrot: distribution and Effect of Cold Storage on the Contento of Total Phenolics and Three Individual Compounds. *J. Agric. Food Chem.* 48, 2000, pp. 5338-5342.
3. Lopez-Martinez, L.X., Oliart-Ros, R.M., Valerio-Alfaro, G., Lee, C.H., Parkin, K.L., & Garcia, H.S. Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT-Food Sci and Tech.*, 42, 2009.1187-1192.
4. Moreno, M., Betancourt, M., Pitre, A., García, D., Belén, D., y Medina, C. Evaluación de la estabilidad de bebidas cítricas acondicionadas con dos fuentes naturales de betalainas: tuna y remolacha. *Bioagro*, 19, 2007m pp. 149-159.
5. Pellegrini, N., Serafini, M., Salvatore, S., Del Rio, D., Bianchi, M.,Brighenti, F. Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, nuts, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *Mol. Nut & Food res.*, 50, 2006, pp. 1030-1038.
6. Ravichandran, K., Saw, N. M. M. T., Mohdaly, A. A., Gabr, A. M., Kastell, A., Riedel, H., & Smetanska, I. (2011). Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *Food Res. Int.* 50, 2011, pp. 670-675.
7. Wybraniec, S., Michałowski, T. "New pathways of betanidin and betanin enzymatic oxidation". *J. Agric. Food Chem.*, 59, 2011, pp. 9612-9622.