

“Valorización de bio-residuos provenientes del consumo de zanahoria: enriquecimiento de aceite con licopeno”

Álvarez, Ángel ^a; Riveros-Gomez, Mathias ^a; Castro, Virginia ^a; Baldán Yanina ^a; Román, Celia ^a.

^a Instituto de Ing. Química-Grupo Vinculado al PROBIEN (CONICET-UNCO), Fac. de Ingeniería, UNSJ

alvareznazar@gmail.com

Resumen

Los residuos de zanahoria representan una fuente potencial de valorización, debido a su amplio consumo en todo el mundo. El estudio investiga una forma eficiente de utilizar bio-residuos de zanahoria, generados en su producción y consumo, aprovechando su contenido de licopeno como recurso para obtener aceites enriquecidos. Se llevaron a cabo diversas operaciones, como deshidratación mediante dos tecnologías: emisores de infrarrojo lejano y aire caliente con posterior molienda del bio-residuo. El procedimiento utilizado para la obtención y cuantificación del licopeno se llevó a cabo mediante ultrasonido y aceites comestibles como solvente a enriquecer. Se evaluaron parámetros como la relación sólido-solvente, la temperatura y el tiempo de ultrasonido aplicando la metodología de superficie de respuesta (Box-Behnken) para analizar su influencia e interacción. Los resultados preliminares muestran una disminución significativa del contenido de licopeno en el aceite enriquecido con el aumento de la temperatura en el secado convectivo, lo que causa una pérdida del característico color anaranjado del bio-residuo de zanahoria. Por otro lado, en el secado por infrarrojo, se observa un aumento significativo del contenido de licopeno con el incremento de la temperatura, sin afectar el color del producto. Las condiciones óptimas de extracción fueron mediante secado infrarrojo a 60 °C, con una relación de 10 mL de solvente/g sólido, temperatura de baño ultrasónico de 60 °C y un tiempo de 60 minutos. Este estudio demuestra la viabilidad de aprovechar los bio-residuos para la extracción de compuestos valiosos, contribuyendo así a la sostenibilidad agrícola y la gestión eficaz de los residuos orgánicos.

Palabras clave: Zanahoria, Secado, Ultrasonido, Valorización, Licopeno.

INTRODUCCIÓN

Con el aumento de los niveles de producción de residuos y el creciente conocimiento del impacto ambiental, surge una importante búsqueda de alternativas eficientes para el tratamiento y la eliminación de residuos orgánicos. Esto impulsa la exploración de métodos que permitan aprovechar estos desechos, añadiendo valor al convertirlos en materias primas para otros procesos productivos. La evaluación de las posibles aplicaciones de esta fuente, dada su abundancia y rentabilidad, podría generar efectos positivos tanto en el medio ambiente como en el crecimiento económico

Las frutas y verduras no solo proporcionan nutrientes esenciales, sino también una amplia variedad de compuestos fitoquímicos bioactivos necesarios para una salud óptima y la defensa contra enfermedades crónicas. Una alternativa viable y destacada para aprovechar los desechos de los mismos es la extracción de compuestos valiosos, como el licopeno, cuya presencia es lo que les confiere su característico color

naranja. Este compuesto es uno de los carotenoides más importantes, usado en la industria farmacéutica, debido a su actividad antioxidante [1].

El método de extracción con aceite es considerado una opción segura y ecológica en comparación con los solventes químicos tradicionales, ya que el aceite utilizado es generalmente de origen vegetal y seguro para el consumo humano. Además, el aceite actúa como una barrera contra el oxígeno, retrasando así el tiempo de oxidación y la tasa de degradación del extracto de licopeno.

OBJETIVOS

Valorizar los bio-residuos provenientes de la producción y consumo de zanahoria, mediante su uso como fuente potencial de licopeno y determinar cómo el rendimiento de licopeno es afectado por el tratamiento de secado de la muestra, la temperatura de extracción, el tiempo y la relación sólido-líquido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de muestras: Se utilizó zanahoria como materia prima, adquirida en el mercado local del departamento Pocito, San Juan.

Procesamiento de muestras: Después de lavar las zanahorias, manteniendo las cáscaras, se rallaron con un rallador eléctrico marca Peabody Smartchef.

Secado del biorresiduo: Se llevó a cabo el proceso de secado utilizando dos tecnologías diferentes: el secado por emisores de infrarrojo lejano (IR), mediante un deshidratador comercial de tres bandejas con un sistema de generación de calor por infrarrojos lejanos, que utiliza electricidad como fuente de energía (Irconfort, modelo IRCDi3, España), y el secado por aire caliente (AC), empleando un horno eléctrico (marca Fischer Turbo 2.4) equipado con un sistema de control de temperatura. El secado se realizó a tres temperaturas: 40, 50 y 60 °C.

Molienda y tamizado: Después de deshidratar el material, se redujo el tamaño de partícula con un molino de alimentos y se tamizó utilizando un tamiz #30.

Enriquecimiento del aceite: La propuesta se fundamenta en la extracción asistida por ultrasonido de carotenoides. La extracción se realizó en las condiciones óptimas según da Silva et al. (2020) [2] (temperatura de ultrasonido: 55 °C, tiempo: 60 min y una relación de 30 mL/g), empleando un baño de ultrasonido (marca Arcano, modelo PS-10A, 2 L de capacidad) y aceite vegetal de girasol (marca Cocinero) como solvente. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 min para eliminar los sólidos remanentes, y el extracto líquido se recolectó en tubos Falcon de 15 mL.

Procedimiento para determinar la cantidad de licopeno en el aceite enriquecido con polvo de zanahoria: Se adoptó el método de cuantificación fundamentado en el análisis de carotenoides propuesto por Goula et al. (2017) [3]. Este método comprende la extracción de carotenoides utilizando aceite de girasol como solvente extractante. Para la cuantificación específica del licopeno en el aceite enriquecido, se utilizó un espectrofotómetro de marca Spectrum SP 1102 con pantalla digital y un rango de longitud de onda entre 360 y 1000 nm. El proceso incluyó la pesada precisa de tres gramos de aceite, los cuales se disolvieron en éter de petróleo hasta alcanzar un volumen final de 10 mL. Adicionalmente, se generó un

blanco utilizando tres gramos del mismo solvente extractante empleado en la muestra, disolviéndolo también en éter de petróleo hasta alcanzar un volumen total de 10 mL.

La cantidad de carotenoides se calculó mediante la siguiente ecuación (expresada en mg de licopeno por kg de aceite):

$$c \left(\frac{mg}{Kg \text{ aceite}} \right) = \frac{A * 10^6}{E_0 * 100 * d} \quad (1)$$

Donde d es el espesor de la celda del espectrofotómetro (1 cm), A el valor de absorbancia calculado a una longitud de onda de 470 nm y E_0 el coeficiente molar de extinción para el licopeno el cual corresponde a un valor de 3450.

Una vez identificado el método de secado que maximiza el contenido de licopeno, se optimizaron las condiciones de extracción utilizando la metodología de superficie de respuesta (Box-Behnken) para analizar su influencia e interacción. Se evaluaron los siguientes parámetros: relación sólido-solvente (10, 20 y 30 g/mL), temperatura de extracción (40, 60 y 80 °C) y tiempo de ultrasonido (20, 40 y 60 minutos).

RESULTADOS

En la Figura 1, se evidencia la variación de color en el producto molido en relación con la temperatura y la tecnología de secado empleada.

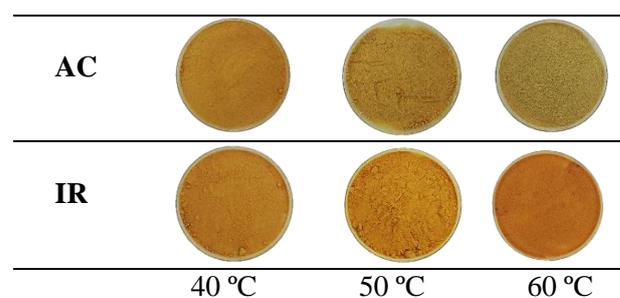


Figura 1. Producto final después de deshidratar, moler y tamizar con un tamiz #30.

La Figura 2 muestra el contenido de licopeno en el aceite enriquecido utilizando ambas tecnologías de secado. La Figura 3, por su parte, muestra la influencia de diversas variables de operación y sus posibles interacciones en el proceso de extracción.

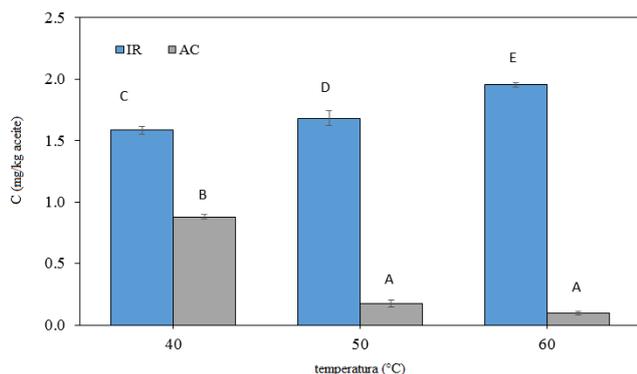


Figura 2. Contenido de licopeno utilizando distintas tecnologías de secado. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey, $p > 0,05$).

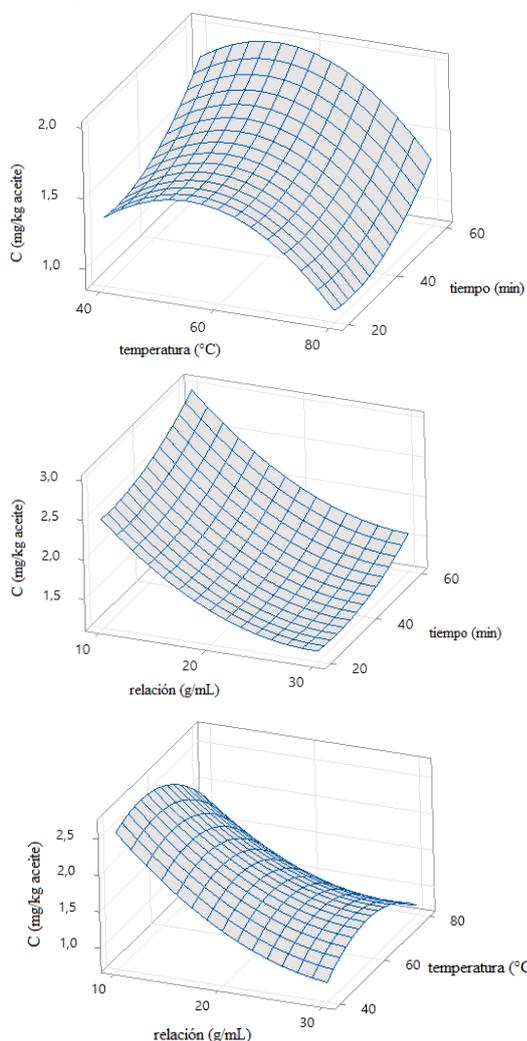


Figura 3. Superficies de respuesta para las condiciones de extracción: (a) tiempo y temperatura; (b) relación y tiempo; (c) relación y temperatura.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al utilizar el secado por AC, se observa que a temperaturas más altas las muestras de zanahoria pierden su color naranja característico. En cambio, con el secado por IR, no se aprecia cambio en el color del producto, incluso al aumentar la temperatura de secado (Figura 1).

La Figura 2 muestra que el contenido de licopeno disminuye significativamente con el aumento de la temperatura para el secado por AC de 40 °C a 60 °C. En contraste, el secado por infrarrojo muestra un aumento significativo del contenido de licopeno con el incremento de la temperatura. Para verificar la validez de los datos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con la prueba de Tukey. Basado en los resultados, se decidió continuar los ensayos utilizando el secado por IR.

Los resultados indican que el secado por IR es la mejor opción para valorizar los bio-residuos de zanahoria. Las condiciones óptimas fueron: secado infrarrojo a 60 °C, 10 mL de solvente/g de sólido, baño ultrasónico a 60 °C y 60 min (Figura 3). Para evaluar su potencial, se está trabajando en la caracterización del material deshidratado y el residuo sólido remanente. Estos datos permitirán usar el bio-residuo de zanahoria completo de manera óptima.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Kaepler, M. S., Smith, J. B., Davis, C. R., Simon, P. W., Tanumihardjo, S. A. (2023). Anthocyanin and lycopene contents do not affect β -carotene bioefficacy from multicolored carrots (*Daucus carota* L.) in male Mongolian gerbils. *The Journal of Nutrition*, 153(1), 76-87.
- [2] da Silva, H. R. P., Iwassa, I. J., Marques, J., Postae, N., Stevanato, N., da Silva, C. (2020). Enrichment of sunflower oil with β -carotene from carrots: Maximization and thermodynamic parameters of the β -carotene extraction and oil characterization. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(4), e14399.
- [3] Goula, A. M., Ververi, M., Adamopoulou, A., Kaderides, K. (2017). Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids from pomegranate wastes using vegetable oils. *Ultrasonics sonochemistry*, 34, 821-830.