

Análisis de un método alternativo para obtener extractos a partir de descartes de remolacha

Analysis of an alternative method to obtain extracts from beet discards

María Victoria Schultheis

Grupo Productos Naturales y Materiales (ProNaM – UTN FRSFco)
mv_schultheis@hotmail.com

María Candela Acuña

Grupo Productos Naturales y Materiales (ProNaM – UTN FRSFco)
candela.acu47@gmail.com

Yamile Soledad Aon

Grupo Productos Naturales y Materiales (ProNaM – UTN FRSFco)
yamiaon@gmail.com

Vanina Alejandra Guntero

Grupo Productos Naturales y Materiales (ProNaM – UTN FRSFco)
vguntero@sanfrancisco.utn.edu.ar

Cristián A. Ferretti

Grupo de Síntesis Orgánica y Materiales (GSOM - FIQ - UNL - CONICET)
cferretti@fiq.unl.edu.ar

Resumen

La provincia de Córdoba (Argentina) es una productora importante de hortalizas, generando un desperdicio estimado de alrededor del 40% durante su procesamiento. Por lo que es esencial reducir este desperdicio que no recibe el tratamiento adecuado y así minimizar el impacto ambiental. Una forma de reducirlo y a su vez, añadir valor a la producción, es aprovechar los compuestos activos de los residuos de hortalizas. En particular, las remolachas contienen betalaínas, que poseen propiedades como colorantes naturales. Por lo cual, en este trabajo, se plantea estudiar las mejores condiciones operativas para obtener el máximo rendimiento del extracto de remolacha mediante la técnica de extracción por ultrasonido. Se diseñó un experimento factorial completo variando el solvente y los tiempos de extracción. Posteriormente, el extracto se recuperó mediante hidrodestilación, se llevó a una estufa para eliminar el exceso de solvente presente obteniendo así rendimientos de los mismos entre el 9 y 12%.

Palabras clave: Ultrasonido, Pigmentos naturales, Componentes bioactivos, Extracción.

Abstract

The province of Córdoba (Argentina) is an important producer of vegetables, generating an estimated waste of around 40% during processing. Therefore, it is essential to reduce this waste that does not receive adequate treatment and thus minimizing the environmental impact is essential. One way to reduce it and, in turn, add value to production is to take advantage of the active compounds in vegetable waste. In particular, beets contain betalains, which have natural coloring properties. Therefore, in this work, it is proposed to study the best operating conditions to obtain the maximum yield of the beet extract using the ultrasound extraction technique. A complete factorial experiment was designed, varying the solvent and extraction times. Subsequently, the extract was recovered by hydrodistillation, it was placed in an oven to eliminate the excess solvent present, thus obtaining yields between 9 and 12%.

Keywords: Ultrasound, Natural Pigments, Bioactive components, Extraction.

Introducción

A nivel global, entre el 40% y el 50% de los desperdicios de alimentos provienen de productos vegetales y sus subproductos agroindustriales. La eliminación continua y sin tratamiento adecuado de estos residuos genera impactos negativos en el medioambiente, la sociedad y la economía (Panwar et ál., 2021: 549-562). En Argentina, 16 millones de toneladas de alimentos se pierden o desperdician anualmente, según registros del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación de las cuales, cerca de la mitad corresponde a frutas y hortalizas (Nutter et ál., 2020: 249-271). Dentro de las hortalizas, aquellas que se cultivan para el consumo de sus raíces (como remolacha, zanahoria y rabanito, entre otras) generan grandes cantidades de subproductos, como resultado del descarte de sus partes aéreas (hojas y tallos), pudiendo representar entre un 25 y 75% de toda la planta (Fernández et ál., 2017: 37-45). Por lo tanto, una gestión eficaz de estos desechos es cada vez más necesaria y urgente. Como alternativa, la posibilidad de recuperar los compuestos bioactivos presentes en estos residuos, ofrece una oportunidad para su revalorización. Los compuestos bioactivos, como los pigmentos y los compuestos fenólicos, ofrecen propiedades antioxidantes y antimicrobianas y tienen el potencial de ser utilizados en productos naturales y saludables (Nutter et ál., 2019: A-129; Cazón and Silva, 2024: 100929).

La sustitución de colorantes sintéticos por pigmentos naturales extraídos de frutas y verduras ha ganado popularidad debido a los beneficios para la salud y la creciente demanda de productos más naturales por parte de los consumidores (Cai et ál., 2005: 370-376). En Córdoba, una región destacada en la producción de hortalizas, el cultivo de remolacha abarca un porcentaje importante respecto a la producción total. Este cultivo es rico en betalaínas que son pigmentos derivados del ácido betalámico que le confieren su coloración roja característica (Marañón-Ruiz, Rizo de la Torre, 2011: 113-120). Además, tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, siendo utilizadas en productos para deportistas y como aditivos en alimentos. Sin embargo, su estabilidad y degradación depende de diversos factores, entre los que destacan, la luz, temperaturas superiores a 40°C y humedad (Salazar-Llangari et ál., 2019: 228-238; Chávez et ál., 2015: 111-118).

Para obtener los compuestos bioactivos se debe seleccionar una técnica de extracción y los parámetros involucrados. Existen técnicas tradicionales como la extracción Soxhlet y la hidrodestilación, las cuales están estudiadas y se caracterizan por utilizar grandes cantidades de solventes, y requieren prestar atención ya que el calor puede degradar compuestos sensibles (Bitwell et ál., 2023: e01585). En contraste, la extracción asistida por ultrasonido (EAU) es una técnica innovadora que ha demostrado ser eficiente en la extracción de compuestos bioactivos de diversas materias primas vegetales, ofreciendo ventajas como tiempos de extracción más cortos respecto a las tradicionales y alta reproducibilidad (Chemat et ál., 2015: 157-168). Dicha técnica, se está desarrollando a nivel laboratorio y escala piloto, siendo aún poco aplicada a nivel industrial.

Durante la técnica de ultrasonido, las ondas ultrasónicas generan burbujas de cavitación acústica que facilitan la liberación de compuestos al medio, aumentando el rendimiento de la extracción (Azuola and Vargas, 2007: 30-40). Dicho rendimiento de extracción está influenciado por distintos parámetros como son, la relación solvente-sólido, tiempo, tipo de solvente, temperatura, pH, frecuencia de extracción, amplitud de onda y potencia ultrasónica (Cazón & Silva, 2024). Por lo que, optimizar estas variables es esencial para obtener productos con las propiedades deseadas y que el proceso resulte industrialmente conveniente (Anaya-Esparza et ál., 2023: 7752).

En base a lo expuesto anteriormente, este trabajo se orientó a emplear y optimizar el método de extracción por ultrasonido para obtener una alternativa más favorable energéticamente. Dicho método fue aplicado a cultivos de remolachas que fueron descartados en comercios de la región de San Francisco, provincia de Córdoba. Para poder lograr este objetivo se implementó un diseño experimental factorial completo.

Desarrollo

Obtención y preparación de la materia prima

La materia prima utilizada en esta investigación fueron las raíces de remolachas de distintos tamaños descartadas por comercios locales. Una vez recolectadas, se lavaron y luego se les redujo el tamaño por medio del rallado con objeto de aumentar la superficie de contacto entre la materia prima y el solvente, y así aumentar también el área expuesta a la cavitación ultrasónica.

Diseño Factorial

El diseño factorial se estableció para identificar combinaciones óptimas de factores y niveles. Para esto se seleccionaron dos factores con tres niveles diferentes cada uno, y se mantuvo fija la temperatura a 30°C y la frecuencia de ultrasonido a 50 Hz. Uno de los factores estudiados fue el tipo de solvente, eligiendo como niveles agua, etanol,

solución etanol-agua al 50%. Por otro lado, también se estudió el tiempo de extracción donde los niveles fueron 20, 30, 40 minutos. El diseño factorial completo (Tabla 1) se generó usando un software especializado para asegurar una cobertura exhaustiva de todas las combinaciones posibles.

Tabla 1. Diseño factorial para EAU

Ensayo	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Solvente
U1	30	20	Agua
U2	30	20	Etanol
U3	30	20	Solución 50%
U4	30	30	Agua
U5	30	30	Etanol
U6	30	30	Solución 50%
U7	30	40	Agua
U8	30	40	Etanol
U9	30	40	Solución 50%

Extracción por EAU

Resultados previos indican que la extracción con ultrasonido mejora el contacto superficial entre el solvente y la muestra vegetal acelerando la liberación de compuestos bioactivos (Bitwell et ál., 2023: e011585), siendo así importante la relación entre la cantidad de materia vegetal y solvente seleccionada.

Para realizar este procedimiento se pesaron 20 g de muestra de remolacha rallada y se midieron 200 ml del solvente seleccionado. Ambas cantidades se colocaron en un vaso de precipitado dentro del equipo de ultrasonido. Luego se ajustó en el equipo el valor de la temperatura y del tiempo de extracción según el diseño experimental. En la Figura 1 es posible observar el producto obtenido al realizar la extracción empleando el método de extracción con ultrasonido.

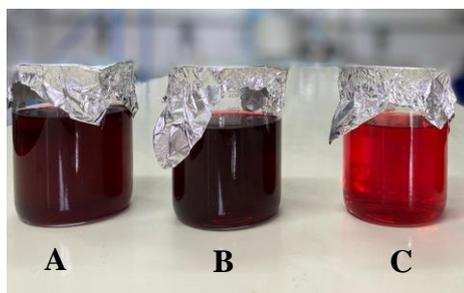


Figura 1. Extractos obtenidos con A) solución etanol:agua 50:50, B) agua, C) etanol.

Purificación del extracto

El extracto obtenido se filtró. Luego la parte líquida fue sometida a hidrodestilación para eliminar la mayor cantidad posible de solvente obteniendo un producto más concentrado. Finalmente, el extracto se secó en estufa a temperatura constante obteniendo el producto final de consistencia viscosa (Figura 2).



Figura 2. Extracto obtenido.

Cálculo del rendimiento

Se calcula el rendimiento de la extracción a través de la Ec. (1) considerando el producto obtenido del proceso luego del secado, siendo m_{es} la masa del extracto seco y m_i la masa de la muestra inicial.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{m_{es}}{m_i} \cdot 100\% \quad (1)$$

Resultados

Los rendimientos obtenidos de los experimentos realizados (Tabla 2) fueron mayores al 9% en todos los casos. Sin embargo, en los casos en que se implementó agua como solvente el mejor rendimiento se presentó cuando el tiempo de extracción fue de 40 minutos. En cambio, cuando se utilizó el etanol como solvente el mejor rendimiento fue cuando se realizó la extracción durante 20 minutos. En el caso de la utilización de solución etanol - agua (50%) como disolvente, el rendimiento fue mejor a los 30 minutos de extracción.

Tabla 2. Rendimientos obtenidos en ensayos

Ensayo	Rendimiento (%)
U1	10,11
U2	10,52
U3	9,85
U4	10,62
U5	9,97
U6	12,82
U7	11,54
U8	9,06
U9	10,51

Conclusiones

Este estudio se centró en la valorización de los descartes de remolacha que se generan en comercios de la región para la obtención de un extracto enriquecido en compuestos bioactivos. Utilizando un diseño experimental que incluyó combinaciones de solventes y tiempos de extracción se llevaron a cabo los diversos experimentos, buscando las mejores condiciones operativas. La metodología aplicada destacó por sus tiempos de operación reducidos y por la eficiencia en el uso de solventes, además de ser una opción amigable con el medio. Teniendo en cuenta que los rendimientos obtenidos son similares, se continuará el estudio de optimización disminuyendo los tiempos de extracción para estudiar la variabilidad. Una vez obtenido el extracto en las mejores condiciones operativas, se purificará el mismo para obtener los principios activos de interés de forma más homogénea y pura, al cual se le evaluará la estabilidad sometándolo a diferentes condiciones de temperatura, pH y humedad, y también se cuantificará el pigmento natural.

Agradecimientos

Los autores agradecen al financiamiento otorgado por la Universidad Tecnológica Nacional mediante el proyecto PAPPSP0008588.

Referencias

Anaya-Esparza, L. M., Aurora-Vigo, E. F., Villagrán, Z., Rodríguez-Lafitte, E.; Ruvalcaba-Gómez, J.M.; Solano-Cornejo, M. Á., Zamora-Gasga, V. M., Montalvo-González, E., Gómez-Rodríguez. H., Aceves-

- Aldrete, C. E., González-Silva, N. (2023). "Design of Experiments for Optimizing Ultrasound-Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Plant-Based Sources". *Molecules*, 28(23), 7752.
- Azuola, R., & Vargas, P. (2007). "Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA)". *Tecnología En Marcha*, 20(4), 30 - 40.
- Bitwell, C., Indra, S. S., Luke, C., Kakoma, M. K. (2023). "A review of modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants". *Scientific African*, 19, e01585.
- Cai, Y. Z., Sun, M., Corke, H. (2005). "Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae". *Trends in Food Science and Technology*, 16(9), 370–376.
- Cazón, P., Silva, A.S. (2024). "Natural pigments from food wastes: New approaches for the extraction and encapsulation". *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 47, 100929.
- Chemat, F., Fabiano-Tixier, A. S., Vian, M.A., Allaf, T., Vorobiev, E. (2015). "Solvent-free extraction of food and natural products". *Trends in Analytical Chemistry*, 71, 157-168.
- Fernández, M.V., Jagus, R. J., Agüero, M. V. (2017). "Evaluation and Characterization of Nutritional, Microbiological and Sensory Properties of Beet Greens". *Acta Scientific Nutritional Health*, 1(3), 37-45.
- Marañón-Ruiz, V. F., Rizo de la Torre, L. del C. (2011). "Caracterización de las propiedades ópticas de Betacianinas y Betaxantinas por espectroscopía Uv-Vis y barrido en Z". *Superficies y Vacío*, 24(4), 113-120.
- Nutter, J & Rosa, Jagus & Agüero, María. (2019). "Extracción asistida por ultrasonido (EAU) de bioactivos presentes en hoja de remolacha". *Actas del XXI Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos - XVII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos, CyTAL®-ALACCTA, Buenos Aires, Argentina, 20 al 22 de noviembre, A-129.*
- Nutter, J.; Fernández, M.V.; Jagus, R.J.1,2; Agüero, M.V. (2020). "Alternatives for beet (*Beta vulgaris* L.) leaves revalorization - A bibliographic review". *Horticultura Argentina*, 39 (100): 249-271.
- Panwar, D., Saini, A., Panesar, P. S., & Chopra, H. K. (2021). "Unraveling the scientific perspectives of citrus by-products utilization: Progress towards circular economy". *Trends in Food Science & Technology*, 111, 549–562.
- Salazar-Llangari, K. G., Flores, L. M., Coba-Carrera, R. L., & Brito Moina, H. L. (2019). "Obtención de Betacianinas de la Remolacha (*Beta vulgaris*)". *Desarrollo & crecimiento*, 3(3.4), 228–238.
- Sánchez-Chávez, W.; Cortez-Arredondo, J.; Solano-Cornejo, M.; Vidaurre-Ruiz, J. (2015). Cinética de degradación térmica de betacianinas, betaxantinas y vitamina C en una bebida a base de jugo de remolacha (*Beta vulgaris* L.) y miel de abeja. *Scientia Agropecuaria*, 6 (2): 111–118.