

20. Productos Naturales Bioactivos y sus Aplicaciones

Efecto de diferentes tratamientos de deshidratación sobre las propiedades físicas y nutricionales de subproductos de arándanos.

Irigoytia, Belén; Sosa, Natalia; Genevois, Carolina.

belenirigoytia.1@hotmail.com; ssosa@fb.uner.edu.ar; cgenevois@fb.uner.edu.ar

Facultad de Bromatología

Universidad Nacional de Entre Ríos

Resumen

El procesamiento industrial de frutas genera una gran cantidad de desperdicios sólidos que son generalmente usados en la alimentación animal o como fertilizantes orgánicos. Al mismo tiempo, constituyen una fuente, aún no utilizada, de compuestos de alto valor biológico que podrían encontrar aplicaciones en la industria alimentaria como suplementos dietarios, ingredientes y/o aditivos. En la Provincia de Entre Ríos, el principal valor agregado al arándano fresco que no es exportado, es decir la cosecha de descarte, es su industrialización para la elaboración de jugo. A partir del proceso de filtración se obtiene un subproducto (restos de pulpa, cáscara y semillas) que podría caracterizarse por presentar elevado contenido de fibra dietaria y/o compuestos con actividad biológica.

Es interesante resaltar que, en los últimos años, se ha intensificado la investigación sobre el potencial antioxidante de alimentos que sean capaces de proteger a las células humanas de los efectos dañinos de la oxidación, y promuevan el estado de salud y nutrición de las poblaciones.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general estabilizar mediante diferentes tratamientos de secado el subproducto de arándanos proveniente del proceso de obtención de jugo concentrado de arándanos. Así como también, caracterizar fisicoquímica y nutricionalmente los polvos deshidratados, con la finalidad de obtener un nuevo ingrediente funcional y dar valor agregado a un desperdicio poco aprovechado.

Palabras clave: subproducto agroindustrial, arándanos, compuestos bioactivos, polifenoles, capacidad antioxidante.

Introducción

La FAO estima que alrededor de 1.300 millones de toneladas de alimentos se pierden o desperdician cada año en el mundo, que representan aproximadamente el 30% de la oferta alimenticia mundial (Food and Agricultural Organization of United Nations, 2016). Se considera como pérdidas y desperdicio a todo aquel alimento apto para el consumo humano que se descarte, pierda, degrade o afecte, en cualquier punto de la cadena de suministro alimentario; así como también, el ser utilizado intencionalmente para la alimentación animal o que constituya un subproducto de la elaboración de alimentos no utilizado para la alimentación humana. Las pérdidas de alimentos reducen la cantidad o calidad del producto comestible en los eslabones iniciales de la cadena de suministro, y por lo tanto, disminuyen la cantidad global de alimento apto para consumo humano (Parfitt, Barthel, & Macnaughton, 2010).

En Argentina, se generan aproximadamente 16 millones de toneladas de alimentos que se pierden o desperdician, representando el 12,5% de la producción agroalimentaria (Rivas, Blengino, Alvares de Toledo y Franco, 2015).

Estas pérdidas de alimentos, además de afectar la seguridad alimentaria, y la calidad e inocuidad alimentaria, también afectan el desarrollo económico y medioambiental.

La principal disposición final de los residuos generados por la actividad

agropecuaria e industrial es para la alimentación animal, como abono, fertilizantes o para la producción de biodiesel (Müller-Maatsch et al., 2016). Cabe destacar que, estos subproductos agroindustriales representan un recurso potencial para ser explorado debido a que constituyen una fuente de macro y micronutrientes, y compuestos de alto valor biológico que podrían encontrar aplicaciones como insumos en la industria alimentaria.

En la Provincia de Entre Ríos, el principal valor agregado al arándano fresco que no es exportado, es decir la cosecha de descarte, es su industrialización para la elaboración de jugos concentrados. A partir del proceso de filtración se obtiene un subproducto (restos de pulpa, cáscara y semillas) que podría caracterizarse por presentar elevado contenido de fibra dietaria y/o compuestos con actividad biológica.

Los arándanos se caracterizan por su elevado contenido de antocianidinas. Estos compuestos fitoquímicos son responsables de los beneficios en la salud, como por ejemplo la prevención de diabetes, hiperlipidemia, hipertensión, neurodegeneración, obesidad y osteoporosis. Sin embargo, actualmente, la propiedad más importante de los arándanos radica en su capacidad para inhibir la producción de moléculas inflamatorias, reducir el estrés oxidativo previniendo el daño del ADN e inhibir las células cancerosas mediante efectos pro-

apoptóticos, antioxidantes, antiinflamatorios y antiangiogénicos (Johnson & Arjmandi, 2013).

Es interesante destacar que, la elevada capacidad antioxidante de los arándanos está fuertemente correlacionada con el contenido total de polifenoles (Prior et al., 1998).

Por lo tanto, el desarrollo de ingredientes y/o suplementos dietarios a partir del aprovechamiento de residuos agroindustriales de arándanos podría contribuiría no sólo a dar valor agregado, sino también al desarrollo del sector productivo regional y la salud de la población en general.

Objetivos

El presente trabajo tiene como objetivo estabilizar mediante diferentes métodos de deshidratación: convección, secado al vacío y liofilización, el subproducto de arándanos; y evaluar el efecto de estas operaciones unitarias sobre la caracterización física y nutricional del mismo.

Materiales y Métodos

Materiales:

Se utilizaron subproductos de arándanos provenientes del proceso de elaboración de jugo (Starberry S.A., Concordia, Entre Ríos). En todas las determinaciones se utilizaron reactivos de grado analítico.

Métodos:

Métodos de secado del subproducto de arándanos:

Se llevaron a cabo diferentes operaciones unitarias de estabilización: secado convectivo empleando un deshidratador eléctrico de placas (Modelo FA 10-MZ, COBOS, Argentina), y secado al vacío y liofilizado empleando un liofilizador (Labconco, USA). El secado convectivo se llevó a cabo a 50 °C durante 18 h. El proceso de liofilización se realizó durante 48 h, y el secado a vacío a temperatura ambiente a una presión de 0,040 mbar durante 48 h. Todas las condiciones de secado fueron establecidas en trabajos previos.

Caracterización física:

La determinación de humedad de las muestras del subproducto de arándanos (fresco, secado por convección, secado al vacío y liofilizado) se llevó a cabo por secado en estufa a 70 °C hasta obtener un peso constante, siguiendo la metodología de la AOAC 934.01.

La actividad de agua (a_w) se determinó utilizando un equipo higrómetro (HigroLab, Rotronic).

La evaluación del color se realizó empleando un fotocolorímetro portátil (MiniScan EZ, HunterLab) en el espacio CIELAB, bajo el iluminante D65 y un ángulo de observador de 2°. La luminosidad se utilizó para cuantificar la oscuridad/claridad (L^* : 0-100), la coordenada a^* para determinar el rojo/verde (+98,233; -86,183), y la

coordenada b^* para determinar el amarillo/azul (+94,47; -107,857) (Nemzer, Vargas, Xia, Sintara, & Feng, 2018). El valor de chroma (Chr) se calculó a partir de los parámetros de a^* y b^* (Olivera et al., 2008) (Ecuación 1):

$$\text{Chr} = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad (1)$$

Las mediciones se realizaron por triplicado, partiendo de muestras independientes, e informando el valor promedio \pm desvío estándar.

Caracterización nutricional:

Se obtuvieron extractos metanólicos para cada formulación liofilizada, mezclando 1 g de muestra deshidratada con 5 mL de metanol con agitación magnética durante 2 min y al resguardo de la luz. Posteriormente, el sobrenadante se separó por filtración y se realizaron dos extracciones consecutivas adicionando 2,5 mL de metanol. Finalmente, se llevó a volumen de 25 mL. Los extractos se almacenaron a temperatura de refrigeración y al resguardo de la luz.

El contenido de polifenoles totales se determinó mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu siguiendo la metodología descrita por Archaina, Leiva, Salvatori, y Schebor (2017) y Nemzer et al. (2018). El mismo consistió en utilizar reactivo Folin-Ciocalteu 1N (Merck, Alemania) y carbonato de sodio al 20,0%. Las

mediciones de las absorbancias se realizaron a una longitud de onda de 765 nm utilizando un espectrofotómetro (Perkin Elmer-Lambda 25, USA). La curva de calibración se llevó a cabo utilizando ácido gálico (Fluka) y los resultados se expresaron en mg de ácido gálico/100 g de muestra (base seca).

La capacidad antioxidante se llevó a cabo con el método capacidad antioxidante equivalente al Trolox (TEAC) siguiendo la metodología descrita por Franceschinis, Salvatori, Sosa y Schebor (2014). Para ello, se utilizó una solución del radical coloreado ABTS+ (2,2-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonato)) (Sigma-aldrich. USA) constituida por ABTS+ y persulfato de potasio en agua ultrapura y re-suspendida en buffer fosfato (pH 7,4). La curva de calibración se preparó con diferentes concentraciones de Trolox (mg/mL). Las mediciones de absorbancia se realizaron luego de un lapso de 30 min a una longitud de onda de 734 nm utilizando un espectrofotómetro. Los resultados finales se expresaron en mg Trolox / g de muestra (base seca).

Análisis estadístico de los datos experimentales:

El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando el programa Statgraphics Centurion XV (V 2.15.06, USA) mediante análisis de varianza seguido del método de la diferencia mínima significativa (LSD Fisher) para identificar diferencias significativas entre los sistemas.

Resultados y Discusión

En la **Tabla 1** se detalla el contenido de humedad, a_w y color del subproducto de arándanos fresco y de los polvos estabilizados por los diferentes métodos de deshidratación.

El contenido de humedad inicial del subproducto de arándanos fue $\sim 76\%$. Luego de los diferentes tratamientos de deshidratación, la humedad se redujo significativamente ($p < 0,05$) en todos los sistemas obtenidos, siendo el polvo deshidratado al vacío el de menor contenido de humedad.

Por otro lado, el residuo de arándanos fresco presentó una a_w inicial elevada ($0,921 \pm 0,006$), y luego de los tratamientos de deshidratación, este valor se redujo significativamente ($p < 0,05$) en los tres tratamientos estudiados, presentando un valor promedio de a_w igual a $0,26 \pm 0,03$ (**Tabla 1**).

Es interesante resaltar que, los tratamientos de deshidratación son métodos de conservación ampliamente utilizados para reducir el contenido de humedad y la a_w , dando como resultado alimentos o ingredientes más estables durante su vida útil (Fennema, 2000). Alimentos con a_w elevadas presentan velocidades de reacciones mayores, son más susceptibles a la pérdida de nutrientes y crecimiento de microorganismos. Mientras que, alimentos con valores de a_w por debajo de 0,60 inhiben el crecimiento de la mayoría de los

microorganismos y reducen la velocidad de la mayoría de las reacciones (Badui Dergal, 2013). En este caso, los productos deshidratados se caracterizaron por presentaron bajo contenido de humedad y a_w .

Los valores de color obtenidos en el producto fresco y deshidratado se describen en la **Tabla 1**. La luminosidad, que cuantifica la oscuridad-claridad (0-100) de un alimento, presentó un valor de $5,1 \pm 0,5$ en el subproducto fresco, que representa un color oscuro. Luego del tratamiento de deshidratación la luminosidad incrementó significativamente ($p < 0,05$) tanto en el sistema secado al vacío como en el liofilizado. Mientras que, el sistema secado por convección presentó un valor similar al producto fresco.

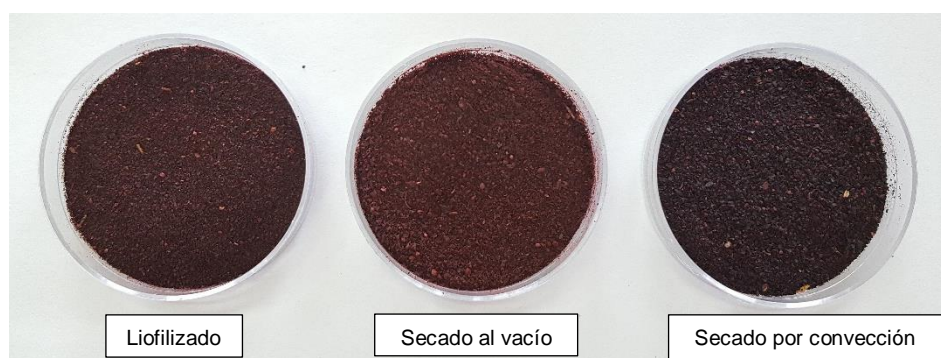
La cromaticidad (Chr) que describe la intensidad del color de un alimento, también estuvo afectado significativamente ($p < 0,05$) por los diferentes tratamientos de deshidratación (**Tabla 1**). La intensidad del color aumentó luego del secado principalmente debido al incremento de la coordenada a^* . En la **Figura 1**, se presenta una imagen de los polvos obtenidos a base de subproductos de arándanos a modo de referencia. Cabe destacar que, el color de los alimentos deshidratados es uno de los atributos de calidad más relevantes e influye directamente en la decisión del consumidor al elegir un nuevo producto (Bonazzi & Dumoulin, 2011).

Tabla 1. Propiedades físicas y color del subproducto de arándanos fresco y deshidratado.

Sistemas	Humedad (%)	Actividad de agua	Luminosidad	Cromaticidad
Fresco	75,9±0,5 ^a	0,921±0,006 ^d	5,1±0,5 ^f	2,28±0,09 ^h
Secado por convección	3,9±0,3 ^b	0,28±0,03 ^e	5,4±0,1 ^f	4,7±0,1 ⁱ
Secado al vacío	3,12±0,09 ^c	0,22±0,02 ^e	7,0±0,05 ^g	9,6±0,3 ^j
Liofilizado	3,9±0,1 ^b	0,245±0,006 ^e	6,9±0,05 ^g	7,5±0,2 ^k

* Letras diferentes indican diferencias significativas (p -valor $\leq 0,05$) entre muestras con un nivel de confianza del 95%.

Figura 1. Imagen de los polvos a base de subproducto de arándanos obtenidos luego de los diferentes tratamientos de deshidratación.



En general, los procesos de preservación pueden estar acompañados de pérdidas en el valor nutricional del alimento, principalmente de polifenoles (Mcsweeney & Seetharaman, 2013). Debido a esto, radica importancia evaluar el efecto de los diferentes tratamientos de deshidratación sobre el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los polvos a base de subproductos de arándanos obtenidos. En la **Tabla 2** se detalla el contenido final luego del tratamiento de deshidratación de los compuestos de interés nutricional.

El contenido de polifenoles totales en el subproducto de arándanos frescos presentó un valor de $9,9\pm 0,4$ g/100 g subproducto de arándanos (base seca); encontrándose en el orden de lo reportado en bibliografía (Rodrigues et al., 2011). Autores como Johnson y Arjmandi (2013) han reportado que el arándano es una de las frutas con mayor contenido de polifenoles totales, presentando un contenido de 2,5 g/100 g de arándanos (base seca).

Luego de los diferentes tratamientos de deshidratación, el contenido de polifenoles totales se redujo significativamente ($p \leq$

0,05) en todos los sistemas estudiados, posiblemente debido a la serie de reacciones ocurridas en el interior del alimento, que comienza con una hidroxilación de monofenoles y finaliza con la formación de o-quinonas (Mcsweeney & Seetharaman, 2013). El proceso de liofilización permitió una retención leve, pero significativamente ($p < 0,05$) superior de los compuestos fenólicos respecto del tratamiento de secado por convección y al vacío. Resultados similares fueron observados por Nemzer et al. (2018) en arándanos, frutillas, arándanos rojos, y cerezas.

Con respecto a la capacidad antioxidante del subproducto de arándanos, se pudo observar que el producto fresco presentó un valor significativamente ($p < 0,05$)

inferior respecto de los polvos deshidratados. Luego del tratamiento de deshidratación, la capacidad antioxidante incrementó significativamente ($p < 0,05$) en el polvo secado por convección, siendo aún superior ($p < 0,05$) en los polvos secado al vacío y liofilizado.

Los resultados reportados en el presente trabajo de investigación, permiten conocer el contenido de compuestos bioactivos de interés nutricional luego de diferentes procesos de estabilización en un residuo agroindustrial. Asimismo, permiten establecer las bases para continuar profundizando aspectos relacionados a las propiedades físicas y de potenciales aplicaciones del nuevo ingrediente en la formulación de alimentos funcionales.

Tabla 2. Características nutricionales del subproducto de arándanos fresco y deshidratado.

Sistemas	Polifenoles totales ¹	Capacidad antioxidante ²
Fresco	9,9±0,4 ^a	13±1 ^d
Secado por convección	1,04±0,04 ^b	16±1 ^e
Secado al vacío	1,3±0,1 ^{bc}	21±2 ^f
Liofilizado	1,5±0,1 ^c	22±2 ^f

¹ Contenido de polifenoles totales expresados en g de ácido gálico/100 g muestra (base seca). ² Capacidad antioxidante mili mol de trolox/100 g de muestra (base seca).

* Letras diferentes indican diferencias significativas (p -valor $\leq 0,05$) entre muestras con un nivel de confianza del 95%.

Conclusiones

Los métodos de liofilización y secado al vacío fueron los que mejor estabilizaron el subproducto de arándanos, dado que permitieron preservar el color, contenido de polifenoles y capacidad antioxidante del polvo final obtenido.

El polvo deshidratado a base de subproductos de arándanos resultó ser una excelente fuente de compuestos bioactivos para el potencial desarrollo de un nuevo ingrediente o suplemento nutricional.

Bibliografía

- Archaina, D., Leiva, G., Salvatori, D., & Schebor, C. (2017). Physical and functional properties of spray-dried powders from blackcurrant juice and extracts obtained from the waste of juice processing. *Food Science and Technology International*, (0), 1–9. <https://doi.org/10.1177/1082013217729601>
- Badui Dergal, S. (2013) *Química de los alimentos* (5^{ta} ed.). México: Pearson Educación.
- Bonazzi, C., & Dumoulin, E. (2011). Quality Changes in Food Materials as Influenced by Drying Processes. In E. Tsotsas & A. S. Mujumdar (Eds.), *Modern Drying Technology* (First, Vol. 3, pp. 1–20). Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. <https://doi.org/10.1002/9783527631728.ch14>
- Fennema O.R. (2000). *Food Chemistry*, Third Edition. Marcel Dekker Inc., New York.
- Food and Agricultural Organization of United Nations. (2016). *Food Losses and Waste in Latin America and the Caribbean*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i5504e.pdf>
- Franceschinis L., Salvatori D., Sosa N., & Schebor C. (2014). Physical and functional properties of blackberry freeze- and spray-dried powders. *Drying Technology*, 32, 197-207.
- Johnson, S. A., & Arjmandi, B. H. (2013). Evidence for Anti-Cancer Properties of Blueberries : A Mini-Review. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 13, 1142–1148. <https://doi.org/10.2174/18715206113139990137>
- Mcsweeney, M., & Seetharaman, K. (2013). State of Polyphenols in the Drying Process of Fruits and Vegetables State of Polyphenols in the Drying Process of Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(5), 660–669. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.670673>
- Müller-Maatsch, J., Bencivenni, M., Caligiani, A., Tedeschi, T., Bruggeman, G., Bosch, M., ... Sforza, S. (2016). Pectin content and composition from different food waste streams. *Food Chemistry*, 201, 37–45. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.012>
- Nemzer, B., Vargas, L., Xia, X., Sintara, M., & Feng, H. (2018). Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods. *Food Chemistry*, 262, 242–250. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.047>
- Olivera, D. F., Viña, S. Z., Marani, C. M., Ferreyra, R. M., Mugridge, A., Chaves, A. R., & Mascheroni, R. H.

(2008). Effect of blanching on the quality of Brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. gemmifera DC) after frozen storage. *Journal of Food Engineering*, 84, 148–155.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.05.005>

Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S.

(2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 365: 3065-3081.

Prior, R. L., Cao, G., Martin, A., Sofic, E., McEwen, J., O'Brien, C., Lischner, N., Ehlenfeldt, M., Kalt, W., Krewer, G., & Mainland, C. M. (1998).

Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(7), 2686-2693.

<http://dx.doi.org/10.1021/jf980145d>.

Rivas, A., Blengino, C., Alvares de Toledo, B., & Franco, D. (2015). Un ejercicio de la estimación: Pérdidas y Desperdicios de Alimentos en la Argentina. *Alimentos Argentinos*, 65: 4-11.

Rodrigues, E., Poerner, N., Rockenbach, I. I., Gonzaga, L. V., Mendes, C. R., & Fett, R. (2011). Phenolic compounds and antioxidant activity of blueberry cultivars grown in Brazil. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 31(4), 911–917.

Agradecimientos

Agradecimientos a la Facultad de Bromatología, Universidad Nacional de Entre Ríos, y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Financiamiento

Agradecimientos por el soporte financiero brindado al Proyecto de Vinculación Tecnológica “Universidades Agregando Valor” del Ministerio de Educación de la Nación, Proyecto de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica PIDUNER (9084), PID NOVEL (Res. 242/17) y a CONICET.