

ARTÍCULO ORIGINAL

Valorización biotecnológica a partir de residuos del proceso de elaboración de Sidra de manzana (*Malus domestica*)

Biotechnological recovery
from waste from the apple
cider (*Malus domestica*)
production process

Juan Meneses-Peralta^{ID}^{1a*}

¹ Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica Agroindustrial Ica (CITEAgroindustrial Ica), Instituto Tecnológico de la Producción (ITP), Ica, Perú

^ajmeneses@citeagroindustrial.com.pe

* Autor de correspondencia

Resumen

Se realizó una valorización biotecnológica de residuos agroindustriales del proceso de Sidra de manzana, a través de la elaboración de un Suplemento de Fibra dietética (SFD). El aprovechamiento se llevó a cabo combinando operaciones de lavado, pulpeado, macerado, prensado, deshidratado, y molienda. Se caracterizó el SFD mediante análisis fisicoquímico y funcional. Se observó que dicho suplemento posee valores de capacidad de absorción, retención e hinchamiento de 2.95; 0.07 y 0.9 mL agua/g de suplemento en polvo respectivamente; mientras que la humedad contenida fue de 4.34%, ideal para un almacenamiento prolongado. Por los resultados obtenidos, se concluyó que el uso de residuos provenientes del procesamiento de sidra, pueden ser aptas para su aplicación como insumo para bebidas tipo jugos, yogurts, panificación y otros tipos de alimentos blandos.

Palabras claves: suplemento, fibra, manzana, sidra, adsorción, retención, hinchamiento

Abstract

A biotechnological valuation of agro-industrial waste from the apple cider process was carried out, through the elaboration of a Dietary Fiber Supplement (SFD). The use was carried out combining operations of washing, pulping, macerating, pressing, dehydrating, and grinding. DFS was characterized by physicochemical and functional analysis. It was observed that said supplement has absorption, retention and swelling capacity values of 2.95; 0.07 and 0.9 mL water / g of powdered supplement respectively; while the moisture content was 4.34%, ideal for prolonged storage. Based on the results obtained, it was concluded that the use of residues from cider processing may be suitable for application as an input for drinks such as juices, yogurts, bakery and other types of soft foods.

Keywords: Supplement, fiber, apple, cider, adsorption, retention, swelling

Introducción

Las manzanas de variedad delicia (*Malus domestica*), son procesados para la elaboración de bebidas como la sidra, los cuales generan elevados volúmenes de residuos ricos en materia orgánica, especialmente en contenido lignocelulósico, carbohidratos, proteínas, ácidos orgánicos y demás compuestos (Vendruscolo *et al.* 2008; Ogino *et al.*, 2007; Osada *et al.*, 2006) con las que se puede obtener vitaminas, aromas, concentrados, fertilizantes, colorantes, enzimas, etc. (Grande 2016), considerándose así, como una materia prima apta para la extracción de fibra dietética, ya que contiene entre un 78.20 y un 89.80% de contenido total de fibra dietética (Elleuch *et al.*, 2011) abriendo un amplio panorama de investigación e ingeniería basado en biotecnología de residuos agroindustriales y oportunidad económica para emprender. Para ello, el proyecto se basó en la obtención y caracterización de un SFD a partir de los residuos provenientes del proceso de elaboración de sidra de manzana como parte de una valoración biotecnológica en el que se evalúe propiedades funcionales como capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de adsorción de agua (CAA) y capacidad de hinchamiento (CDH), debido a que dichas propiedades son las responsables de las características que tendrá el producto final, siendo influenciadas por los tratamientos térmicos al que son sometidos, tamaño de partícula y la composición de la harina (Aguirre-Castillo *et al.*, 2018)

Material y métodos

Materia prima

El desarrollo del producto se realizó durante el periodo de agosto-septiembre de 2020, en el Laboratorio de Desarrollo de Productos del Centro de Innovación Tecnológica Agroindustrial – Ica. Se utilizaron 62 Kg de orujo de manzana (*Malus doméstica*) variedad Delicia, provenientes del valle de Mala, provincia de Cañete, departamento de Lima, los cuales fueron proporcionados por la empresa Calango S.A.C., como residuo de su proceso de elaboración de Sidra realizado en la Planta Piloto del CITEagroindustrial Ica.

Preparación y procesamiento de las muestras

Las manzanas fueron recepcionadas en buen estado fisiológico sin presencia aparente de enfermedades, los cuales se acondicionaron con el fin de caracterizar parámetros fisicoquímicos y organolépticos. Se lavó y desinfectó en tinas de acero con agua potable y a una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio. Una vez limpia la materia prima, las manzanas se pulpearon utilizando una despalilladora (Zambelli EMMEN 120, Italia), asimismo, se adicionaron 10g/hL de antioxidante Gallovit®-C para ralentizar el pardeamiento enzimático de la pulpa. Luego la pulpa fue macerada por 24 horas a temperatura ambiente (>24°C) con 4g/hL de enzima Endozym® Cultivar para mejor liberación de compuestos aromáticos y escurrido de jugos. Transcurrido ese tiempo, se prensó en una prensa neumática (Enoveneta PPC 18, Italia) para extracción y separación del jugo con los residuos (cáscara y pulpa). Los residuos (orujo) fueron almacenados a una temperatura de -4°C por 7 días sin exposición a luz y posteriormente, se descongeló a temperatura ambiente por 24 horas. Con el orujo descongelado, se procedió a colocar una capa de 2 a 3 cm de grosor de manera manual a lo largo de cada bandeja de acero inoxidable y se introdujeron a la cabina de deshidratación por convección forzada (VULCANO O3S, Perú), a una configuración de temperaturas y tiempos de 45°C y 52 horas respectivamente. Con ayuda de una espátula de acero inoxidable, se retiró el producto de las bandejas y se colocaron en baldes de plásticos higienizados. El orujo deshidratado se molvió utilizando un molino de martillos (VULCANO MV 15-45 I/C, Perú) y se tamizó con un tamiz de 400 µm, para posteriormente ser envasados y sellados en bolsas de polipropileno de 1 Kg.

Determinación de propiedades funcionales

La capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de hinchamiento (CDH) del tratamiento realizado, fueron determinadas siguiendo el procedimiento descrito por Robertson *et al.* (2000), mientras que, para la determinación de la capacidad de adsorción de agua (CAA), se empleó el método propuesto por Beuchat (1977).

Análisis fisicoquímicos

El parámetro de acidez, fue determinado por el método de Titulación, el pH, por el método de Potenciómetro, el % de humedad fue determinado a través de un dispositivo analizador de humedad marca SARTORIUS, modelo MA45C, y el % de cenizas, por el método AOAC 923.03 (2012).

Resultados y Discusiones

Análisis de materia prima

La Figura 1 muestra el estado del orujo de manzana fresco. Las características fisicoquímicas y calidad organoléptica del orujo de manzana se presentan en la Tabla 1.

Figura 1

Orujo de manzana fresco



Tabla 1

Caracterización físico organoléptico de orujo de manzana

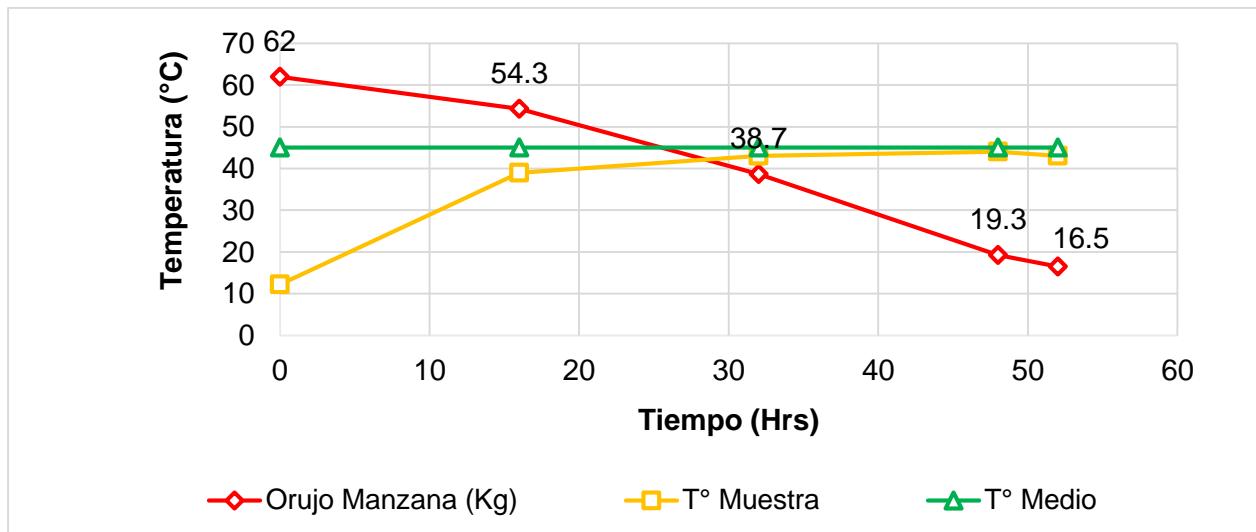
Parámetros	Valoración
Fisicoquímico	
pH	4.09
°Brix	15.6 ± 0.11
Temperatura	8°C
Calidad organoléptica	
Color	Similar al característico
Olor y sabor	Olor característico y sabor ácido-dulce
Textura	Blanda
Apariencia general	Moderadamente oxidada
Escala de maduración	4

Proceso general

En la Figura 2, se aprecia el proceso productivo del Suplemento de Fibra dietética, el cual tuvo las siguientes condiciones durante el proceso de secado:

Figura 2

Condiciones del secado convectivo



El orujo inició el proceso con 62 Kg., a una temperatura promedio de 12.2°C, con el que se obtuvo 16.5 Kg de orujo deshidratado a una temperatura constante de 45°C. A partir de las 18 horas del proceso, las muestras de orujo mostraron un rápido descenso en peso, debido a que las muestras de orujo, alcanzaron una temperatura aproximada de 40°C., hasta las 48 horas en donde alcanzaron un equilibrio térmico con el medio.

Figura 3

Envasado del SFD (Orujo de manzana en polvo)



En términos de rendimiento, se explica en la Tabla 2 los resultados del balance de materia general del proceso de desarrollo realizado.

Tabla 2

Resumen general del balance de masa del proceso

OPERACIONES	INGRESA		SALE		SIGUE		% YIELD			Producto
	M.P.	M.P. (Kg.)	M.P. (L.)	M.P. (Kg.)	M.P. (L.)	M.P. (Kg.)	M.P. (L.)	% Perdido	% Ganado	
Recepción	62	-	-	-	-	62	-	-	-	100.0%
Congelado	62	-	-	0.5	-	61.5	-	0.80	-	99.2%
Deshidratación	61.5	-	-	45.1	-	16.4	-	72.7	-	26.5%
Pulverización	16.4	-	-	1.9	-	14.5	-	3.06	-	23.4%
Envasado-Sellado	14.5	-	-	-	-	14.5	-	3.06	-	23.4%
Control de calidad	14.5	-	-	1	-	13.5	-	1.61	-	21.79%
Almacenado	13.5	-	-	-	-	-	-	-	-	21.79%

TOTAL	13.5	21.8%
--------------	-------------	--------------

De acuerdo a la Tabla 2, de 62 kilos de materia prima (orujo de manzana), se obtuvo 13.5 kilos de producto terminado (SFD); es decir, se obtuvo un 21.8% en términos de rendimiento, siendo en la etapa de deshidratación donde se produce la mayor pérdida en peso, producto de la evaporación del contenido de agua en la materia prima.

Figura 4

Bebida sidra de manzana y Suplemento en polvo elaborado a partir de sus residuos de proceso



Propiedades funcionales del SFD

Las capacidades de retención de agua, de adsorción de agua e hinchamiento del SFD de orujo de manzana, se muestran en la tabla 3; donde se puede apreciar, además, los resultados de la caracterización fisicoquímica:

Tabla 3

Características fisicoquímicas y funcionales del SFD

Parámetro	Unidades	Resultados	Método de ensayo
Fisicoquímicos			
Acidez	%	0.93	Titulación
pH	Und pH	3.41	Potenciometría

Humedad	%	4.34	Analizador
Cenizas	%	0.37	AOAC 923.03 (2012)
Propiedades funcionales			
Cap. de retención de agua	%	0.07	Robertson <i>et al.</i> , 2000
Cap. de adsorción de agua	mL/g	2.95	Beuchat, 1977
Cap. de hinchamiento	mL/g	0.9	Robertson <i>et al.</i> , 2000

El SFD mostró un contenido de humedad de 4.34%, que es aproximadamente 60% menor que el valor reportado ($10.80 \pm 0.03\%$) por Sudha, Baskaran y Leelavathi (2006) en su estudio sin embargo, Rana *et al.* (2015), sugieren que los SFD contengan una humedad menor al 10%, lo que permitiría contar con una mayor vida útil, facilidad en el envasado, manipulación y transporte del material. Respecto a porcentaje de cenizas (0.37%), se encuentra por debajo del rango sugerido por Antonic *et al.* (2020) y otros autores, quienes sugieren una composición aproximada de 0.5 hasta 4.29 g/100g

La CRA del SFD del presente estudio, alcanzó un valor de 0.07 g agua/g, 97% menor al valor reportado por Negi y Vaidya (2019), quienes en su investigación reportaron una CRA de 3.39 ± 0.01 g/g. Esta diferencia podría atribuirse a la calidad del orujo, variedad de la manzana y parámetros durante el secado y tamaño de partícula. Asimismo, Rupasinghe *et al.* (2008); Reis *et al.* (2014); Negi y Vaidya (2019), sugieren el uso del SFD en sustitución parcial de hasta 32% de harina de trigo, debido a que esta permite un aumento de contenido fenólico, actividad antioxidante, mayor contenido de fibra dietética y mayor CRA.

En la Tabla 4 se muestra una comparación con otras fuentes de fibra dietética para evaluar el presente estudio:

Tabla 4

Comparativo de propiedades funcionales con otras fuentes de fibra

Fuente de fibra	Cap. absorción de agua (g agua/g)	Cap. retención de agua (g agua/g)	Cap. Hinchamiento (mL/g)	Referencia
Cáscara manzana	2.95	0.07	0.9	Presente desarrollo
Residuo Coco	5.56	-	17	Raghavendra <i>et al.</i> , 2006
Zanahoria	12.5	-	18	Chau <i>et al.</i> , 2007
Residuo Piña	2.06	13.2	12	Mayorga, 2013
Cáscara Naranja	3.5-3.6	8.7-9.6	-	De Moraes <i>et al.</i> , 2013
Manzana	1.45	1.78	6.89	Figuerola <i>et al.</i> , 2005

Trigo	-	3.05	4.65	Zhu <i>et al.</i> , 2010
De acuerdo a lo mostrado en la tabla 4, los valores reportados por diversos autores reflejan diferencias significativas debido al rango de partícula caracterizado y el método de análisis empleado. Sin embargo, en términos generales, el SFD desarrollado en el presente trabajo, presenta una posible ventaja competitiva debido a su alta capacidad de absorción de agua, considerando que su efecto según lo reportado por Ayala <i>et al.</i> 2011, potencia la digestión y también, prolonga la frescura de productos horneados (Zacharof, 2017).				

Conclusiones

El SFD (orujo de manzana en polvo), como subproducto generado principalmente en la industria de jugos y sidras de manzana, tiene un gran potencial para su revalorización gracias a sus propiedades funcionales, que como cualquier otra fuente de fibra, aumenta la capacidad de absorción de agua en harinas.

Respecto al rendimiento, de 62 Kg de orujo fresco con 12.2°C, se obtuvo 16.5 Kg. de orujo deshidratado a 45°C, es decir, un 22%, siendo en la etapa de deshidratación donde se produce la mayor pérdida en peso. La fibra dietética presentó un valor elevado de adsorción de agua (2.95 mL/g), superior al de fibra dietética de piña (2.06 g/aceite/g fibra b.s.) y otros residuos de frutas y trigo, por lo que se considera que el SFD de manzana posee ventajas competitivas identificables, siendo su revalorización, una excelente alternativa para el empresariado que quiera optimizar sus recursos y maximizar sus ganancias, altamente cotizado en el mercado del segmento naturista, deportista, entre otros.

Agradecimientos e información de financiamiento

A la empresa CALANGO S.A.C., por facilitarnos el orujo de manzana y al CITEagroindustrial Ica, por proporcionar las instalaciones y equipos para la ejecución del presente trabajo.

Contribución de autoría

Meneses-Peralta, Juan Enrique, líder y ejecutor del proyecto D105-Suplemento Fibra-2020 que converge con el presente artículo, contribuyendo en la recopilación de

información, diseño de la investigación, redacción, interpretación de resultados y revisión del manuscrito.

Conflictos de interés

El autor declara que no existe conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

- Aguirre-Castillo, G., Trejo-Márquez, M., Pascual-Bustamante, S. & Lira-Vargas, A. (2018). Elaboración de harina de manzana (*Malus domestica*) a partir de residuos provenientes del proceso de elaboración de jugo aplicada en una botana horneada. *Revista Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, Vol. 3 234-240.
- Antonic, B., Jancikova, S., Dordevic, D. & Tremlova, B. (2020), Orujo de manzana como ingrediente de fortificación de alimentos: una revisión sistemática y un metanálisis. *Journal of Food Science*, 85: 2977-2985. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15449>.
- Ayala, Z., Vega, V., Rosas, D., Palafox, C. & Villa, R. (2011). Review. Agroindustrial potential of exotic fruit by products as a source of food additives. *Food Research International*, 44: 1866-1874.
- Beuchat L. (1977). Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *J. Agricult Food Chem.*, 25 (1): 258-261.
- Chau, C., Wang, Y., & Wen, Y. (2007). Different micronization methods significantly improve the functionality of carrot insoluble fibre. *Food Chemistry*, 100(4), 1402–1408.
- De Moraes, C., Jablonski, A., De Oliveira, R., Rech, R. & Hickman, F. (2013) Dietary fiber from orange by products as a potential fat replacer. *Food Science and Technology*, 23:1-6.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: a review. *Food Chemistry*. 124: 411-421.

- Figuerola, F., M. Hurtado, A. Estévez, I. Chiffelle & F. Asenjo (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91: 395-401.
- Grande, C. (2016). Valoración biotecnológica de residuos agrícolas y agroindustriales. Universidad de San Buenaventura Cali. Editorial Bonaventuriana. 180 p. ISBN: 978-958-8785-81-3.
- Mayorga, A. (2013). Desarrollo de fibra dietética a partir de un subproducto industrial de piña y su aplicación en un subproducto alimenticio. Tesis de pregrado. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 177 pp.
- Taru, N. & Devina, V. (2019). Functional Properties of Apple Pomace Powder. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 8. 589-595. 10.20546/ijcmas.2019.803.072.
- Ogino, Y., Osada, K., Nakamura, S., Ohta, Y., Kanda, T., & Sugano, M. (2007). Absorption of dietary cholesterol oxidation products and their downstream metabolic effects are reduced by dietary apple polyphenols. *Lipids*. 42:151-161.
- Osada, K., Suzuki, T., Kawakami, Y., Senda, M., Kasai, A., Sami, M., Ohta, Y., Kana, T., & Ikeda, M. (2006). Dose dependent hypocholesterolemic actions of dietary apple polyphenol in rats fed cholesterol. *Lipids*. 41:133-139.
- Raghavendra, S., Rastogi, N., Raghavarao, K., et al. (2004). Dietary fiber from coconut residue: effects of different treatments and particle size on the hydration properties. *European Food Research and Technology*. 218(6): 563-567.
- Rana, S.; Gupta, S.; Rana, A. & Bhushan, S. (2015). Functional properties, phenolic constituents and antioxidant potential of industrial apple pomace for utilization as active food ingredient. *Journal of Food Science and Human Wellness*. 4:180-187. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.10.001>.
- Reis, S., Rai, D. & Abu-Ghannam, N. (2014). Apple pomace as a potential ingredient for the development of new functional foods. *International Journal of Food Science & Technology*. doi: 10.1111/ijfs.12477.
- Robertson, J., Monredon, F., Dysseler, P., Guillou, F., Amado, A. & Thibault, J-F. (2000). Hydration Properties of Dietary Fibre and Resistant Starch: a European Collaborative Study. *LWT - Food Science and Technology*, Volume 33, Issue 2, Pages 72-79, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1006/fstl.1999.0595>.

- Rupasinghe, H., Wang, L., Huber, G., & Pitts, N. (2008). Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food Chemistry*, 107(3), 1217–1224. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.057>.
- Sudha, M., Baskaran, V. & Leelavathi, K. (2007). Orujo de manzana como fuente de fibra dietética y polifenoles y su efecto sobre las características reológicas y la elaboración de pasteles. *J. Food Chem.*, 104 (2), 686–692. doi: 10.1016 / j.foodchem.2006.12.016.
- Negi, T. & Vaidya, D. (2019). Functional Properties of Apple Pomace Powder. *International Journal Curr. Microbiol. App. Sci.*, 8(03):589-595., doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.072>.
- Vendruscolo, F., Albuquerque, P.M., Streit, F., Esposito, E. & Ninow, J., (2008). Apple pomace: a versatile substrate for biotechnological applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, 28, 1–12.
- Zacharof, M. (2017). Concepto de biorrefinería aplicado a los desechos de vino de frutas. *Ciencia y tecnología de la producción de vino de frutas*, 599–615. doi: 10.1016 / b978-0-12-800850-8.00012-0.
- Zhu, K., Huang, S., Peng, W., Qian, H. & Zhou, H. (2010). Effect of ultrafine grinding on hydration and antioxidant properties of wheat bran dietary fibre. *Food Res. Int.*.43: 943-8.