

## “Evaluación de los subproductos de la industrialización del pistacho como sustratos de fermentación”

Garay, Sofía<sup>a</sup>; Groff, M Carla<sup>a,b,c</sup>; Paroldi, H. Emilio<sup>a</sup>; Kuchen, Benjamín<sup>a,b</sup>; Rodríguez, Laura A<sup>a</sup>.

<sup>a</sup> Instituto de Biotecnología, Facultad de Ingeniería, UNSJ. (IBT-FI-UNSJ)

<sup>b</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>c</sup> Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, UNSJ (IIQ-FI-UNSJ)

laurirodriguez@gmail.com

### Resumen

La provincia de San Juan está consolidándose como la principal productora de pistacho (*Pistacia vera* L.) del País, contando aproximadamente con 5000ha cultivadas. Esto conlleva a la generación de nuevos subproductos en la Provincia, que incluyen la cáscara leñosa dura (CLD) y la cáscara verde externa (CVE), constituyendo esta última más del 60% de los subproductos. Desde el punto de vista de la Bioeconomía, estos subproductos pueden utilizarse para la producción de metabolitos de interés para su uso en la industria alimentaria, farmacéutica y química. Una alternativa es su uso en un bioproceso con bajo impacto ambiental, como lo es la fermentación en estado sólido (FES). Por lo tanto, en el presente trabajo, se propone el aprovechamiento del CLD y CVE como sustratos de FES. Para ello, se evaluó la aptitud del CLD y CVE, analizando: propiedades físicas (pH, conductividad eléctrica, capacidad de retención de agua) y químicas (contenido de proteína, lípidos, polifenoles, fibra bruta, azúcares y cenizas) aplicando métodos estandarizados. Hasta el momento, los resultados de pH (CLD= 6.7, CVE= 5.13), conductividad eléctrica (CLD= 294.5 mV, CVE= 203.6 mV a 26.6°C) y capacidad de retención de agua (CLD= 1.33, CVE= 1.82) han mostrado que CLD y CVE presentan características típicas para ser utilizados como sustratos de FES. Actualmente se están llevando a cabo los ensayos químicos. Con esta propuesta, se permitiría el uso de subproductos emergentes de la provincia en bioprocesos verdes con valor agregado.

**Palabras clave:** Pistacho; fermentación en estado sólido; bioeconomía.

### INTRODUCCIÓN

En San Juan, el cultivo de pistacho (*Pistacia vera* L.) está consolidándose en los últimos años, lo que se refleja en un aumento de la superficie cultivada desde 776ha en 2017 a casi 5000ha en 2021 [1]. La almendra (o cotiledón) es la parte comestible del fruto del pistacho, que se consume como *snack* (tostado, natural o salado) o se utilizan como ingrediente en alimentos (budines, helados, entre otros). Para obtener esta parte comestible, se debe procesar el fruto aplicando diferentes etapas (recolección, limpieza y selección, deshuesado, clasificación y empaque), lo que genera corrientes de desecho diferenciadas: el exocarpio o cáscara verde externa (CVE) y el mesocarpio o cáscara leñosa dura (CLD). La CLD, junto con hojas y racimos, constituyen más del 60% de los subproductos del pistacho [2].

Los subproductos del pistacho por su alto contenido de humedad (mayor al 70%), se biodegradan rápidamente, son susceptibles a contaminación microbiana y a la atracción de insectos, aumenta el riesgo de producción de aflatoxinas por de *Aspergillus* sp. Una práctica común es quemarlos o utilizarlos como abono en los suelos de las fincas [3].

Uno de los frentes con que se puede mitigar los efectos generados por la acumulación de dichos

subproductos, es a través de la aplicación del concepto de Bioeconomía, el cual fomenta la transformación de la producción industrial lineal tradicional, en alternativas verdes, circulares y sustentables, aprovechando y revalorizando los residuos lignocelulósicos de la agroindustria [4].

En este contexto, una alternativa es usar el CVE y CLD como materia prima de un bioproceso con bajo impacto ambiental, como lo es la fermentación en estado sólido (FES), proceso en el cual los microorganismos crecen sobre materiales sólidos sin la presencia de agua libre, produciendo biosustancias a través de su metabolismo [5]. En la FES pueden utilizarse bacterias u hongos filamentosos, pero estos últimos tienen las ventajas de su desarrollo en forma de hifas (penetra fácilmente el sustrato y los intersticios), su baja exigencia nutricional, su buena tolerancia a la baja actividad de agua y a la alta presión osmótica, y a su potente capacidad de producción de enzimas, para la hidrólisis de materiales lignocelulósicos [6].

Por lo tanto, en el presente trabajo, se desarrollarán las técnicas de estudio físico químico llevadas a cabo en muestras de CLD y CVE para determinar su aptitud como sustratos de FES fúngica.

## OBJETIVOS

Evaluar la aptitud del CLD y CVE como sustratos de FES fúngica a través del análisis de propiedades físicas y químicas aplicando métodos estandarizados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de CLD y CVE se obtuvieron de la fábrica Pisté S.R.L, Pocito, San Juan. En la Fig.1 se muestra un esquema de los ensayos aplicados:

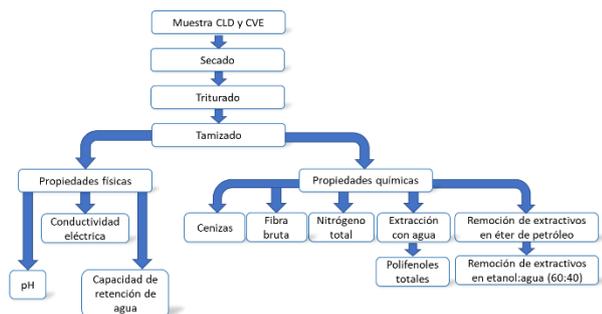


Fig. 1: Esquema de trabajo de análisis físico químico de CLD y CVE.

Las etapas de secado (60+/-5°C en estufa convectiva hasta), triturado (molinillo a cuchillas Tecnodalvo) y tamizado (tamiz N°45, Tyler) formó parte del acondicionamiento de las muestras desde el momento de muestreo hasta su utilización en los ensayos.

Luego los ensayos se realizaron bajo protocolos estandarizados: pH, conductividad térmica y capacidad de retención de agua se llevó a cabo según [7]; cenizas según NREL/TP-510-42622; nitrógeno total por método de Kjeldahl (Norma AOAC 920.87); extracción acuosa según [8] y fibra bruta según norma AOAC 962.09. Se obtuvo un extracto acuoso de CLD y CVE según [8] para determinar polifenoles totales según el método clásico [9]. Se realizó la extracción de extractivos en éter de petróleo para cuantificar lípidos, y luego se utilizó etanol:agua (60:40) para extraer azúcares, clorofila, ceras y pigmentos, aplicando el método Soxhlet según NREL/TP-510-42619.

Las muestras se analizaron por duplicado y se reportó el promedio y la desviación estándar.

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de la caracterización físico química del CLD y CVE:

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas de los subproductos del pistacho.

	CLD	CVE
<b>Propiedades físicas</b>		
<b>pH</b>	6.70 ± 0.10	5.13 ± 0.08
<b>Conductividad eléctrica (mV a 26.6°C)</b>	294.5 ±	203.6 ±
<b>Capacidad de retención de agua (CRA)</b>	1.33 ± 0.09	1.82 ± 0.06
<b>Propiedades químicas (g/100gseco)</b>		
<b>Cenizas</b>	0.18 ± 0.01	8.92 ± 0.55
<b>Fibra bruta</b>	39.39 ± 9.93	38.68 ± 8.78
<b>Nitrógeno Total</b>	0.25 ± 0.05	1.63 ± 0.30
<b>Proteínas (factor 6.25)</b>	1.56 ± 0.31	10.19 ± 1.87
<b>Polifenoles totales (ppm)</b>	1620.60 ± 525.85	3502.55 ± 142.05
<b>Extractivos</b>		
<b>En éter de petróleo (lípidos)</b>	2.19 ± 0.22	3.61 ± 0.36
<b>En etanol:agua (60:40)</b>	4.80 ± 0.41	11.14 ± 0.97

Respecto a las propiedades físicas, se observó que el CLD tiene mayor valor de pH y de conductividad eléctrica con respecto al CVE. Esto es esperable debido a la naturaleza de la fracción leñosa, la cual representa una cubierta externa protectora. Sin embargo, con respecto al valor del CRA (cantidad de agua que puede ser absorbida por el material sólido), la cáscara verde externa de pistacho registró un valor superior al de la cáscara leñosa dura, lo que puede estar relacionado al contenido en lípidos (CVE contiene mayor cantidad de lípidos con respecto al CLD).

Las propiedades químicas evaluadas se encuentran en concordancia con otros reportes [10,11]. Lo que resulta interesante es el alto contenido de polifenoles totales en ambas fracciones, siendo el valor del CVE el doble con respecto al CLD. Esto será muy importante de tener en cuenta al momento de llevar adelante una FES fúngica, ya que este tipo de compuestos suelen inhibir el crecimiento microbiano, por lo que podría dificultar el bioproceso. Una alternativa sustentable sería aplicar una extracción de los polifenoles utilizando disolventes eutécticos previo al desarrollo de

la FES, pudiendo aprovechar esta fracción polifenólica para otros usos.

## CONCLUSIONES

Se pudo caracterizar los subproductos del procesamiento del pistacho, aplicando técnicas estandarizadas, previamente desarrolladas con otros sustratos como ser el escobajo de uva. Los resultados obtenidos de la caracterización físico química del CLD y CVE, refleja una adecuada aptitud para ser usados en FES fúngicas, ya sea para la producción de metabolitos (como el ácido láctico) o para la producción de hongos comestibles. De esta manera se aplicaría el concepto de bioeconomía a subproductos emergentes de la Provincia de San Juan.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Las hectáreas de pistacho se triplicaron en dos años - Revista Chacra, (n.d.). <https://www.revistachacra.com.ar/nota/25880-las-hectareas-de-pistacho-se-triplicaron-en-dos-anos/> (accessed January 11, 2022).
- [2] M. Čolnik, M. Irgolič, A. Perva, M. Škerget, The Conversion of Pistachio and Walnut Shell Waste into Valuable Components with Subcritical Water, *Processes*. 12 (2024). <https://doi.org/10.3390/pr12010195>.
- [3] A. Alkhtib, J. Wamatu, Y. Kaysi, M. Mona, B. Rischkowsky, Pistachio (*Pistacia vera* L.) by-products as ruminant feed: a review on production, management and utilization in arid and semi-arid areas in the middle east., *J. Exp. Biol. Agric. Sci.* 5 (2017) 718–729. [https://doi.org/10.18006/2017.5\(6\).718.729](https://doi.org/10.18006/2017.5(6).718.729).
- [4] International Advisory Council on Global Bioeconomy., Expanding the Sustainable Bioeconomy – Vision and Way Forward. Communiqué of the Global Bioeconomy Summit 2020, (2020).
- [5] A. Pandey, Solid-state fermentation, *Biochem. Eng. J.* 13 (2003) 81–84. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00121-3](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00121-3).
- [6] Y.S.P. Rahardjo, J. Tramper, A. Rinzema, Modeling conversion and transport phenomena in solid-state fermentation: A review and perspectives, *Biotechnol. Adv.* 24 (2006) 161–179. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2005.09.002>.
- [7] S.L. Paz-Arteaga, J.A. Ascacio-Valdés, C.N. Aguilar, E. Cadena-Chamorro, L. Serna-Cock, M.A. Aguilar-González, N. Ramírez-Guzmán, C. Torres-León, Bioprocessing of pineapple waste for sustainable production of bioactive compounds using solid-state fermentation, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 85 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103313>.
- [8] G. Spigno, T. Pizzorno, D.M. De Faveri, Cellulose and hemicelluloses recovery from grape stalks, *Bioresour. Technol.* (2008) 4329–4337.
- [9] O. Folin, V. Ciocalteu, On tyrosine and tryptofan determinations in protein, *J. Biol. Chem.* 73 (1927) 627–648.
- [10] H.N. Özbek, D. Koçak Yanık, S. Fadiloğlu, H. Keskin Çavdar, F. Göğüş, Microwave-assisted extraction of non-polar compounds from pistachio hull and characterization of extracts, *Grasas y Aceites*. 69 (2018) 1–9. <https://doi.org/10.3989/gya.0217181>.
- [11] J. Toghiani, N. Fallah, B. Nasernejad, A. Mahboubi, M.J. Taherzadeh, N. Afsham, Sustainable Pistachio Dehulling Waste Management and Its Valorization Approaches: A Review, *Curr. Pollut. Reports*. 9 (2023) 60–72. <https://doi.org/10.1007/s40726-022-00240-9>.