

PELÍCULAS DE PHBV CON EXTRACTOS DE PAJA DE ARROZ PARA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DE LA CARNE DE CERDO

Eva Moll^{1*}, Maite Cháfer¹, Amparo Chiralt¹

1: Instituto de Ingeniería de los Alimentos FoodUPV, Universitat Politècnica de València
46022, València, Spain
e-mail: evmolmon@upvnet.upv.es

Palabras Clave: PHBV, Paja de arroz, Envasado activo, Conservación de la carne, Actividad antimicrobiana.

Introducción y objetivos

Entre los grandes retos a los que se enfrenta la industria del envasado alimentario podemos encontrar la necesidad de evitar el desperdicio alimentario, alargando la vida útil de los alimentos, y la urgencia de minimizar los actuales problemas de contaminación derivados del uso de plásticos convencionales. El Poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato) o PHBV es un material biodegradable y biosintetizado a partir de recursos renovables que representa una buena alternativa para el envasado de alimentos. Por otro lado, la paja de arroz (PA), un subproducto alimentario que se genera en gran cantidad en todo el mundo, y específicamente en la Comunidad Valenciana, contiene compuestos fenólicos (Freitas et al., 2023), como el ácido ferúlico, el p-cumárico o el protocatecuico (Menzel et al., 2020). Estos compuestos, con capacidad antioxidante y antimicrobiana, se pueden extraer de la PA para su incorporación al PHBV y, así, obtener materiales de envase activos biodegradables que ayuden a mitigar los problemas comentados. El objetivo de este trabajo fue analizar la capacidad de conservación de la carne de cerdo de bolsas de PHBV con un extracto activo de la paja de arroz, obtenido por extracción con agua subcrítica a 180 °C.

Material y métodos

Se utilizó TSB y MRS (Labbox, Barcelona, España), PCA y VRB (Scharlab, Valencia, España) y agua de peptona para los ensayos microbiológicos y ácido tiobarbitúrico (Acros Organics B.V.B.A., USA) y ácido tricloroacético (PanReac AppliChem, España) para el ensayo de TBARS. La carne de cerdo (secreto ibérico) se adquirió en una carnicería local (El Rebot d'Alboraia, Valencia, España).

El extracto de paja de arroz (especie *Oryza sativa* L y variedad J. Sendra, arrozales de l'Albufera, València, España) se obtuvo con agua (relación 1:10) de la paja triturada y tamizada ($\phi < 0.6$ mm), en un reactor a presión (Modelo 1-T-A-P-CE, Amar Equipment PVT.LTD, Mumbai, India) a 180 °C y 13 bares durante 30 min. Se separó la fracción sólida de la disolución por filtración a vacío y esta última se liofilizó. Se incorporó un 6% del extracto seco al PHBV (TianAn Biopolymer, Ningbo, China) por mezclado fundido a 170 °C y 50 rpm durante 5 minutos en un mezclador interno (Haake PolyLab QC, Thermo Fisher Scientific, Alemania) y se obtuvieron films en una prensa de platos calientes (Modelo LP20, Labtech Engineering, Tailandia). En las mismas condiciones se obtuvieron también films control de PHBV, además de los que contenían el extracto (E180). Para la obtención de las bolsas, los films se termosellaron utilizando tiras de policaprolactona o PCL (Sigma-Aldrich, Madrid, España) como adhesivo.

Se envasaron unos 25g de carne de cerdo por cada bolsa, termosellándolas con PCL en condiciones estériles. Las muestras de carne (2 bolsas por tiempo) se analizaron a 0, 4, 8, 12 y 16 días de almacenamiento a 4 °C en sus propiedades fisicoquímicas (pH, color, y TBARS) y microbiológicas (viables totales (TV), bacterias

psicotróficas (PT), coliformes totales (TC) y bacterias ácido lácticas (BAL)). Se utilizó un control adicional de muestras envasadas en bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) comerciales.

Resultados y conclusión

La humedad inicial de las muestras de carne fue del 63.6% y perdieron entorno a un 3-5% de agua al final del almacenamiento, por exudación o evaporación a través del envase, siendo la pérdida ligeramente menor en el envase de LDPE menos permeable a la humedad. En cuanto al pH, las muestras almacenadas con PHBV con extracto de paja de arroz mostraron un valor más constante con el tiempo (en torno a 6), mientras que las muestras de LDPE mostraron un aumento de la alcalinidad, probablemente debido a la actividad microbiana y degradación de las proteínas, que genera compuestos aminados. La oxidación de la carne (lípidos y pigmentos) fue preservada por la presencia de extracto en el PHBV del envase, tal como se dedujo de los menores valores de TBARS (Figura 1), así como de la mejor conservación del color. Las muestras envasadas en PHBV mantuvieron mejor su estado de oxidación que las envasadas en LDPE debido a su menor permeabilidad al oxígeno. La actividad antioxidante y antibacteriana del extracto (Freitas et al., 2023) tuvo un efecto muy positivo en la conservación de la carne. Esta última se reflejó en menores recuentos microbianos para todas las bacterias probadas durante los primeros 14 días de almacenamiento en que se alcanzó el límite de 10^6 UFC en los viables totales, límite que se alcanzó a tiempos mucho más cortos en los materiales sin extracto. Las bolsas con extracto de paja de arroz fueron también efectivas en el control del crecimiento de las bacterias coliformes y psicotróficas.

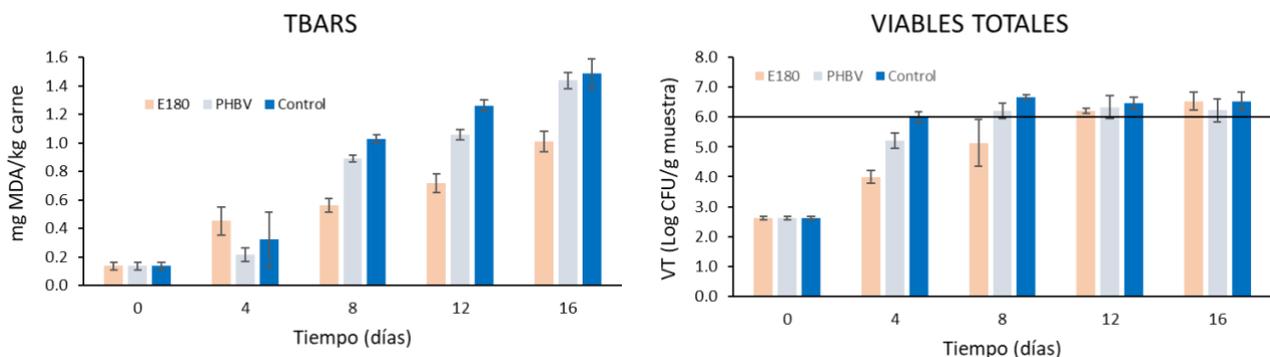


Figura 1. Resultados del índice de TBARS (izquierda) y los recuentos de las viables totales (derecha) con respecto al tiempo de las muestras de carne de cerdo almacenada a 4°C

Por lo tanto, las bolsas de PHBV con extracto de la paja de arroz (E180) mejoraron la conservación de la carne envasada con respecto a las bolsas de PHBV y de LDPE, reduciendo la velocidad de oxidación de las grasas y pigmentos (cambios de color), el cambio del pH y en el crecimiento bacteriano y alargando la vida útil del producto. Son necesarios estudios en otros sustratos alimentarios para validar la eficacia del extracto de la paja como componentes activos de materiales de envasado.

Agradecimientos: Este estudio forma parte del programa AGROALNEXT (AGROALNEXT/2022/026) financiado por la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y el proyecto CIPROM/2021/071 (Generalitat Valenciana). E.M. agradece la subvención PRE2020-091929 financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033.

Referencias:

- Freitas, P. A. V., González-Martínez, C., & Chiralt, A. (2023). Active Poly (Lactic Acid) Films with Rice Straw Aqueous Extracts for Meat Preservation Purposes. *Food and Bioprocess Technology*. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03081-6>
- Menzel, C., González-Martínez, C., Vilaplana, F., Diretto, G., & Chiralt, A. (2020). Incorporation of natural antioxidants from rice straw into renewable starch films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 146, 976–986. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.222>

OBTENCIÓN DE FIBRAS DE CELULOSA A PARTIR DE CÁSCARA DE ALMENDRA COMBINANDO LA EXTRACCIÓN CON AGUA SUBCRÍTICA Y EL BLANQUEO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

Irene Gil-Guillén^{1*}, Chelo González-Martínez¹ y Amparo Chiralt¹

¹: Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos - FoodUPV, Universitat Politècnica de València,
46022 Valencia, Spain
e-mail: igilgui@upv.es

Palabras clave: extracción subcrítica, almendra, blanqueo, celulosa.

Introducción y objetivo

La producción de almendras genera una gran cantidad de residuos cuya valorización aún no ha sido totalmente explorada. El interés en estos subproductos ha experimentado un notable incremento debido a su alto contenido de compuestos bioactivos. Asimismo, la presencia de celulosa en los residuos de almendra hace que sea un material versátil y atractivo para la producción de diversos materiales, incluyendo envases biodegradables. La búsqueda de métodos de extracción sostenibles y amigables con el medio ambiente para la separación de compuestos de interés es crucial. La extracción en agua en condiciones subcríticas (SWE) es una alternativa de interés dado su alto y específico poder solvente. El objetivo de este estudio es la valorización de los subproductos de la almendra (cáscaras) empleando la SWE para la obtención de fracciones ricas en fenoles (extractos) o en celulosa (residuos de la extracción). Las fracciones celulósicas se han purificado mediante blanqueo con agua oxigenada para su aplicación en materiales biodegradables de envasado [1].

Material y métodos

La cáscara de almendra (CA), suministrada por Importaco SA (Valencia, España), se secó a 45 ± 2 °C durante 2 días, se molió y tamizó (tamaño inferior a 0,180 mm) y se procedió a su extracción. Esta se llevó a cabo en un reactor a presión, con una proporción CA: agua destilada de 1:6 (p/w). Las condiciones fueron 160 °C, 7 bar y 180 °C, 15 bar, a 150 rpm, durante 30 min. Tras cada extracción, se filtraron las dispersiones de CA, obteniendo los residuos de extracción (R160 y R180) y los extractos (E160 y E180). Los residuos fueron sometidos a un proceso de blanqueo, para la obtención de fibras de celulosa, con peróxido de hidrógeno al 8%, en proporción 30:1 respecto al sólido, a 40°C y pH 12. Se realizaron 4 ciclos de 1 hora. Los diferentes productos se analizaron en su contenido en proteína, cenizas y polímeros estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina) según el método estándar (NREL/TP-510-42618—2008) [2].

Resultados y conclusión:

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo del proceso aplicado para el fraccionamiento de CA, con el rendimiento, en porcentaje, obtenido de cada etapa del proceso (masa de sólidos secos a la salida/masa de sólidos secos a la entrada). El rendimiento en los extractos sólidos (E-160 y E-180), ricos en fenoles, fue menor a 180 °C (17%) que a 160 °C (28%), mientras que el de los residuos lignocelulósicos (R-160 y R-180) fue mayor a 180 °C (74%) que a 160 °C (61%), siendo la suma de ambos a cada temperatura del orden del 90 %. La mayor extracción en el tratamiento a 160 °C, sugiere un mayor enriquecimiento en celulosa del R160. Los rendimientos del blanqueo de las muestras R160 y R180 fueron del 50 y 35 %, respectivamente,

coherentemente con una mayor eliminación de compuestos no celulósicos en la muestra R180. Los rendimientos globales en fibras blanqueadas (g/100 g de CA seca) fueron de 31 y 26 %, respectivamente, para los tratamientos a 160 y 180 °C. La pureza en celulosa obtenida en cada caso se da en la tabla 1, siendo del orden del 75 %, sin diferencias significativas entre las muestras blanqueadas. Los contenidos en proteínas y cenizas fueron muy similares en ambas muestras, pero la muestra obtenida a 180 °C presentó menores contenidos en lignina y hemicelulosa (Tabla 1).

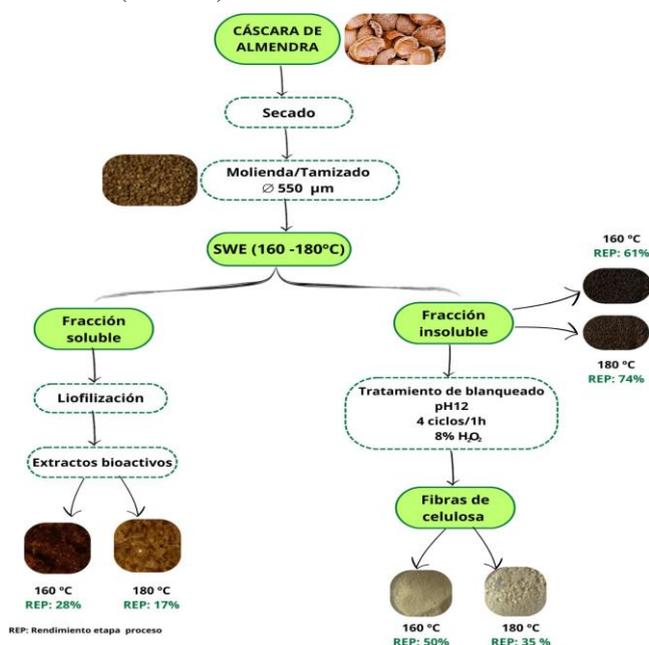


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso utilizado para el fraccionamiento de la cáscara de almendra (CA).

Tabla 1. Composición química en términos de lignina, celulosa, hemicelulosa, cenizas y proteínas. Letras de subíndice diferentes indican diferencias significativas entre muestras del mismo grupo (prueba de Fisher, $p < 0,05$).

Muestra	Lignina Klason (% peso)	Celulosa (%peso)	Hemicelulosa (%peso)	Cenizas (%peso)	Proteína
CA	21,9 ± 1,1 ^a	23 ± 3 ^c	23,0 ± 4,0 ^a	1,97 ± 0,2 ^c	4,66 ^a
R160	22,1 ± 0,7 ^a	45 ± 2 ^b	20,7 ± 0,8 ^a	2,46 ± 0,1 ^b	2,13 ^b
R180	23,5 ± 0,8 ^a	40 ± 1 ^b	14,6 ± 1,3 ^b	2,12 ± 0,1 ^b	1,88 ^c
R160-4C	17,0 ± 2,0 ^b	74 ± 7 ^a	20,7 ± 1,2 ^a	4,28 ± 0,4 ^a	2,13 ^b
R180-4C	13,0 ± 1,1 ^c	76 ± 5 ^a	15,0 ± 2,0 ^b	4,16 ± 0,3 ^a	1,88 ^c

En conclusión, fue posible obtener fibras de celulosa de la CA con un rendimiento del 26-31 % y una pureza del orden del 75 % mediante aplicación de la extracción en agua subcrítica a 160 o 180 °C y blanqueo con agua oxigenada. No obstante, hay gran variabilidad en la pureza obtenida que es atribuible al heterogéneo tamaño de partícula de la CA. Una reducción del mismo podría conllevar mejoras en el proceso de purificación.

Referencias

- [1] Freitas, P.A.V.; Martín-Pérez, L.; Gil-Guillén, I.; González-Martínez, C.; Chiralt, A. Subcritical Water Extraction for Valorisation of Almond Skin from Almond Industrial Processing. *Foods* **2023**, *12*, 3759. <https://doi.org/10.3390/foods12203759>
- [2] Sluiter, A. Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass: Laboratory Analytical Procedure (LAP); Technical Report, Version 07-08-2011; National Renewable Energy Laboratory: Golden, CO, USA, 2008; p. 18.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Programa AGROALNEXT (AGROALNEXT/2022/026) y el apoyo de MCIN con financiación de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1), y el proyecto CIPROM/2021/071 (Generalitat Valenciana).

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, AGRONÓMICA Y DE COMPOSICIÓN DEL GERMOPLASMA DE LA TOMATA VALENCIANA

**Nicolás Arroyo Fernández, María del Rosario Figàs Moreno, Cristina Casanova Calancha,
Elena Soler Calabuig, Miquel Martínez Busó, Ramón Gabriel Rico, Jaime Prohens Tomás,
Salvador Soler Aleixandre**

Grup de Conservació i Millora de Varietats Tradicionals Valencianes, Institut de Conservació i
Millora de l'Agrodiversitat Valenciana, Universitat Politècnica de València.
Camí de Vera 14, 46022 València.
e-mail: salsoal@upvnet.upv.es

Palabras clave: germoplasma, tomate, variedades tradicionales

Introducción y objetivo

La 'Tomata Valenciana' es una variedad tradicional valenciana con excepcionales características de calidad organoléptica. El cultivo de esta variedad tradicional se encuentra en expansión, con una producción comercializada en 2023 superior al millón de kilos y un valor de esta producción de más de 2 millones de euros. La creación en 2019 de la "Associació de Productors i Comercialitzadors de la Tomata Valenciana" (APCTV) tuvo como principal objetivo la promoción del cultivo y consumo de esta variedad de tomate. Además, se perseguía garantizar la buena conservación y uso en el tiempo de las variedades tradicionales de tomate valenciano. Las actividades que se han llevado a cabo en este trabajo van encaminadas a desarrollar la labor de la conservación y uso más adecuado del germoplasma de la 'Tomata Valenciana' y se han hecho en colaboración con dicha asociación.

El objetivo de este trabajo ha sido estudiar a distintos niveles el germoplasma de la 'Tomata Valenciana' conservado por el Grup de Conservació i Millora de la Tomata Valenciana que forma parte del COMAV de la UPV. Este trabajo, realizado en colaboración con la APCTV, ha permitido conocer este germoplasma para establecer las estrategias más adecuadas para su conservación en un futuro. Además, nos ha permitido realizar su tipificación como producto único, diferenciado y de calidad.

Material y métodos

Se utilizaron 50 entradas de tomate procedentes del Institut Universitari de Conservació i Millora de l'Agrodiversitat Valenciana (COMAV) catalogadas en datos de pasaporte como tomate 'Valenciana'. Se usaron la línea VLT (variedad de 'Tomata Valenciana' portadora del gen $Tm2^2$) y la variedad comercial ZAASTO-009 como controles. El ensayo se estableció al aire libre, en una parcela ubicada en el municipio de Alcàsser (València). De cada entrada se cultivaron 12 plantas organizadas en 3 bloques al azar con 4 plantas por bloque. Las plantas se cultivaron inicialmente protegidas en túnel de manta térmica. Posteriormente, se entutoraron empleando una estructura de barraca con cañas. Cuando se produjo la floración del segundo racimo, se embolsaron los racimos de una de las 4 plantas de cada bloque para obtención de semilla de autofecundación controlada. El riego se realizó por goteo y la nutrición vía fertirrigación.

Para la caracterización morfoagronómica de planta y fruto se utilizaron un total de 73 descriptores o características, de los cuales 50 son cuantitativos, 21 semicualitativos y 2 cualitativos. Los caracteres se

evaluaron en 3 plantas de cada bloque. Se evaluaron un total de 15 características de composición del fruto. Se empleó el programa Statgraphics Centurión XVIII para obtener de cada carácter la media, rango y coeficiente de variación. También se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con los valores medios de todos los caracteres.

Resultados y discusión

Los datos obtenidos indican que, de las 50 entradas caracterizadas, 43 pertenecen al tipo varietal ‘Tomata Valenciana’. A partir de las características de intensidad del hombro del fruto, color del fruto inmaduro y el apuntamiento del fruto se ha podido comprobar la existencia en la colección de las tipologías de ‘Tomata Valenciana’ ‘Mascllet’ y ‘Blanca’ (Figás et al., 2017). Destacar que la caracterización efectuada de fruto ha permitido identificar entradas de ‘Tomata Valenciana’ con una tipología intermedia. Así, las características de planta y de fruto evaluadas han permitido confirmar el agrupamiento de las entradas evaluadas en dos grupos (‘Mascllet’ y ‘Blanca’) dentro de la colección y las entradas denominadas ‘Intermedias’ se posicionan como se esperaba entre los dos grupos citados anteriormente (Figura 1).

Figura 1. ACP con las características de fruto de las accesiones de ‘Tomata Valenciana’. Los colores indican distintos tipos de variedades: círculo azul, tipo ‘Blanca’; círculo naranja, tipo ‘Intermedia’; círculo rojo, tipo ‘Mascllet’; círculo rosa, tipo ‘Rosa’; círculo verde, otras tipologías; círculo morado, control).

El trabajo realizado de caracterización ha permitido la selección dentro de cada tipología de fruto de las entradas más prometedoras para su recomendación para cultivo por parte de los agricultores, o bien para acometer programas de mejora genética. Así se han seleccionado 3 entrada de la tipología ‘Mascllet’, 7 de la tipología ‘Blanca’ y una entrada como ‘Intermedia’. Por otra parte, se ha conseguido semilla de autofecundación controlada de cada entrada de ‘Tomata Valenciana’. Con esta se ha establecido un repositorio de semilla para suministrar a los agricultores y, por otra parte, para su conservación futura en el Banco de Germoplasma de la UPV.

Agradecimientos

Este estudio forma parte del programa AGROALNEXT y está respaldado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MCIN) con financiación de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y la Generalitat Valenciana.

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE EXTRACTOS DE BAGAZO DE CERVEZA OBTENIDOS POR EXTRACCIÓN CON AGUA SUBCRÍTICA

Paula Gómez-Contreras, Amparo Chiralt y Chelo González-Martínez

Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos FoodUPV. Universitat Politècnica de València, España; email: pagomco1@doctor.upv.es

Palabras clave: contenido en fenoles totales, DPPH, concentración mínima inhibitoria, *L. innocua*, *E. Coli*.

Introducción y objetivo

El bagazo de cerveza constituye el residuo sólido principal en la elaboración de cerveza, siendo una fuente importante y económica de celulosa, proteína, fibra y compuestos fenólicos como el ácido ferúlico, p-cumarico y cafeico, entre otros, con potencial actividad antioxidante y antimicrobiana. Estos compuestos pueden ser de gran interés como fuente de compuestos bioactivos en la industria alimentaria, farmacéutica y en el desarrollo de envases activos para la conservación de alimentos (Castro-Criado *et al.*, 2023). Entre los métodos de extracción más novedosos se encuentra la extracción con agua subcrítica (SWE), en el que las propiedades fisicoquímicas del agua, como la constante dieléctrica relativa y la polaridad, disminuyen significativamente al aumentar la temperatura, de modo que, en condiciones subcríticas, el agua puede disolver compuestos polares y no polares. Además, el agua es un disolvente económico, no tóxico, no peligroso y seguro que funciona como disolvente y catalizador para aprovechar y transformar la biomasa en productos bioactivos. El objetivo general de este trabajo es evaluar la actividad antioxidante y antimicrobiana de los extractos acuosos obtenidos a partir del bagazo de cerveza mediante el proceso de extracción en agua subcrítica.

Materiales y métodos

El bagazo de cerveza (BC) fue previamente secado, molido, y desengrasado, tal y como se muestra en la Figura 1. El residuo desengrasado fue sometido a un proceso de extracción con agua subcrítica a 110, 130, 150°C y 170°C durante 30 minutos a 50 rpm. Los extractos acuosos obtenidos (E-110, E-130, E-150 y E-170) se liofilizaron y analizaron en cuanto a su contenido total de fenoles (TPC) mediante el método Folin-Ciocalteu, capacidad antioxidante, a partir de valor de EC₅₀, mediante el método de radicales libres 2,2-difenil-1-pikril-hidrazilo (DPPH) y la concentración mínima inhibitoria (MIC) frente a *L. innocua* y *E. Coli*.

Resultados y conclusión

La Figura 1 muestra el rendimiento de cada una de las etapas del proceso (R (%)). Como se puede observar, un aumento en la temperatura de extracción aumentó el rendimiento de extracción de sólidos solubles, aunque las diferencias entre 150 y 170°C no fueron muy marcadas. Resultados similares han sido encontrados por otros autores (Trigueros *et al.*, 2023).

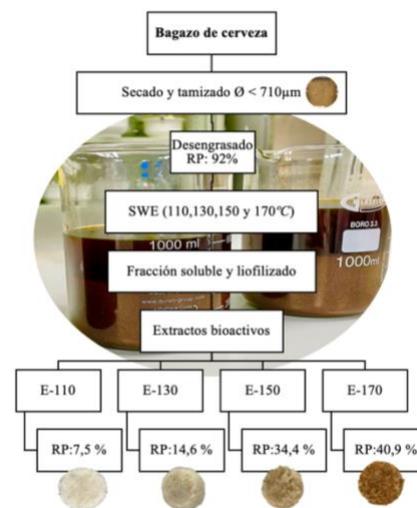


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso utilizado para el fraccionamiento de bagazo de cerveza que muestra los rendimientos de cada etapa del proceso (RP).

La Tabla 1 muestra los valores obtenidos del contenido en fenoles totales (TPC), actividad antioxidante (medida a través de EC₅₀) y la concentración mínima inhibitoria (MIC) contra *L.innocua* y *E.Coli* de los extractos de bagazo de cerveza obtenidos a las diferentes temperaturas. Como se puede observar, el contenido en fenoles de los extractos aumentó de 17 a 59 mg GAE/g extracto, de acuerdo con el aumento de la temperatura de extracción. Los valores de TPC fueron también expresados por gramo de BC (TPC²) y fueron inferiores a los encontrados para el bagazo de cerveza (7,57 mg GAE/g BC), excepto el obtenido para la máxima temperatura de extracción (E-170), que fue significativamente mayor (p<0.05). Esto está relacionado con los dos efectos opuestos que puede tener el aumento de la temperatura: por un lado favorece la extracción de compuestos y la neoformación de compuestos con capacidad antioxidante (Trigueros et al., 2023) y por otro, favorece la degradación de compuestos más termosensibles, como pueden ser los flavonoides (uno de los principales fenoles en el BC). Por tanto, el incremento de TPC a 170°C sugiere que la ratio de degradación de los fenoles del BC es menor que el ratio al que están siendo liberados/formados a esa temperatura. Por otro lado, el valor del índice EC₅₀, aumentó significativamente con la temperatura a partir de 130°C, indicando una menor actividad antiradical del extracto. Esta disminución de la capacidad antioxidante se debe probablemente a que otros compuestos de mayor peso molecular y menor capacidad antioxidante se extraen con los compuestos polifenólicos más activos, que suelen ser polifenoles simples.

El extracto de bagazo de cerveza mostró actividad antilisteria y contra la bacteria gran negativa *E.Coli*. Dicha actividad aumentó con la temperatura de extracción, siendo el extracto E-170 el más efectivo contra ambas bacterias. A esa temperatura, el E-170 presentó mayor actividad antimicrobiana contra *Listeria*.

Tabla 1. Contenido en fenoles totales (TPC), actividad antioxidante (EC₅₀) y concentración mínima inhibitoria (MIC) contra *L.innocua* y *E.Coli* de los extractos de bagazo de cerveza. Valores medios y desviación estándar.

Extracto	TPC ¹	TPC ²	EC ₅₀	EC ₅₀	MIC	MIC
	(mg GAE/g extracto)	(mg GAE/g BC)	(mg extracto /mg DPPH)	(mg BC/mg DPPH)	<i>L. innocua</i> (mg.mL ⁻¹)	<i>E. coli</i> (mg.mL ⁻¹)
E-110	16,86 ± 0,11 ^a	1,27 ± 0,01 ^a	15 ± 3 ^a	193 ± 38 ^a	264	234
E-130	22 ± 2 ^b	3,2 ± 0,3 ^b	19 ± 2 ^a	128 ± 12 ^{ab}	198	204
E-150	17,91 ± 0,07 ^a	6,34 ± 0,02 ^c	48 ± 4 ^b	136 ± 11 ^{ab}	168	162
E-170	59,1 ± 0,2 ^c	24,18 ± 0,08 ^d	71,1 ± 0,4 ^c	173 ± 2 ^b	80	140

^{a-d} diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas entre formulaciones (p < 0,05).

En conclusión, el extracto de bagazo de cerveza obtenido mediante una extracción con agua subcrítica presentó un alto contenido en fenoles y una notable actividad antioxidante y antimicrobiana frente *L. innocua* y *E.Coli*. El aumento de la temperatura de extracción aumentó el contenido en sólidos del extracto, su contenido en fenoles y actividad antimicrobiana, especialmente a 170°C. Sin embargo, la actividad antioxidante de los extractos del bagazo de cerveza obtenidos a temperaturas de extracción mayores de 130°C disminuyó de forma significativa.

Referencias

- Castro-Criado, D., Abdullah, JAA, Romero, A. y Jiménez-Rosado, M. (2023). Estabilización y Valorización del Bagazo de Cerveza para la Obtención de Bioplásticos. *Polímeros*, 15 (8), 1877.
- Trigueros, E., Ramos, C., Alonso-Riaño, P., Beltrán, S. and Sanz, M.T. (2023). Subcritical Water Treatment for Valorization of the Red Algae Residue after Agar Extraction: Scale-Up from Laboratory to Pilot Plant Industrial & Engineering Chemistry Research, 62 (8), 3503-3514

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Generalitat Valenciana (GVA) por la beca recibida a través del programa GRISOLIA (CIGRIS/2021/033). Este estudio forma parte del proyecto TED2021-132295B-I00 en el marco del Plan de recuperación, transformación y resiliencia financiado por la Unión Europea, Next Generation EU.

UTILIZACIÓN DE HABAS FERMENTADAS (*Vicia faba L.*) PARA LA PRODUCCIÓN DE SNACKS RICOS EN PROTEÍNAS

Kateryna Khvostenko^{1*}, Sara Muñoz-Pina¹, Jorge García-Hernández², Ana Heredia¹, and Ana Andrés¹

1: Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos (FoodUPV), Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, Spain.
e-mail: kkhvost@upvnet.upv.es

2: Centro Avanzado de Microbiología de Alimentos (CAMA), Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, Spain.

Palabras clave: habas, fermentación, snacks, evaluación sensorial.

Introducción. Hoy en día, la prevalencia de la obesidad y el sobrepeso infantil es una de las mayores preocupaciones de la sociedad moderna. Teniendo en cuenta que los alimentos frecuentemente consumidos en almuerzos y meriendas suelen presentar un perfil nutricional poco saludable, se requiere rediseñar este tipo de alimentos para reducir los hidratos de carbono de acción rápida y las grasas saturadas a la par que aumentar el contenido en proteína vegetal con potencial saciante. Esto debe ir acompañado de un conjunto de estrategias para modificar las preferencias alimentarias de los niños y conseguir su adherencia a un patrón de alimentación más saludable. Teniendo como referencia estudios previos, las habas podrían considerarse un valioso ingrediente para aumentar el consumo de proteínas vegetales y mejorar el valor nutricional entre otros ingredientes ricos en proteínas. Así pues, el objetivo de este estudio fue desarrollar snacks a base de habas (*Vicia faba L.*) fermentadas y otras fuentes alternativas de proteínas que puedan incluirse con éxito en la dieta de los niños.

Material y métodos. Todos los ingredientes se adquirieron en comercios locales de Valencia (España). Para el proceso de fermentación en estado sólido de las habas se utilizó la cepa *Pleurotus ostreatus* (CECT20311) siguiendo la metodología empleada en Sanchez-García et al. (2023) [1]. La producción de las barritas siguió el proceso tecnológico típico de este tipo de producto. Para desarrollar las barritas a base de habas fermentadas, se utilizaron además copos de avena (CA), espelta inflada (EI) y quinoa inflada (QI). Los productos fueron evaluados sensorialmente por un panel de 20 consumidores expertos mediante una prueba sensorial utilizando una escala hedónica de 9 puntos sobre aspecto, color, aroma, textura, pegajosidad, sabor y agrado general. Adicionalmente, se evaluó el color de las barritas con un espectrocólorímetro (Minolta, CM-3600D).

Resultados. La Tabla 1 muestra los resultados de la evaluación sensorial, teniendo en cuenta todos los parámetros evaluados por los panelistas. No se detectaron diferencias significativas ni en el sabor ni en el aroma de las barritas en función de si estaban formuladas con avena, espelta o quinoa.

Tabla 1. Aceptabilidad sensorial de las barritas a base de habas.

Muestra	Dureza	Crujencia	Masticabilidad	Gomosidad	Sabor	Aroma	Apariencia
CA	7.19±0.10 ^a	6.23±0.12 ^b	6.90±0.15 ^a	7.07±0.18 ^a	7.40±0.11 ^a	8.50±0.15 ^b	7.12±0.10 ^b
QI	8.03±0.21 ^b	8.03±0.21 ^a	6.75±0.10 ^a	6.25±0.08 ^b	8.10±0.19 ^b	8.20±0.20 ^a	8.27±0.15 ^a
EI	4.62±0.20 ^c	2.1±0.06 ^c	5.27±0.20 ^b	7.60±0.11 ^a	7.25±0.08 ^a	8.09±0.19 ^a	5.89±0.20 ^c

Al mismo tiempo, los resultados obtenidos revelaron que la incorporación de copos de espelta o

avena influye negativamente en la textura y la percepción general de las barritas a base de habas fermentadas en comparación con las de quinoa inflada. Las muestras basadas en la mezcla desarrollada de habas fermentadas + quinoa inflada mostraron las puntuaciones de aceptación organoléptica más altas en comparación con otras muestras y los panelistas las prefirieron a las otras.

El color de la barra se vió afectado por los diferentes componentes, dando lugar a una superficie heterogénea por lo que el parámetro medido tiene una gran variabilidad. Comparando los datos, el valor de L^* (una medida del brillo) fueron de $33,99 \pm 0,6$ ($p < 0,05$), $32,54 \pm 0,2$ y $27,59 \pm 0,35$, para las muestras QI y para la CA y EI respectivamente. Además, las muestras con quinoa inflada se caracterizaron por un valor de b^* más alto (nivel de tonalidad amarilla); concretamente, los valores fueron $19,55 \pm 0,25$ para QI, $17,52 \pm 0,2$ para CA y $14,70 \pm 0,5$ para EI. La reducción de los valores L^* y b^* indican el oscurecimiento de las barritas a base de habas con espelta hinchada, lo que concuerda con lo indicado por Jozinović A. et al. [2] para los productos extruidos con harina de espelta.

Teniendo en cuenta que el análisis sensorial mostró una mayor preferencia por la mezcla desarrollada de habas y quinoa inflada se plantea continuar el desarrollo de este tipo de snack utilizando esta formulación. Cabe mencionar que, según las recomendaciones de la EFSA para la ingesta nutricional de niños y adolescentes, el consumo de 100 g del snack desarrollado a base de habas fermentadas y quinoa inflada puede satisfacer las necesidades diarias de proteínas entre un 95,4 y un 26,1 % para niños de entre 4 a 16 años, respectivamente.

Conclusión. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se demostró el potencial del uso de habas fermentadas en la fabricación de nuevos snacks. Se desarrolló la receta básica de las barritas enriquecidas con ingredientes altos en proteínas vegetales. El análisis sensorial mostró una gran aceptabilidad de las muestras desarrolladas.

Referencias.

1. Sánchez-García, J., Muñoz-Pina, S., García-Hernández, J., Heredia, A., & Andrés, A. (2023). Impact of Air-Drying Temperature on Antioxidant Properties and ACE-Inhibiting Activity of Fungal Fermented Lentil Flour. *Foods*, 12(5), 999.
2. Jozinović, A., Šubarić, D., Ačkar, Đ., Babić, J., & Miličević, B. (2016). Influence of spelt flour addition on properties of extruded products based on corn grits. *Journal of food engineering*, 172, 31-37.

Agradecimientos. This study forms part of the AGROALNEXT programme and was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) and by Generalitat Valenciana. Also, the authors are grateful for a grant called “Initiative: reception of Ukrainian research personnel in the Valencian R+D+I system” from Generalitat Valenciana, Spain and financial support from Post-doctoral Grant (PAID-10-21) and Postdoctoral Research Fostering Grant (PAID-PD-22) from the Vicerrectorado de Investigación (Universitat Politècnica de València).

Impacto de la fermentación en estado sólido con *Pleurotus ostreatus* sobre las propiedades nutricionales de las habas (*Vicia faba* L.)

Sara Muñoz-Pina^{1*}, Kateryna Khvostenko¹, Jorge García-Hernández², Ana Heredia¹, Ana Andrés¹

1: Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos - FoodUPV. Universitat Politècnica de València.
Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, Spain
e-mail: samuopi@upvnet.upv.es

2: Centro Avanzado de Microbiología de Alimentos (CAMA), Universitat Politècnica de València.
Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, Spain.

Palabras clave: Habas, *Pleurotus*, proteína, anti-nutrientes, carbohidratos.

Introducción y objetivo

En las últimas décadas, se ha producido una disminución en la adherencia a la dieta mediterránea, lo que unido al estilo de vida más sedentario y otros cambios socioeconómicos ha provocado un aumento alarmante del sobrepeso y la obesidad infantil. Revertir tanto el elevado consumo de carbohidratos y grasas, especialmente en los snacks, como el bajo consumo de fibra y proteína, podría contribuir a una mejora de la situación actual. En este contexto, la generación de nuevos snacks saludables y sostenibles basados en legumbres se plantea como eje para incrementar el consumo de proteína vegetal y fibra en este grupo de población. Las legumbres son una rica fuente de proteínas, fibra y altas cantidades de minerales y polifenoles. Su consumo está asociado con una menor prevalencia de enfermedades como la obesidad o la diabetes tipo 2; sin embargo, son deficientes en algunos aminoácidos, como cisteína, metionina o triptófano, y contienen ciertos anti-nutrientes que presentan efectos fisiológicos indeseables^[1]. La fermentación en estado sólido (FES) se propone como proceso sostenible capaz de modificar positivamente los perfiles nutricionales y funcionales de las legumbres. Así, el objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de la FES con *Pleurotus ostreatus* sobre las propiedades nutricionales de las habas (*Vicia faba* L.) como posible ingrediente para el desarrollo de nuevos snacks especialmente dirigidos a niños y jóvenes.

Material y métodos

Las semillas secas de haba (*Vicia faba* L.) de la marca Batlle® (España) se obtuvieron en un comercio local en Valencia, y la cepa *Pleurotus ostreatus* procede de la Colección Española de Cultivos Tipo (CECT20311). Previamente a la inoculación, las habas fueron hidratadas a diferentes tiempos (6, 8, 16 y 24 h) a temperatura ambiente y una relación sustrato:agua de 1:6, y se midió su humedad final. Posteriormente, las habas se sometieron a una molienda suave para reducir el tamaño de partícula, se escaldaron durante 2 minutos y se enfriaron con abundante agua. La FES se llevó a cabo colocando 50 g de habas parcialmente troceadas en un recipiente de plástico con filtro T1 y se autoclavarón durante 30 min a 123 °C. Tras el tratamiento térmico, los recipientes con las habas se inocularon en una cabina de flujo laminar. Para la inoculación se utilizó un starter líquido con el hongo crecido en un medio de cultivo preparado con 2% glucosa, 2% malta, y 0.1% peptona. Para la inoculación, se añadieron 5 mL del starter, y se incubaron en una cámara a 25 °C. Se evaluó el crecimiento del hongo analizando la biomasa fúngica mediante el análisis de glucosamina^[2] hasta el día 10 en el cual el contenido de biomasa aumentó significativamente hasta valores como los encontrados en bibliografía (>60 mg N-acetil-D-glucosamina/g base seca) Los análisis del contenido en humedad, grasa, cenizas y proteína se determinaron acorde a los métodos oficiales (AOAC, 2000) y el contenido de taninos y polifenoles según Sun et al., (2020).. Las diferentes mediciones se realizaron en tres momentos diferentes del

proceso: habas remojadas sin fermentar, habas remojadas, esterilizadas e incubadas en las mismas condiciones que las fermentadas y las habas fermentadas.

Resultados y conclusión

Previamente a la fermentación, se determinaron las mejores condiciones de remojo de las habas secas para obtener una humedad final entre el 55% y el 60%, humedad óptima para el crecimiento del hongo. Para ello, tras analizar la humedad final de las habas sometidas a diferentes tiempos en remojo (6,8,16 y 24 h), resultó que el remojo de 16 h permitía alcanzar la humedad objetivo de 56.5 % y por tanto ésta fue seleccionada para el posterior ensayo de fermentación. Tras 10 días de fermentación, el contenido de biomasa aumentó significativamente de 0 a 70 ± 5 mg N-acetil-D-glucosamina/g base seca, valor superior a los encontrados en bibliografía (61 mg para quinoa y 64 mg para lenteja castellana). Para estudiar el efecto de la fermentación sobre las habas, se analizó el contenido de proteínas y carbohidratos (Figura 1), así como el contenido de taninos y polifenoles. Del análisis de composición nutricional de las habas se deduce que la fermentación con el hongo resulta en un aumento de la proteína total del alimento un aumento del 16% de proteína total y una reducción del contenido en carbohidratos del 10% (Figura 1). Este hecho podría deberse a que los carbohidratos sirven como fuente de energía para el crecimiento de los hongos y algunos de ellos pueden bio-convertirse en proteínas complejas, péptidos o incluso aminoácidos libres. Por otro lado, tanto la esterilización como la fermentación disminuyen significativamente el contenido total de los taninos (de 5.2 a 1.30 y 0.9 mg CAE/g base seca respectivamente), anti-nutriente astringente que interfiere en la absorción de las proteínas. Sin embargo, esta disminución también se ve reflejada en el contenido total de fenoles (de 5.2 a 2.9 y 2.6 mg GAE/g base seca) la cual esta correlacionada con la concentración de taninos.

Figura 1. Contenido de proteína total (izquierda) y carbohidratos totales (derecha) de las habas sin fermentar, esterilizadas y fermentadas con el hongo *Pleurotus ostreatus* (expresado como g/100 g base seca).

En conclusión, la fermentación con *P. ostreatus* mejora la calidad nutricional de las habas aumentando la proteína y disminuyendo los carbohidratos totales. Además, este bioproceso disminuye el contenido total de taninos los cuales interactúan con las proteínas afectando negativamente su digestibilidad.

Referencias

- [1] Khvostenko, K., Muñoz-Pina, S., Heredia, A., García-Hernández, J., Argüelles, A., Hernández, M. & Andrés, A. (2023) Perspective Ways to Provide Kids with Protein-Rich Snacks for Preventing Overweight: From Scientific Studies to Consumers. *Food Reviews International*, 1-18.
- [2] Scotti, C. T., Vergoignan, C., Feron, G., & Durand, A. (2001). Glucosamine measurement as indirect method for biomass estimation of *Cunninghamella elegans* grown in solid state cultivation conditions. *Biochemical Engineering Journal*, 7(1), 1-5.

Agradecimientos

Este estudio forma parte del programa AGROALNEXT que contó con el apoyo de MCIN con financiación de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y de la Generalitat Valenciana. Además, los autores agradecen la ayuda “Iniciativa: acogida de personal investigador ucraniano en el sistema de I+D+i valenciano” de la Generalitat Valenciana, y el apoyo económico de la beca postdoctoral (PAID-10-21) y la beca de fomento a la investigación postdoctoral (PAID-PD-22) del Vicerrectorado de Investigación (Universitat Politècnica de València).

Evaluación del efecto prebiótico de ingredientes en polvo procedentes del bagazo de naranja y de excedentes de caqui sobre la microbiota intestinal de mujeres postmenopáusicas

María José Gosalbes^{1*}, Nuria Jimenez-Hernandez¹, Stevens Duarte², Maria San Juan², Alejandro Artacho¹, Ester Betoret², Noelia Betoret²

1: Área de Genómica y Salud, Fundación para el Fomento de la Investigación Sanitaria y Biomédica de la Comunidad Valenciana-Salud Pública. Avenida Cataluña 21, 46020 Valencia, España. mariajose.gosalbes@fisabio.es

2: Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España.

Palabras claves: subproductos, ingredientes funcionales, microbiota, metagenómica

Introducción

La valorización de excedentes y subproductos procedentes del sector agro-alimentario a través de su transformación en ingredientes de elevado valor añadido (IEVA) permite utilizarlos para la formulación de alimentos y dietas sostenibles y saludables. Sin embargo, la eficiencia de la digestión de polifenoles, fibra o carotenoides es baja, llegando parcialmente degradados al colon, donde son metabolizados por el microbioma intestinal produciendo una serie de metabolitos secundarios que tienen efectos beneficiosos sobre la salud humana,

La composición de la comunidad bacteriana intestinal está influida por una serie de factores tanto intrínsecos como extrínsecos. Así, la dieta es el factor ambiental que mayor efecto tiene sobre la composición de la microbiota intestinal por lo que se le considera una prometedora herramienta para corregir la alteración de la microbiota asociada a diferentes patologías como obesidad, diabetes o colitis. La menopausia lleva asociada un abanico de cambios fisiológicos debido a la pérdida de estrógenos así como una alteración en la composición de la microbiota intestinal.

Este trabajo se ha centrado en el estudio del efecto prebiótico sobre la microbiota intestinal de mujeres postmenopáusicas de IEVAs obtenidos a partir de bagazo de naranja y excedentes de caqui en un sistema *in vitro* de digestión gastrointestinal/fermentación colónica acoplado a una secuenciación de alto rendimiento y técnicas ómicas.

Materiales y métodos

Los IEVAs del bagazo de naranja y de los excedentes del caqui se obtuvieron por deshidratación con aire caliente a 60°C y a 70°C y por liofilización. Posteriormente, tanto el material fresco como los IEVAs obtenidos se sometieron a una digestión gastrointestinal siguiendo el protocolo standard INFOGEST. La fermentación colónica se llevó a cabo en un medio basal y se utilizó como inóculo (5% w/v) muestras fecales de 4 mujeres postmenopáusicas de entre 55 y 65 años y como sustrato (5% w/v) los IEVAs y el material fresco digerido. Además, en paralelo se llevó a cabo una fermentación control que carecía de sustrato. La fermentación se llevó a cabo en condiciones anaerobias y agitación durante 24h.

Para la caracterización de la microbiota fermentativa se tomaron alícuotas al finalizar las fermentaciones colónicas. La extracción del DNA total bacteriano se realizó con el sistema de extracción automática Magnapure (Roche) siguiendo las recomendaciones del fabricante. A continuación se llevó a cabo una amplificación de la región variable V3-V4 del gen del RNA ribosomal 16S (RNAr 16S) tomando como molde el DNA total extraído, siguiendo el protocolo de Illumina para la construcción de las librerías. La secuenciación se llevó a cabo con el kit V3 (2x300 ciclos) y el

secuenciador MiSeq. El estudio metagenómico nos permite caracterizar el contenido génico de la comunidad bacteriana. La construcción de las librerías se realizaron con el kit “Nextera®XT DNA Sample Preparation” siguiendo las indicaciones de Illumina y se utilizó el secuenciador Next Seq 2000. El procesado y filtrado por calidad y longitud de las secuencias se realizó mediante el pipeline DADA2 (v.1.8.3) del paquete informático R. La información taxonómica de las secuencias del gen RNAr 16S fue obtenida por comparación contra la base de datos SILVA (v.138) utilizando el algoritmo BLAST. Las secuencias obtenidas de la secuenciación de los metagenoma se trataron con el pipeline SqueezeMeta (v.1.6.3) y se utilizó la base de datos funcional KEGG.

Para el análisis de la beta diversidad de las comunidades bacterianas se determinó la distancia de disimilitud Bray-Curtis y el test de Adonis realizándose análisis de Correspondencia Canónica (CCA) y análisis de Coordenadas Principales (PcoA) empleando el paquete informático R. Se aplicó el paquete “Analysis of compositions of microbiomes with bias correction” (ANCOMBC2) para identificar géneros diferencialmente abundantes entre fermentaciones. El análisis de los genes (KO) y rutas metabólicas con abundancias diferenciales en las distintas microbiotas fermentativas se realizó con el paquete Deseq2. En todas las comparaciones se aplicó la corrección por Benjamini Hochberg para la detección de falsos positivos.

Resultados y conclusión

Se llevaron a cabo las fermentaciones colónicas de los IEVAs procedentes de excedentes de caqui y de bagazo de naranja así como las del material fresco. Las fermentaciones colónicas de cada uno de los sustratos y controles se realizaron por cuadruplicado utilizando en cada una de ellas el inóculo fecal de una mujer postmenopáusicas. En total se realizaron 68 fermentaciones colónicas.

Respecto a la composición de la comunidad bacteriana que crecía en cada una de las fermentaciones, observamos en un análisis CCA que la estructura de la microbiota fermentativa de los IEVAs (naranja y caqui) era significativamente diferente ($p=0.001$) a la microbiota que fermentaba el material fresco. También observamos una diferencia significativa ($p=0.006$) en la composición de la microbiota al comparar los IEVAs procedentes del caqui o de la naranja. Sin embargo, el efecto del tratamiento de deshidratación no conllevaba el crecimiento de una microbiota característica.

Para estudiar qué bacterias crecían preferentemente en las fermentaciones del material fresco, IEVAs liofilizados y secados al aire (60°C y 70°C), se realizaron comparaciones por pares con las fermentaciones controles utilizando el paquete ANCOMBC2 teniendo en cuenta al individuo como variable de confusión. Se observó que para los IEVAs del caqui era el tratamiento con aire caliente a 70°C (HAD70_P) y para los de la naranja el tratamiento con aire caliente a 60°C (HAD60_O), aquellos métodos de deshidratación que daban lugar a un mayor número de géneros bacterianos que tenían un mayor crecimiento respecto a los controles. Tanto los IEVAs procedentes del caqui como los de la naranja promovían el crecimiento de bacterias descritas como capaces de degradar la fibra como los géneros *Eubacterium* y *Monoglobus*. Así mismo, presentaban una abundancia relativa mayor bacterias capaces de producir ácidos grasos de cadena corta como *Faecalibacterium* o *Agathobacter* y otros géneros descritos como beneficiosos para la salud como *Bifidobacterium*, *Akkermansia* o *Lactobacillus*.

A nivel funcional, se encontraron diferencias significativas entre los IEVAs, HAD70_P y HAD60_O, y los controles tanto a nivel génico ($p=0.001$) como a nivel de rutas metabólicas ($p=0.001$). Asimismo, las comparaciones por pares con los controles rindieron funciones características de cada IEVA.

Los resultados obtenidos nos permiten concluir que tanto la naturaleza del sustrato como el método de deshidratación empleado afectan a la composición de la microbiota fermentativa. Tanto los IEVAs procedentes de excedentes de caqui como los del bagazo de naranja promueven el crecimiento de bacterias descrita como beneficiosas para la salud humana. Por todo ello, estos ingredientes de alto valor nutricional podrían utilizarse como prebióticos en la formulación de alimentos saludables.

Agradecimientos

Este estudio forma parte del programa AGROALNEXT y contó con el apoyo de MCIN y de la Generalitat Valenciana a través de la financiación con fondos europeos Next Generation (PRTR-C17.11).

EFFECTO DE LA FERMENTACIÓN CON BACTERIAS ÁCIDO-LÁCTICAS EN LOS COMPUESTOS FENÓLICOS ANTIOXIDANTES DE BEBIDAS DE ALGARROBA, CHUFA O ARROZ

Antonio Cilla^{1*}, Matteo Vitali¹, Antonio González-Sarrías², Fernando Vallejo³, Mónica Gandía¹ y Amparo Gamero¹

1: Grupo Bionutest, Facultad de Farmacia y Ciencias de la Alimentación, Universitat de València.
Av. Vicente Andrés Estellés s/n. 46100. Burjassot, Valencia. España.
e-mail: antonio.cilla@uv.es

2: Laboratorio de Alimentación y Salud, CEBAS-CSIC, Campus de Espinardo 30100, Murcia, España

3: Plataforma de Metabolómica Campus de Espinardo 30100, CEBAS-CSIC, Murcia, España

Palabras clave: bebidas vegetales; fermentación ácido-láctica; antioxidantes; polifenoles

Introducción y objetivo:

El desarrollo de nuevas bebidas fermentadas funcionales con bacterias ácido-lácticas (BAL) a partir de materias primas mediterráneas de proximidad como algarroba, chufa y arroz, puede contribuir a la producción de nuevos alimentos más saludables y sostenibles. Se ha descrito que la fermentación de alimentos de origen vegetal con BAL produce modificaciones en su capacidad antioxidante total (CAT), contenido total y perfil de (poli)fenoles, las cuales pueden ser dependientes de las cepas bacterianas, tiempo de fermentación y matriz alimentaria utilizada. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la fermentación a distintos tiempos con diferentes *starters* de BAL sobre la CAT, polifenoles totales (PT) y perfil de polifenoles en 3 bebidas vegetales elaboradas con algarroba, chufa o arroz.

Material y métodos:

Las muestras utilizadas fueron 3 bebidas vegetales elaboradas con algarroba (agua 90% y algarroba 10%), chufa (agua 80% y chufa 20%) y arroz (agua 91,9%; arroz 8% y sal marina 0,1%) por la empresa Monvital (Valencia). En base a experimentos previos de puesta a punto del protocolo de fermentación, las bebidas se fermentaron a 37 °C a distintos tiempos (12, 24, 48 y 72 h) con 4 *starters* comerciales diferentes de BAL (DANISCO VEGE 022 (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* NCFM, *Bifidobacterium lactis* HN019 y *Lactobacillus plantarum*), 033 (*S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*), 053 (*S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. acidophilus* NCFM, *B. lactis* HN019 y *Lactococcus lactis*) y 061 (*S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. acidophilus* NCFM, *B. lactis* HN019 y *Lactobacillus paracasei*)), previa adición de glucosa 7,5 g/100mL en chufa y arroz y 16g/100mL en algarroba. Se determinó el contenido de PT (Folin-Ciocalteu) y CAT (métodos ORAC y TEAC) siguiendo la metodología descrita por De la Fuente et al. (2019). La identificación y determinación semi-cuantitativa del perfil fenólico se llevó a cabo en un sistema UHPLC Agilent serie 1290 Infinity acoplado a un QTOF de masa exacta 6550 I-Funnel (Agilent Technologies, Waldbronn, Alemania) (Tomás-Navarro et al. 2021).

Resultados y conclusión:

Se observaron diferencias en el contenido de PT y CAT en función de la matriz alimentaria, tiempo de

fermentación y consorcio de BAL utilizado para la fermentación. Considerando el tipo de matriz se halló que el contenido de PT y CAT (ORAC y TEAC) siguió el orden: algarroba > chufa > arroz (PT: 159,8-218,9 > 34,1-127,9 > 7,2-17,5 mg GAE/L; ORAC: 4461,9-15111,6 > 2916,8-7897,3 > 1845,7-6103,5 μ M Trolox/L; TEAC: 2057,7-4235,3 > 318,9-876,7 > n.d.-239,7 μ M Trolox/L, respectivamente). Una tendencia similar fue encontrada en la evaluación semi-cuantitativa de compuestos fenólicos analizados por UHPLC-QTOF. Así, se identificaron tentativamente por masa exacta 14 compuestos fenólicos en la bebida elaborada con arroz, 28 en la de chufa y 35 en la de algarroba. Respecto al tiempo de fermentación se vieron fluctuaciones en PT y CAT en las 3 bebidas. En el caso de la bebida de algarroba, su tiempo de fermentación óptimo según descenso de pH y recuento de microorganismos viables fue de 72 h, en base a ensayos previos. A este tiempo se observó un aumento significativo de PT y ORAC frente a la bebida sin fermentar y descenso o mantenimiento de TEAC. Para las bebidas de arroz y chufa su tiempo de fermentación óptimo fue establecido previamente en 24 h. En general, para este tiempo se vieron cambios significativos en chufa con aumento de ORAC, mantenimiento de PT y descenso de TEAC, mientras que en arroz se observaron descensos significativos en todos los parámetros antioxidantes con la fermentación. Por otra parte, se pudieron observar diferencias en las bebidas al tiempo de fermentación óptimo en función de los distintos *starters* de BAL. En el caso de la bebida de algarroba el *starter* 061 proporcionó los valores más altos de PT y TEAC y segundo más alto en ORAC a las 72 h, tendencia similar a la observada en bebida de chufa con valores más altos de PT y ORAC con el *starter* 061 a las 24 h de fermentación. Sin embargo, en bebida de arroz, el *starter* 053 originó los valores más altos de PT y TEAC a las 24 h, si bien el 061 fue segundo en PT y ORAC, en línea con los resultados de las otras dos bebidas. Estos resultados son concordantes con la mayor complejidad y contenido de compuestos fenólicos individuales proporcionados por el *starter* 061. En resumen, se puede concluir que las bebidas fermentadas de algarroba son las que proporcionan un mayor contenido de PT, CAT y diversidad de polifenoles, mostrando además un incremento de parámetros antioxidantes (PT y ORAC) a su tiempo óptimo de fermentación. De los 4 *starters* empleados para la fermentación, el 061 resulta, en general, el más prometedor al obtener bebidas con un contenido de antioxidantes más alto. No obstante, futuros ensayos son necesarios para evaluar la bioaccesibilidad de los antioxidantes y su bioactividad en modelos pre-clínicos que confirmen los potenciales efectos positivos para la salud de estas bebidas fermentadas.

Referencias:

De la Fuente, B. et al. Foods, 2019, 8, 250, doi: 10.3390/foods8070250.

Tomás-Navarro, M. et al J. Agric. Food Chem. 2021, 69, 4006-4017, doi.org/10.1021/acs.jafc.0c08144.

Agradecimientos:

Este estudio forma parte del programa AGROALNEXT (AGROALNEXT/2022/047) con el apoyo del MCIN y financiación de la Unión Europea Next Generation EU (PRTR-C17.I1) y la Generalitat Valenciana. Matteo Vitali disfruta de un contrato de personal investigador en el proyecto mencionado (CPI-22-735).

Tipo de comunicación preferida:

1. oral (a confirmar por el comité científico).

EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE EXTRACTOS DE PIEL DE ALMENDRA EN PELÍCULAS DE PLA PARA LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Laia Martín-Pérez*, Chelo González-Martínez y Amparo Chiralt

Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos FoodUPV. Universitat Politècnica de València,
España;

*lmarper1@upv.es

Palabras clave

Compuestos fenólicos, extracción con agua subcrítica, propiedades mecánicas y de barrera.

Introducción y objetivo

La piel de almendra (AS), separada mediante escaldado con agua caliente, es considerada como un desecho por la industria alimentaria. Sin embargo, esta piel contiene cantidades significativas de ácidos fenólicos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas de interés para su uso en materiales de envasado activos (Freitas et al., 2023b). El presente trabajo analiza el efecto de la incorporación de extractos activos, ricos en compuestos fenólicos, obtenidos de la AS mediante extracción con agua subcrítica (SWE), en films biodegradables a base de ácido poliláctico (PLA).

Materiales y métodos

La AS, (*Prunus dulcis*, var. *Nonpareil de California*), proporcionada por Importaco S.A (Valencia, España), fue secada, molida, desengrasada y sometida a un proceso de extracción con agua subcrítica a 160°C y 180°C durante 30 min. Los extractos obtenidos (AS160 y AS180) se liofilizaron y analizaron en cuanto a su contenido total de fenoles (TPC) mediante el método Folin-Ciocalteu, capacidad antioxidante, a partir del valor de EC₅₀, mediante el método de radicales libres 2,2-difenil-1-pikril-hidrazilo (DPPH) y la concentración mínima inhibitoria (MIC) frente a *L. innocua*, *E. Coli* y *S. aureus*. Para hacer los films se usó PLA amorfo 4060D (Natureworks) triturado, molido y secado hasta peso constante. Los films de PLA, con y sin extracto liofilizado incorporado al 6%, se obtuvieron mediante mezclado en fundido y moldeo por compresión.

Resultados y conclusión

Los extractos obtenidos por SWE presentaron un alto contenido en fenoles, siendo de 100.9 y 161 mg GAE/g extracto, para AS160 y AS180, respectivamente. Por otro lado, los extractos de AS presentaron una marcada actividad antioxidante (AA), siendo los valores de EC₅₀ de 1.5 y 1 mg AS/mg DPPH, parámetro que indica la cantidad necesaria de material para inhibir en un 50% la actividad radical. Los valores de TPC y EC₅₀ de la AS fueron mayores que los encontrados para otros extractos, como los obtenidos de la paja de arroz a las mismas temperaturas (Freitas et al., 2023a). Así mismo, la actividad antimicrobiana fue mayor en el extracto obtenido a la mayor temperatura (AS180), siendo los valores de MIC de 90 y 34 mg/ml para *L. innocua*, 90 y 48 mg/ml para *E. Coli* y de 60 y 20 mg/ml para *S. aureus* a 160°C y 180°C, respectivamente.

En la **Figura 1** se muestra las secciones transversales de los films de PLA, con y sin extractos de AS obtenidos mediante FESEM. Como se puede observar, los films de PLA control exhibieron una criofractura típica de materiales amorfos, con dominios frágiles y gomosos. La incorporación de los extractos de AS dio lugar a la aparición de pequeñas burbujas en los films, dando lugar a una estructura más heterogénea. Esta modificación estructural en la matriz de PLA puede afectar sus propiedades funcionales del material como sus propiedades ópticas, de barrera o mecánicas.

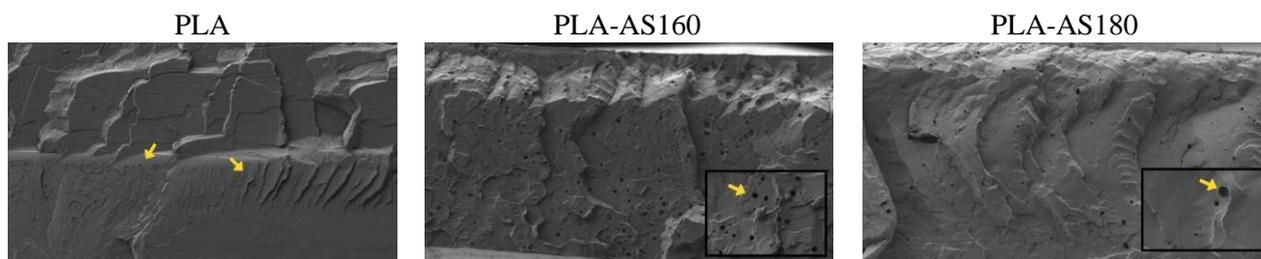


Figura 1. Micrografías obtenidas por FESEM de la sección transversal de los films.

La **Tabla 1** muestra los valores de las propiedades mecánicas y de barrera y la transmitancia interna obtenidos para los films de PLA con y sin extractos. La incorporación de los extractos a los films de PLA dio lugar a films coloreados, con menor T_i en el espectro visible, menos resistentes y extensibles, especialmente al incorporar el extracto AS180. Esto puede atribuirse a la presencia de discontinuidades en la matriz de PLA provocada al incorporar los extractos, tal y como se observa en las imágenes de FESEM (Figura 1). Por otro lado, la capacidad barrera al oxígeno no se vio afectada por los extractos ($p > 0.05$) mientras que los films con AS180 fueron significativamente menos permeables al vapor de agua ($p < 0.05$). Esto puede estar asociado con un mayor entrecruzamiento de las cadenas del polímero con los compuestos fenólicos del extracto, a través de puentes de hidrógeno entre el carbonilo del poliéster y los grupos hidroxilo de los fenoles.

Tabla 1. Transmitancia interna (T_i), tensión (TS) y deformación (E) en el punto de rotura, módulo de elasticidad (EM), permeabilidad al oxígeno (OP) y al vapor de agua (WVP) de los films.

	E (%)	EM (mPa)	TS (mPa)	OP ($\times 10^{12}$) ($\text{cm}^3 \cdot \text{mm} / \text{m}^2 \cdot \text{at. day}$)	WVP ($\text{mm.g.} / \text{KPa.h.m}^2$)	T_i (550nm)
PLA	$3.2 \pm 0.2a$	$1564 \pm 42a$	$48 \pm 2a$	$1.24 \pm 0.01a$	$0.096 \pm 0.022a$	$0.888 \pm 0.001a$
PLA-AS160	$2.9 \pm 0.1b$	$1461 \pm 70a$	$41 \pm 2b$	$1.20 \pm 0.06a$	$0.130 \pm 0.008b$	$0.44 \pm 0.02b$
PLA-AS180	$0.5 \pm 0.2c$	$1244 \pm 102b$	$8 \pm 4c$	$1.11 \pm 0.04a$	$0.031 \pm 0.002c$	$0.44 \pm 0.02b$

En conclusión, la incorporación de extractos de AS con actividad antioxidante y antimicrobiana a films biodegradables de PLA tiene un alto potencial para el desarrollo de materiales activos para el envasado de alimentos. Con ello se conseguiría la revalorización de este subproducto agroalimentario en el marco de una economía circular y sostenible.

Referencias

- Freitas, P. A. V., González-Martínez, C., & Chiralt, A. (2023a). Active Poly (Lactic Acid) Films with Rice Straw Aqueous Extracts for Meat Preservation Purposes. *Food and Bioprocess Technology*, *16*(11), 2635–2650. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03081-6>
- Freitas, P. A. V., Martín-Pérez, L., Gil-Guillén, I., González-Martínez, C., & Chiralt, A. (2023b). Subcritical Water Extraction for Valorisation of Almond Skin from Almond Industrial Processing. *Foods*, *12*(20), Article 20. <https://doi.org/10.3390/foods12203759>

Agradecimientos

Este estudio forma parte del programa AGROALNEXT (AGROALNEXT/2022/026), con fondos de la Unión Europea NextGeneration EU (PRTR-C17.I1) y del programa el INVESTIGO 2022(INVEST/2022/4).

Fibras celulósicas de paja de arroz para modular las propiedades del succinato de poli butileno.

Carmen Olivas-Alonso*, Sergio Torres-Giner y Amparo Chiralt

Universitat Politècnica de València (UPV), Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos-
FoodUPV, 46022

e-mail: carolal1@etsii.upv.es

1. Introducción y objetivo

El alto consumo de plásticos y su impacto ambiental requiere el desarrollo de materiales biodegradables de origen renovable en el marco de un modelo productivo circular. En el área de envasado de alimentos, esta necesidad se ve especialmente imperada. Una de las alternativas a las poliolefinas de origen petroquímico es el succinato de polibutileno (PBS), que puede ser parcialmente bio-basado ya que el ácido succínico se puede obtener de compuestos ricos en azúcares mediante rutas de fermentación bacteriana. Además de reducir costes de producción, la utilización de subproductos agrícolas como material de relleno para desarrollar envases sostenibles permite modificar y mejorar las propiedades de las matrices poliméricas. Particularmente, la paja de arroz es uno de los residuos lignocelulósicos más generados mundialmente y por cada kilo de arroz se obtienen 1.5 kg de paja. Su alto contenido en celulosa le convierte en una fuente de la misma para diferentes aplicaciones, como el refuerzo de films poliméricos¹. No obstante, la naturaleza hidrófila de la celulosa le proporciona baja compatibilidad con matrices poliméricas hidrófobas. De esta forma, su funcionalización por medio de silanización² permite mejorar su interacción con el polímero. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto en las propiedades de films de PBS al incorporar fibras de celulosa de paja de arroz de diferente composición, con y sin silanización.

2. Material y Métodos

Se obtuvieron fibras de celulosa en dos etapas: i) extracción con agua subcrítica a 180 °C (SWE) o extracción mediante reflujo en agua con pretratamiento con ultrasonidos (USHT); y posterior ii) blanqueo con hipoclorito sódico.¹ Ambas muestras se funcionalizaron con 1% de (3-glycidioxypropyl) trimethoxysilane (GPS).² Se prepararon películas de PBS con los cuatro tipos de fibras: fibras blanqueadas (SWE, USHT) y silanizadas (SWE-S, USHT-S), al 3 %, por mezclado en fundido, con un mezclador interno (HAAKETM PolyLabTM QC, Thermo Fisher Scientific, Alemania), y moldeo por compresión en una prensa hidráulica de platos calientes (Modelo LP20, Labtech Engineering, Tailandia). Los materiales fueron caracterizados en su morfología a través de imágenes FESEM, propiedades mecánicas (ASTM D882-12), propiedades de barrera al vapor de agua (ASTM E96/E96M) y al oxígeno (ASTM D3985-05) y en propiedades térmicas por DSC y DMA.

3. Resultados y Conclusión

La Figura 1 muestra las imágenes FESEM de la sección transversal de los films de PBS sin y con cada una de las fibras, donde puede apreciarse la inclusión de las mismas en la matriz homogénea del polímero. Para las fibras no silanizadas (SWE y USHT) se observó una menor adhesión fibra-matriz lo que se refleja en el espacio de separación entre los dos componentes. La Tabla 1 recoge los valores de la temperatura de transición vítrea (T_g) y grado de cristalinidad (X_c) obtenidos de los ensayos térmicos, además de las propiedades mecánicas, de barrera al vapor de agua y al oxígeno de las diferentes películas. El mejor rendimiento mecánico se obtuvo para la película SWE-S, que supera en un 44% el valor del módulo de elasticidad al control y en un 18% en extensibilidad a las películas con fibras no funcionalizadas. Esta mejora puede atribuirse a la mejor adhesión entre la matriz de PBS y la celulosa

con GPS-anclado y al menor contenido en hemicelulosa de las fibras SWE. Por otro lado, se observó que la introducción de las fibras no modificó significativamente T_g del PBS, por lo que las fibras no interfieren en el grado de asociación de las cadenas del biopolímero en la fase amorfa. Sin embargo, sí provocaron un aumento en la cristalinidad de las películas. En cuanto a la permeabilidad al vapor de agua, el PBS presenta propiedades intermedias en comparación con otros biopoliésteres, y se observó que la incorporación de fibras redujo ligeramente la capacidad de barrera al vapor de agua de la PBS, debido al carácter hidrófilo de la celulosa. En cambio, la barrera al oxígeno se mejoró significativamente al añadir las fibras SWE, aumentando casi en un 20% en las películas con SWE-S.

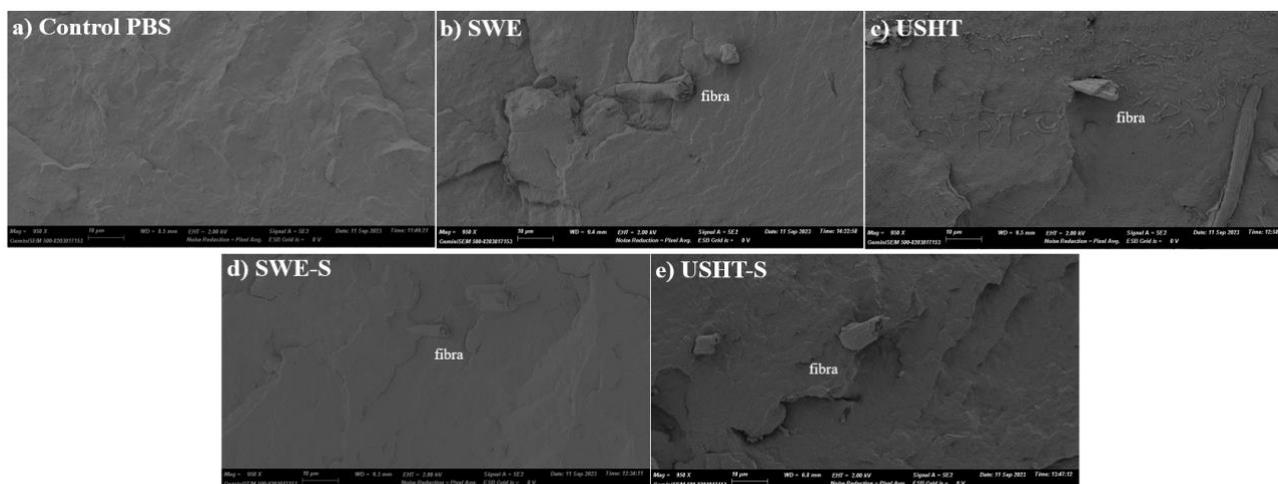


Figura 1. Micrografías de FESEM de PBS (a) y sus películas compuestas con SWE (b), USHT (c), SWE-S (d) y USHT-S (e).

Tabla 1. Temperatura transición vítrea (T_g), Cristalinidad (X_c), Tensión de fractura (TS), Elongación en la rotura (ϵ), Módulo elástico (EM), Permeabilidad al vapor de agua (WVP), Permeabilidad al oxígeno (OP) para las muestras.

Muestra	T_g	X_c	EM (MPa)	TS (MPa)	ϵ (%)	WVP · 10 ¹⁴ (kg/Pa.s.m)	OP · 10 ¹⁸ (m ³ /Pa.s.m)
PBS	-23.8 ± 2.3 ^a	35.6 ± 1.1 ^c	337.9 ± 55.5 ^a	41.5 ± 1.6 ^a	19.1 ± 1.5 ^c	1.88 ± 0.07 ^a	1.08 ± 0.05 ^b
SWE	-25.6 ± 0.6 ^a	49.0 ± 0.3 ^a	480.9 ± 33.2 ^b	31.6 ± 1.3 ^c	11.9 ± 0.6 ^a	2.04 ± 0.05 ^{ab}	0.89 ± 0.03 ^a
USHT	-25.7 ± 1.9 ^a	47.0 ± 1.0 ^{ab}	481.8 ± 29.6 ^b	29.3 ± 0.3 ^d	10.9 ± 0.3 ^a	2.55 ± 0.07 ^b	1.24 ± 0.08 ^c
SWE-S	-24.4 ± 0.3 ^a	44.2 ± 0.2 ^b	474.8 ± 30.4 ^b	33.6 ± 1.9 ^b	14.1 ± 2.0 ^b	2.25 ± 0.03 ^{bc}	0.87 ± 0.03 ^a
USHT-S	-26.1 ± 1.7 ^a	48.7 ± 1.2 ^a	486.6 ± 39.0 ^b	30.8 ± 1.9 ^{cd}	12.2 ± 1.2 ^a	2.96 ± 0.19 ^c	0.93 ± 0.08 ^{ab}

En conclusión, las fibras de celulosa de la paja de arroz obtenidas por SWE y silanizadas son las que proporcionaron mayores mejoras en la barrera al oxígeno del PBS, y también mejor rendimiento mecánico, incrementando el módulo de elasticidad y la extensibilidad de los films.

Palabras clave: paja de arroz; fibras celulosa; succinato de polibutileno; envases biodegradables; silanización

Referencias

- Freitas, P. A., González-Martínez, C., & Chiralt, A. (2023). Influence of the cellulose purification process on the properties of aerogels obtained from rice straw. *Carbohydrate Polymers*, 312, 120805.
- Cabrera, I. C., Berlioz, S., Fahs, A., Louarn, G., & Carriere, P. (2020). Chemical functionalization of nano fibrillated cellulose by glycidyl silane coupling agents: A grafted silane network characterization study. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 1773–1782.

Agradecimientos. Este estudio fue financiado por los proyectos AGROALNEXT/2022/026, CIPROM/2021/071, RYC2019-027784-I y CIACIF/2021/422.

Tipo de presentación: Póster