

¹Departamento de Ciencia Vegetal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2, Av. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España

²Grupo de Investigación en Alimentos de Origen Vegetal, Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (Universidad de Zaragoza-CITA), Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza, España

INTRODUCCIÓN

La producción de plástico mundial se ha incrementado en los últimos años, alcanzando los 400 millones de toneladas en el año 2022 (Europe Plastics, 2023). El 40% de estos plásticos se destinan al envasado y 90% de los plásticos que se produjeron derivaban de materias primas de origen fósil. Los plásticos bio-basados podrían ser una alternativa para sustituir los envases actuales ya que son biodegradables y reciclables (Amin et al., 2021). Se ha demostrado que las proteínas son materias primas apropiadas para el desarrollo de biopolímeros, pero el estudio de esta proteína para el desarrollo de films todavía es limitado (Sood y Saini, 2022). Los films de proteína de clara de huevo presentan buenas propiedades mecánicas, una alta barrera al oxígeno y son más transparentes que otros films de proteínas como las de suero de leche, soja o zeína (Gómez-Estaca et al., 2016), aunque presentan limitaciones como la baja capacidad de barrera al vapor de agua. Por otra parte, la industria alimentaria mundial genera gran cantidad de subproductos y sería interesante incluir estos residuos en un modelo de economía circular (Hadidi et al., 2024). El uso de fibras y partículas derivadas de plantas, vegetales y semillas pueden sustituir o reducir el uso de materiales plásticos e incrementar las propiedades mecánicas de los films (Sujin Jose et al., 2020).

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición de partículas de hueso de melocotón, flores o túnicas de azafrán, en diferentes porcentajes, en las propiedades barrera y en las propiedades mecánicas de los films elaborados a partir de proteína de clara de huevo, mediante moldeo por compresión.

MATERIALES Y MÉTODOS

1 PROCESADO DE LOS SUBPRODUCTOS AGROALIMENTARIOS



Hueso de melocotón (HM)

Restos florales azafrán— flores (FA) y túnicas (TA)

lavado + rotura + secado + molienda + tamizado

secado + molienda + tamizado



HM

FA

TA

Resultado: granulado con tamaño de partícula entre 50 y 100 µm

2 DESARROLLO DE LOS FILMS DE PROTEÍNA DE CLARA DE HUEVO



3 CARACTERIZACIÓN DE LOS FILMS

- Tasa de transmisión al oxígeno (OTR): Mocon OX-TRAN 2/22
- Tasa de transmisión al vapor de agua (WVTR): Mocon PERMATRAN-W 3/34
- Propiedades mecánicas: Texturómetro TA-TX2 + mordaza de tensión A/TG-R
- Análisis de distribución: Lupa óptica Stemi 2000-C y cámara AxioCam ERc 5s



RESULTADOS

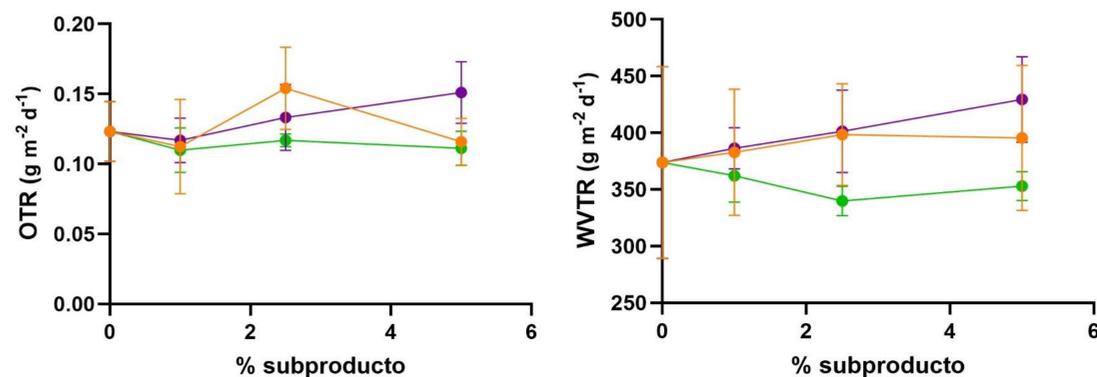


Figura 1: Tasa de transmisión al oxígeno (OTR) y tasa de transmisión al vapor de agua (WVTR) de los films de proteína de clara de huevo reforzados con subproductos agroalimentarios (● hueso de melocotón; ● flor de azafrán; ● túnicas de azafrán).

Las propiedades barrera de los films de proteína de clara de huevo no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) al añadir subproductos de la industria alimentaria en su matriz (Figura 1). Sin embargo, el uso de estos subproductos sí que modificó las características mecánicas de los films. La adición de subproductos produjo una reducción de la elongación hasta la rotura de los films y por lo tanto un incremento en el módulo de elasticidad (Tabla 1). Esto fue así independientemente de la cantidad adicionada, siendo más acusado el cambio en las muestras que contenían un mayor porcentaje de subproductos (5 %) y en las muestras que contenían túnicas de azafrán (TA).

En las imágenes tomadas con la lupa óptica de los films sin carga y con un 5 % de subproductos (Figura 2) se aprecia la presencia de estos materiales de refuerzo, observándose uniformidad en la distribución de los mismos. Se puede observar puntos amarillos en los films de flores de azafrán, posiblemente atribuibles a granos de polen, y fibras largas en los films reforzados con túnicas de azafrán.

Tabla 1. Propiedades mecánicas de los films de proteína de clara de huevo reforzados con subproductos agroalimentarios.

Porcentaje	Elongación hasta rotura (%)			Módulo de Elasticidad (MPa)		
	HM	FA	TA	HM	FA	TA
0%	102,76±35,05 ^{A,a}			7,81±2,12 ^{A,a}		
1%	61,89±21,44 ^{A,b}	51,65±14,28 ^{A,b}	46,07±14,97 ^{A,b}	12,91±5,45 ^{A,ab}	15,73±4,91 ^{AB,b}	20,02±7,37 ^{B,b}
2,5%	57,50±17,29 ^{A,b}	45,05±10,13 ^{AB,b}	32,38±7,06 ^{B,bc}	13,4±4,33 ^{A,b}	16,64±2,33 ^{A,b}	22,88±5,38 ^{B,b}
5%	47,11±17,73 ^{A,b}	36,53±8,01 ^{AB,b}	24,21±9,85 ^{B,c}	16,56±6,19 ^{A,b}	18,53±3,33 ^{A,b}	30,57±13,32 ^{B,c}

Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tipo de subproducto. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre porcentajes de subproducto.

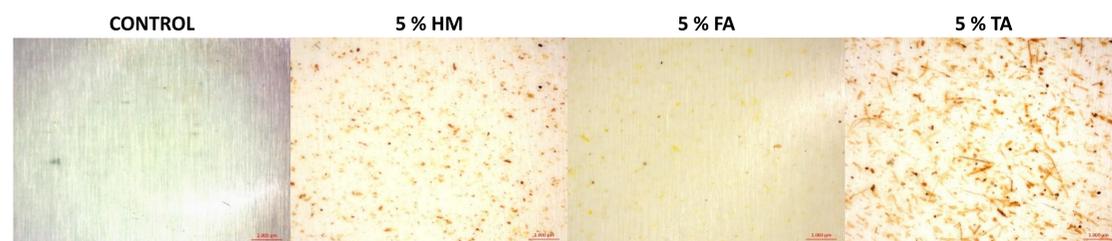


Figura 2. Imágenes tomadas con la lupa óptica de los films de proteína de clara de huevo sin reforzar y con un 5% de subproductos agroalimentarios.

CONCLUSIONES

El uso de subproductos de la industria alimentaria para el refuerzo de films de proteína de clara de huevo puede ser una alternativa sostenible para reducir la cantidad de materia prima utilizada en la elaboración de éstos. Además, se fomenta el aprovechamiento de residuos, disminuyendo así los problemas generados por su gestión y eliminación.

La rigidez de los films de proteína de huevo aumenta considerablemente al incorporar estos subproductos, especialmente con las túnicas de azafrán, pero las propiedades barrera de los films no se modifican. Visualmente se aprecia la presencia de partículas de los subproductos en la matriz proteica, pudiendo llegar a causar un problema, ya que el aspecto visual del film o composite es un factor importante para los consumidores.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Gobierno de Aragón, a través del Fondo de Inversiones de Teruel (FITE 2019-2021) y por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España (proyecto PID2019-108080RR-I00, y contrato PRE2020-094379 a V. Baquero-Aznar).



- Amin, U., Khan, M. U., Majeed, Y., Rebezov, M., Khayrullin, M., Bobkova, E., Shariati, M. A., Chung, I. M., & Thiruvengadam, M. (2021). Potentials of polysaccharides, lipids and proteins in biodegradable food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 183, 2184–2198.
- Europe Plastics (2023) Plastics – the fast Facts 2023. <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2023/>.
- Gómez-Estaca, J., Gavara, R., Catalá, R., & Hernández-Muñoz, P. (2016). The Potential of Proteins for Producing Food Packaging Materials: A Review. *Packaging Technology Science* 29(4–5), 203–224.
- Hadidi, M., Aghababaei, F., Gonzalez-Serrano, D. J., Goksen, G., Trif, M., McClements, D. J., & Moreno, A. (2024). Plant-based proteins from agro-industrial waste and by-products: Towards a more circular economy. *International Journal of Biological Macromolecules*, 216, 129576.
- Sood, A., & Saini, C. S. (2022). Utilization of peel of white pomelo for the development of pectin based biodegradable composite films blended with casein and egg albumen. *Food Chemistry Advances*, 1, 100054.
- Sujin Jose, A., Athijayamani, A., & Jani, S. P. (2020). A review on the mechanical properties of bio waste particulate reinforced polymer composites. *Materials Today: Proceedings*, 37, 1757–1760.