



Magayas de la elaboración de sidra: un producto de alto valor. Composición nutricional y antioxidante

ROSA PANDO BEDRIÑANA. Área de Tecnología de los Alimentos. rpando@serida.org

MARÍA DOLORES LOUREIRO RODRÍGUEZ. Área de Tecnología de los Alimentos. mdolorlr@serida.org

ROBERTO RODRÍGUEZ MADRERA. Área de Tecnología de los Alimentos. rrodriguez@serida.org

ANNA PICINELLI LOBO. Área de Tecnología de los Alimentos. apicinelli@serida.org

Introducción

En el contexto actual de sobreexplotación y escasez de recursos naturales, nuestro patrón de actividad de “economía lineal” basado en la extracción, producción, consumo y desecho es insostenible, tanto desde el punto de vista medioambiental como el económico. Se impone, pues, la necesidad de alcanzar un modelo

de desarrollo que permita optimizar la utilización de los recursos, favoreciendo el mantenimiento de su valor el mayor tiempo posible, reduciendo a la vez la generación de residuos. Se acuña el concepto de “economía circular” para aquel modelo de actividad que promueve, entre otras acciones, la reutilización y valorización de los residuos, y con ello, la creación de nuevas opciones de negocio (www.miteco.gob.es).



La industria de elaboración de sidra genera en Asturias entre 9.000 y 12.000 toneladas de *magaya*, resto del prensado de la manzana constituido por pieles, pulpa, pepitas y pedúnculos. En el momento actual, este subproducto se emplea prácticamente en su totalidad ensilado, como complemento en la alimentación del ganado, un aprovechamiento tradicional que representa un claro ejemplo de economía circular (Martínez-Fernández et al., 2014). Sin embargo, la *magaya* es un material muy estimable debido a su contenido en compuestos bioactivos como la pectina, polifenoles, ácidos triterpénicos, ácidos grasos y tocoferoles (Barreira et al., 2019; Diñeiro García et al., 2009; Perusello et al., 2017; Rodríguez Madrera & Suárez Valles, 2018).

Las propiedades bioactivas y funcionales de estos compuestos han sido evaluadas en numerosos estudios. En concreto, la pectina, un ingrediente utilizado en la industria alimentaria como gelificante, emulsificante y espesante, posee carácter prebiótico, ya que favorece el crecimiento de grupos de bacterias beneficiosas en el colon, como p.e., *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*. La literatura científica más reciente, basada en estudios *in vitro*, modelos animales y estudios epidemiológicos, sugiere que el consumo de dietas ricas en polifenoles protege contra ciertos tipos de cáncer, diabetes tipo-2, y enfermedades cardiovasculares y neuro-degenerativas, mediante la acción antioxidante y anti-inflamatoria de estos compuestos. Los ácidos triterpénicos presentes en las *magayas* poseen, además, actividades anti-bacterianas, anti-protozoarias y anti-tumorales (Andre et al., 2012; Cory et al., 2018; Tasca Cargnin & Baggio Gnoatto, 2017; Wilkowska et al., 2021).

En este trabajo se ha evaluado la composición nutricional de *magayas* de sidra y la distribución de compuestos antioxidantes (polifenoles y ácidos triterpénicos) en los diferentes tejidos de la manzana (piel y pulpa).

Metodología

Se tomaron 10 muestras de *magaya* en diferentes lagares de la región, inme-

diatamente después de la descarga del material de la prensa. Las *magayas* procedieron de mezclas de variedades asturianas incluidas en la Denominación de Origen Protegida Sidra de Asturias de la cosecha 2021, prensadas con prensas neumáticas (8) e hidráulica horizontal (2). Las muestras fueron llevadas a las instalaciones del SERIDA y secadas en un horno rotatorio a 60°C durante 48 horas. Una parte de cada *magaya* se fraccionó en Piel y Pulpa. Posteriormente, las distintas clases de muestra (*Magaya* Completa, Piel y Pulpa) se molieron hasta un tamaño de 1 mm y se almacenaron al vacío, al abrigo de la luz hasta su análisis.

La composición nutricional se realizó según los procedimientos de la AOAC (2005).

La extracción de polifenoles y ácidos triterpénicos se llevó a cabo simultáneamente utilizando un equipo de ultrasonidos de alta potencia (Hielscher UP200Ht) provisto de un sonotrodo de 7mm, con una disolución de etanol al 68% en agua a 25°C. Las condiciones finales optimizadas fueron: relación Sólido/Líquido extractante = 1/75, 90% de amplitud y 5,5 minutos de tratamiento. Los extractos (*magaya* completa, pulpa y piel) fueron analizados por cromatografía líquida de alta eficacia con un detector de fotodiodos de acuerdo con los métodos descritos por Diñeiro García et al. (2009) y Picinelli Lobo et al. (2020).

Los resultados de concentración fueron evaluados mediante un test no paramétrico (Kruskal-Wallis) para determinar la existencia de diferencias significativas debidas al tipo de muestra (*magaya* completa, pulpa y piel) tomando un nivel de significación del 5%.

Composición nutricional

En la Tabla 1 se resume la composición nutricional de las *magayas* correspondientes a la cosecha 2021.

La *magaya* es un material susceptible de degradación microbiológica, pues contiene un grado de humedad elevado,



Parámetros	Tipo	Promedio $\pm$ DE	Rango (Mínimo-Máximo)
Humedad residual**	MC	3,48 $\pm$ 0,90	2,47-5,29
	Piel	4,32 $\pm$ 0,71	3,53-5,85
Fibra	MC	41,71 $\pm$ 2,51	39,44-48,27
	Piel	40,56 $\pm$ 2,36	38,44-47,03
Proteína**	MC	4,39 $\pm$ 0,45	3,73-5,08
	Piel	3,72 $\pm$ 0,25	3,32-4,04
Grasas***	MC	2,44 $\pm$ 0,20	2,19-2,83
	Piel	2,97 $\pm$ 0,35	2,50-3,63
Almidón	MC	5,82 $\pm$ 1,13	3,32-9,07
	Piel	6,16 $\pm$ 1,58	4,09-9,54
Cenizas	MC	1,46 $\pm$ 0,09	1,25-1,63
	Piel	1,40 $\pm$ 0,14	1,07-1,60
Carbohidratos totales	MC	88,23 $\pm$ 1,14	84,47-89,89
	Piel	87,59 $\pm$ 0,85	86,19-88,8



Tabla 1. Composición nutricional del subproducto de prensado de manzana: Magaya Completa (MC) y Piel. Datos expresados en % sobre materia seca.

DE: Desviación estándar; (**): Significativo a $p < 0.05$; (***): Significativo a $p < 0.01$

que varía entre 70,9 y 78,8%. El método de secado utilizado proporcionó un producto estable, con un grado de humedad residual máximo de 5,85%. Este subproducto de la elaboración de sidra presenta un alto contenido en carbohidratos junto con cantidades menores de proteínas y grasas. Los carbohidratos de las *magayas* son, por una parte, sacáridos insolubles que incluyen celulosa, hemicelulosa y ligninas que en este grupo de muestras varía entre 38 y 48% sobre materia seca. Por otra parte, carbohidratos solubles, entre los que destacan las pectinas, los azúcares solubles y el almidón, con niveles de concentración para este último entre 3 y 10%.

No se observaron diferencias significativas entre los contenidos de los diferentes parámetros en *magayas* completas o pieles, excepto en el caso de la humedad residual, la proteína y las grasas (Tabla 1). Este último resultado podría explicarse por la existencia en la piel de la cutícula, una capa lipídica constituida por cutina, ácidos grasos de cadena larga y ceras, que actúa como barrera de protección del fruto frente a la pérdida de agua y otras sustancias de los tejidos internos.

Concentración y distribución de polifenoles

En la Figura 1 se muestran los perfiles fenólicos extraídos en pulpa y piel, y su comparación con la *magaya* completa, de acuerdo con el resultado del test de Kruskal-Wallis.

En general, la pulpa presentó concentraciones significativamente inferiores que la piel para casi todos los compuestos fenólicos. Esta distribución entre los diferentes tejidos del fruto ha sido descrita en estudios previos sobre el perfil polifenólico de manzanas de sidra. Dependiendo de la variedad y el estado de maduración de las manzanas, esta regla general puede invertirse para algún componente en particular, como p.e. la floricina (Alonso-Salces et al., 2004; 2005).

El grupo mayoritario de compuestos es el de los flavonoles (Figura 1a), integrado por cinco derivados glicosilados de la quercetina: hiperina, rutina-isoquercitrina, reinutrina, avicularina y quercitrina. Esta familia de flavonoides se encuentra en *magayas* en concentraciones del orden de 1,29 g/Kg materia seca, valor superior al descrito con anterioridad en *magayas*



de sidra industriales (Diñeiro García et al., 2009). Los flavonoles están localizados fundamentalmente en la piel de la manzana, de ahí su escasa difusión hacia el mosto durante el prensado. En promedio, la concentración de flavonoles en piel fue 13,2 veces superior a la observada en pulpa, con un rango de variabilidad que oscila entre 2,8 veces en el caso de la muestra S1, que presenta la mayor concentración en pulpa (Figura 1a), y 27,6 veces en el caso de la muestra S10, que procede de una mezcla de Durena y Regona, y presenta la menor concentración de flavonoles en la pulpa.

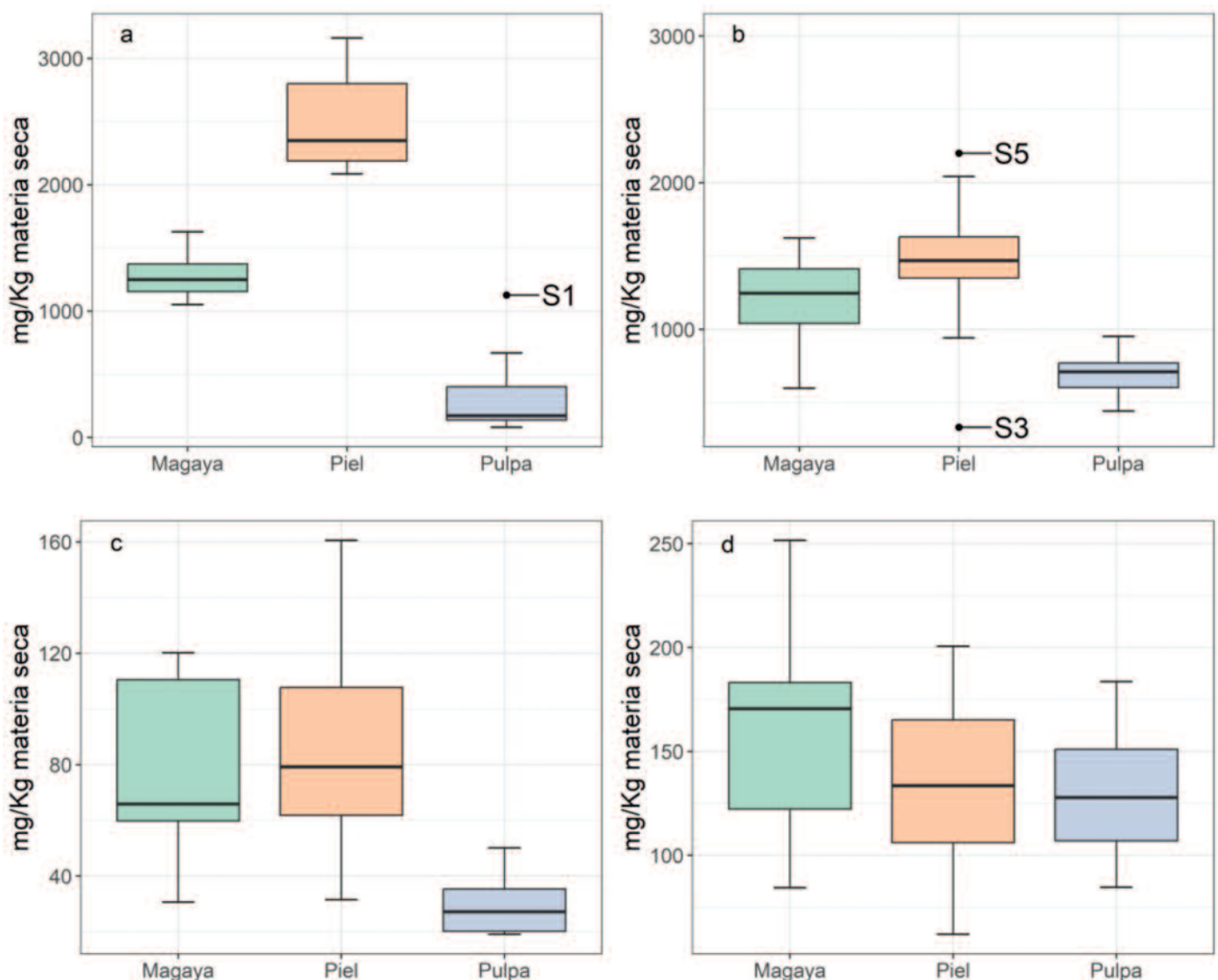
El segundo grupo de fenoles por orden de importancia es el de las dihidrocalconas, que incluyen floricina, el componente mayoritario, floretín 2 -xiloglucósido, y una

dihidrocalcona minoritaria no identificada (Figura 1b). También en esta familia de compuestos, la concentración en piel es superior a la encontrada en la pulpa, si bien las diferencias entre los niveles observados en *magayas* y pieles no son significativas.

La (-)-epicatequina fue el único flavanol detectado en estas muestras. Este compuesto, y en particular sus polímeros, las procianidinas, son muy susceptibles a la oxidación, por lo que su concentración en *magayas* es sensiblemente inferior a la observada en manzanas. Su concentración en *magayas* y pieles es muy similar (Figura 1c).

Por último, el ácido clorogénico, un compuesto muy soluble localizado princi-

↓
Figura 1.-Representación de diagrama de cajas de las concentraciones de polifenoles en *magayas*, pieles y pulpa. a) Flavonoles; b) Dihidrocalconas; c) (-)-Epicatequina; d) Ácido clorogénico.



palmente en la pulpa de la manzana que difunde casi en su totalidad al mosto durante el prensado (Renard et al., 2011). Entre las muestras estudiadas el ácido clorogénico se distribuye de forma similar entre piel y pulpa (Figura 1d).

Concentración y distribución de ácidos triterpénicos

En la Figura 2 se muestran los contenidos de los ácidos triterpénicos extraídos en pulpa y piel, y su comparación con la *magaya* completa, de acuerdo con el resultado del test de Kruskal-Wallis.

Los ácidos triterpénicos son un grupo de metabolitos secundarios de las plantas localizados en la cutícula de hojas y frutos, donde ejercen funciones de protección frente a estrés térmico y oxidativo. El interés por este tipo de moléculas ha ido creciendo en los últimos años debido a sus diversas propiedades farmacológicas (Tasca Cargnin & Baggio Gnoatto, 2017).

El ácido ursólico, presente en *magayas* en niveles promedio de 4,2 g/Kg, es el componente mayoritario de esta familia, y representa alrededor del 70% de los ácidos triterpénicos observados en todas las muestras analizadas. Le siguen en orden de concentración el ácido oleanólico y el corosólico, este último ausente en la ma-

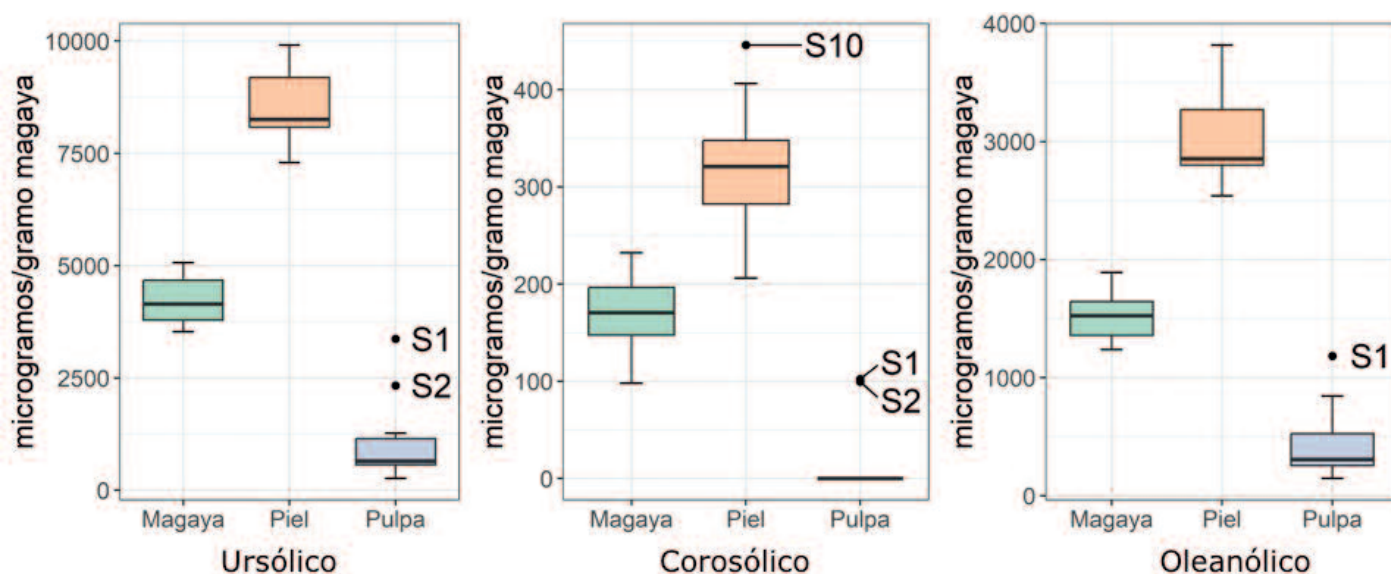
yor parte de las muestras de pulpa (Figura 2). De acuerdo con lo esperado, la concentración de todos los ácidos triterpénicos extraídos fue significativamente superior en pieles ($p < 0,001$). Los niveles de ácidos triterpénicos en pulpas fueron, en promedio, 12 veces inferiores a los hallados en piel. Dos de las muestras, S1 y S2, destacan por las elevadas concentraciones de estos ácidos en la fracción pulpa.

La concentración de ácidos triterpénicos depende de la variedad de manzana. Los niveles encontrados en este conjunto de *magayas* son coherentes, e incluso superiores, con lo observado en manzana fresca (Andre et al., 2012). Estos compuestos quedan totalmente retenidos en las *magayas* debido a su localización en las ceras cuticulares de la piel y a su escasa solubilidad en medios polares, dificultando su transferencia a los mostos durante el prensado.

Conclusiones

La *magaya* es un subproducto de la elaboración de sidra valioso por la presencia de diversos compuestos de gran interés por su actividad bioactiva. La optimización de métodos de extracción eficientes desde el punto de vista ambiental y económico, y su transferencia a la escala industrial, presenta un gran potencial de negocio.

↓
Figura 2.-Representación de diagrama de cajas de las concentraciones de ácidos triterpénicos en *magayas*, piel y pulpa.



La técnica de extracción asistida con ultrasonidos permite recuperar de manera simultánea compuestos de diferentes propiedades de una manera rápida incluso en disolventes con altas proporciones de agua.

Agradecimientos

El soporte económico de este trabajo procede de la Agencia Estatal de Investigación, referencia PID2020-118737RR-C21, financiado por MCIN/ AEI /10.13039/501100011033.

Los autores agradecen la colaboración de los lagares Sidra Cortina, Sidra Castañón, Sidra Gobernador, Sidra Fran, Sidra Buznego, Valle, Ballina y Fernández en la entrega de las muestras de *magaya* correspondientes a la cosecha de 2021.

Bibliografía

- ALONSO-SALCES, R. M., BARRANCO, A., ABAD, B., BERRUETA, L. A., GALLO, B. & VICENTE, F. (2004). Polyphenolic profiles of Basque cider apple cultivars and their technological properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52, 2938-2952.
- ALONSO-SALCES, R. M., HERRERO, C., BARRANCO, A., BERRUETA, L. A., GALLO, B. & VICENTE, F. (2005). Classification of apple fruits according to their maturity state by the pattern recognition analysis of their polyphenolic compositions. *Food Chemistry* 93, 113-123.
- ANDRE, C. M., GREENWOOD, J. M., WALKER, E. G., RASSAM, M., SULLIVAN, M., EVERS, D., PERRY, N. B. & LAING, W. A. (2012). Anti-inflammatory procyanidins and triterpenes in 109 apple varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60, 10546-10554.
- AOAC. Official Methods of Analysis 18th Edition. William Horwitz, George W. Latimer, Editors. Gaithersburg, Maryland: AOAC International, 2005.
- BARREIRA, J. C. M., ALVAREZ ARRAIBI, A. & FERREIRA, I. C.F.R. (2019). Bioactive and functional compounds in apple pomace from juice and cider manufacturing: Potential use in dermal formulations. A review. *Trends in Food Science and Technology* 90, 76-87.
- CORY, H., PASSARELLI, S., SZETO, J., TAMEZ, M. & MATTEI, J. (2018). The Role of Polyphenols in Human Health and Food Systems: A Mini-Review. *Frontiers in Nutrition* 5, Artículo 87.
- DIÑEIRO GARCÍA, Y., SUÁREZ VALLES, B. & PICINELLI LOBO, A. (2009). Phenolic and antioxidant composition of by-products from the cider industry: Apple pomace. *Food Chemistry* 117, 731-738.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ, A., & DE LA ROZA DELGADO, B. (2014). Manejo de forrajes para ensilar. Ediciones SERIDA, Villaviciosa, Asturias.
- PERUSELLO, C.; ZHANG, Z.; MARZOCCHIELA, A. & TIWARI, B. K. (2017). Valorization of apple pomace by extraction of valuable compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16, 776-796.
- PICINELLI LOBO, A.; GARITAS BULLÓN, A. & SUÁREZ VALLES, B. (2021). La *magaya* de la actividad sidrera: fuente de compuestos bioactivos de elevado interés. Ácidos triterpénicos. Tecnología Agroalimentaria. Boletín Informativo del SERIDA, N° 24.
- RENARD, C. M. G. C.; LE QUERE, J.-M.; BAUDUIN, R.; SYMONEAUX, R.; LE BOURVELLEC, C.; BARON, A. (2011). Modulating polyphenolic composition and organoleptic properties of apple juices by manipulating the pressing conditions. *Food Chemistry* 124, 117-125.
- RODRÍGUEZ MADRERA, R. & SUÁREZ VALLES, B. (2018). Characterization of apple seeds and their oils from the cider-making industry. *European Food Research and Technology*, <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3094-4>.
- TASCA CARGNIN, S. & BAGGIO GNOATTO, S. (2017). Ursolic acid from apple pomace and traditional plants: A valuable triterpenoid with functional properties. A review. *Food Chemistry* 220, 477-489.
- WILKOWSKA, A.; MOTYL, I.; ANTCHAK-CHROBOT, A.; WOJTCZAK, M.; NOWAK, A.; CZYŃSKA, A. & MOTYL, W. (2021). Influence of human age on the prebiotic effect of pectin-derived oligosaccharides obtained from apple pomace. *Fermentation* 7, 224.
- www.miteco.gob.es/Calidad y Evaluación ambiental/Economía Circular/Estrategia Española de Economía Circular y Planes de Acción/España Circular 2030. ■