

Enriquecimiento nutricional de la *magaya* con levaduras autóctonas

ROBERTO RODRÍGUEZ MADRERA. Área de Tecnología de los Alimentos.

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

BELÉN SUÁREZ VALLES. Jefa del Área de Tecnología de los Alimentos. mbsuarez@serida.org



una media de 35 millones de kg/año de manzana de sidra y, como consecuencia de esta actividad, se origina una importante cantidad de residuos. Entre ellos destaca, con un volumen que se puede cifrar en unos 9 millones de Kg, la *magaya*: residuo sólido obtenido después del prensado, formado principalmente por pulpa, piel, pepitas y algunos pedúnculos.

Sin embargo, la *magaya*, lejos de ser calificada como un residuo debería ser considerada como un subproducto con alto valor añadido, por ser fuente de compuestos bioactivos con potencial para el diseño de aditivos naturales y alimentos saludables, entre otros. Por ello, diversos autores han sugerido posibles vías de interés para su utilización (May 1990; Hang y Woodams 1995; Berovic y Ostroversnik 1997; Schieber y col., 2003; Joshi y Devrajan, 2008; Kolodziejczyk y col., 2007; Rodríguez Madrera y col., 2015).

La *magaya* está compuesta principalmente por fibra alimentaria (lignina, celulosa, hemicelulosa y pectinas), lo que sin duda hace que esta materia prima pueda ser considerada como saludable. Es conocido que la fibra disminuye el riesgo de diabetes, enfermedades del corazón, obesidad y cáncer (Mann y Cummings, 2009). Igualmente, se ha descrito la presencia en la *magaya* de diferentes familias de compuestos fenólicos como flavonoles, flavanoles, procianidinas, dihidrocalconas y ácidos fenólicos (Schieber y col., 2003) y se han asociado con la actividad antioxidante *in vitro* (Foo y col., 1999), que ayuda a reducir el riesgo de



Fermentación de *magaya* en condiciones controladas.

Introducción

En Asturias desarrollan su actividad cerca de un centenar de *llagares* que se dedican casi de manera exclusiva a elaborar sidra natural. Este sector transforma



insuficiencia coronaria y actúa contra el cáncer (Hertog y col., 1993). Igualmente, cabe señalar que nuestro grupo de investigación pudo establecer importantes correlaciones positivas entre la composición fenólica de la *magaya* y la actividad antioxidante de sus extractos (Diñeiro y col., 2009). Asimismo, dichos extractos mostraron efecto inhibitor del virus del herpes simplex tipo 1 y tipo 2, siendo la quercitrina y la procianidina B2 los compuestos que exhibieron un papel más determinante en dicha inhibición (Suárez y col., 2010; Álvarez y col., 2012). Por el contrario, la *magaya* es un producto con bajo contenido en nutrientes como proteínas, vitaminas, minerales y lípidos.

Como es sabido, la fermentación es una de las aplicaciones biotecnológicas más antiguas que mejoran las características nutricionales y la biodisponibilidad de nutrientes mediante la producción de enzimas (Oboh y col., 2012). En este sentido, nuestro grupo de trabajo puso de manifiesto la buena capacidad de diversas especies de levaduras autóctonas para conducir la fermentación de la *magaya* como estrategia para la producción de aromas de origen natural (Rodríguez Madrera y col, 2015).

El objetivo del presente trabajo es evaluar, desde un punto de vista nutricional y funcional, los cambios producidos en la *magaya* fermentada con distintas especies de levaduras autóctonas.

Materiales y métodos

Diseño experimental

La *magaya* se obtuvo de una prensa industrial de 15.000 kg de capacidad transcurridas 36 h de prensado. Esta *magaya* húmeda (56,4 Kg) se secó (60 °C, 48 h) en una estufa con circulación de aire, obteniendo 13,6 kg de *magaya* seca que se homogenizó y se dispuso en lotes de 250 g. La *magaya* seca se mantuvo al resguardo de la luz y en atmósfera controlada de humedad hasta su utilización.

Cada lote de *magaya* seca se rehidrató con 700 mL de agua desionizada a la que se incorporó el correspondiente in-

óculo. Se utilizaron 11 cepas diferentes de levaduras, 10 de ellas pertenecientes a la Colección de Cultivos Tipo Autóctonos del SERIDA y una levadura vínica comercial (Tabla 1). Todas las fermentaciones se realizaron, por triplicado, en recipientes de polipropileno alimentario de 1 L de capacidad, a 25 °C y en condiciones anaeróbicas, durante 7 días.

Al cabo de este tiempo se tomó una alícuota para realizar los análisis microbiológicos y se determinaron los azúcares residuales y el grado alcohólico. El resto de la *magaya* fermentada se secó (60 °C, 48 h), se molió (tamaño de partícula 0,5 mm) y se conservó al resguardo de la luz y en atmósfera controlada de humedad, hasta el momento de realizar su análisis.

Análisis microbiológicos y químicos

Se realizaron recuentos de levaduras, bacterias lácticas y bacterias acéticas (Cabranes y col., 1996), y se determinó el grado de implantación de las levaduras inoculadas (Querol y col, 1992; Bujdosó y col., 2001).

Los análisis químicos consistieron en la determinación de la proteína total, materia seca y cenizas siguiendo los procedimientos de la AOAC (2005); el contenido en fibra alimentaria (fibra soluble, insoluble y total) mediante combinación de tratamientos enzimáticos, separación por diálisis y gravimetría en condiciones fisiológicas según Goñi y col. (2009); los

↓
Tabla 1.-Cepas de levaduras utilizadas en la fermentación de la *magaya*.

Referencia	Procedencia	Especie
32	Autóctona/SERIDA	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (S.c.)
3'	Autóctona/SERIDA	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (S.c.)
C6	Autóctona/SERIDA	<i>Saccharomyces bayanus</i> (S.b.)
180	Autóctona/SERIDA	<i>Saccharomyces ludwigii</i> (S.l.)
62	Autóctona/SERIDA	<i>Hanseniaspora uvarum</i> (H.u.)
283	Autóctona/SERIDA	<i>Hanseniaspora uvarum</i> (H.u.)
185	Autóctona/SERIDA	<i>Hanseniaspora valbyensis</i> (H.v.)
43	Autóctona/SERIDA	<i>Hanseniaspora valbyensis</i> (H.v.)
388	Autóctona/SERIDA	<i>Pichia guilliermondii</i> (P.g.)
302	Autóctona/SERIDA	<i>Metschnikowia pulcherrima</i> (M.p.)
Levuline	Comercial/Vínica	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (S.c.)



→
Tabla 2.-Recuentos microbiológicos (promedio de las 3 unidades experimentales).

Cepa	Inicio de fermentación (ufc/mL)			Final de fermentación (ufc/mL)		
	Levaduras	B. acéticas	B. lácticas	Levaduras	B. acéticas	B. lácticas
S.c. 32	4 10 ⁹	<10	<10	5 10 ⁷	8 10 ³	1 10 ⁵
S.c. 3'	7 10 ⁸	<10	<10	2 10 ⁷	2 10 ⁴	2 10 ⁵
S.b. C6	5 10 ⁸	<10	<10	3 10 ⁷	<100	2 10 ⁴
S.l. 180	3 10 ⁸	<10	<10	1 10 ⁶	1 10 ⁴	<100
H.u. 62	1 10 ⁸	<10	<10	3 10 ⁷	<100	1 10 ⁵
H.u. 283	2 10 ⁸	<10	<10	5 10 ⁶	<100	1 10 ⁶
H.v. 185	5 10 ⁸	<10	<10	4 10 ⁷	7 10 ³	2 10 ⁴
H.v. 43	2 10 ⁸	<10	<10	1 10 ⁷	2 10 ⁴	2 10 ⁵
P.g. 388	1 10 ⁹	<10	<10	4 10 ⁶	4 10 ³	2 10 ³
M.p. 302	3 10 ⁸	<10	<10	3 10 ⁷	<100	1 10 ⁶
S.c. Levuline	1 10 ⁸	<10	<10	1 10 ⁷	2 10 ⁴	3 10 ⁶

polifenoles totales por el método Folin, y la capacidad antioxidante por el método DPPH en extractos de acetona/agua (Diñeiro y col. 2009); el grado alcohólico y los azúcares en extractos acuosos según Rodríguez Madrera y col (2015).

Análisis estadístico

Las diferencias en los parámetros estudiados, entre cada una de las cepas estudiadas y la *magaya* sin fermentar, se evaluaron mediante una prueba t-Student.

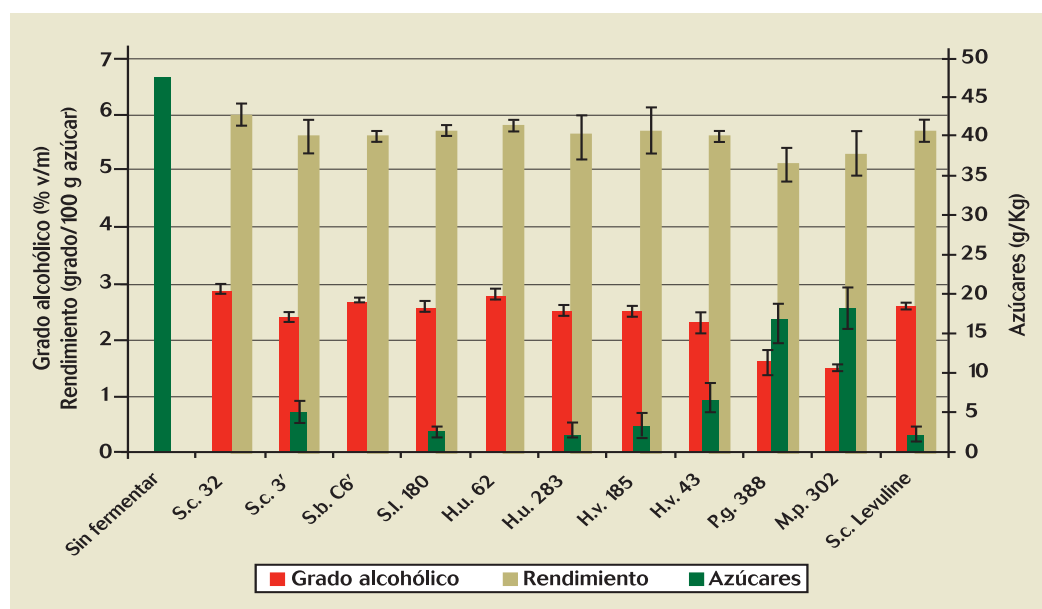
Las diferencias en la composición entre los fermentados se analizaron mediante un análisis de varianza para el factor cepa y separación de medias según el test de Duncan.

Resultados

El grado de imposición de las especies inoculadas fue igual o superior al 90% en todos los casos, con concentraciones de levaduras superiores a 10⁷ ufc/ml (Tabla 2).

Por otro lado, de las 11 cepas ensayadas solamente tres de ellas (S.c. 32, S.c. C6 y H.u. 62) consiguieron consumir completamente los azúcares en los 7 días del ensayo, si bien otras seis cepas consiguieron consumir hasta el 85% del los azúcares fermentables en este periodo (Figura 1); por el contrario las cepas de las especies *M. pulcherrima* y *P. guilliermondii* consumieron únicamente el 62 y

→
Figura 1.-Azúcares, grado alcohólico y rendimiento en alcohol en las inoculaciones de *magaya*.





el 66% de los azúcares al final del periodo estudiado. Del mismo modo, el rendimiento en alcohol de *M.p.* 302 y *P.g.* 388 fue menor, requiriendo más de 19 g azúcar por grado alcohólico generado, frente a los 16,6 g de azúcar consumidos por la cepa *S.c.* 32, que fue la que mejor rendimiento alcohólico presentó (Figura 1).

Por otra parte, hay que resaltar que la fermentación de *magaya* promovió cambios significativos en la composición de todas las variables nutricionales y funcionales estudiadas respecto a la *magaya* sin fermentar (Tabla 3).

Desde un punto de vista nutricional destacó, en todas las fermentaciones, el aumento significativo de la proteína respecto a la *magaya* sin fermentar, y se detectaron igualmente diferencias significativas en función de la cepa. El mayor incremento se observó en la fermentación con *H.v.* 185 (46%) y el menor con las cepas *M.p.* 302 y *P.g.* 388 (23%). Igualmente se detectó un incremento significativo del contenido de grasa en todas las inoculaciones, con un aumento medio del 25% respecto a la *magaya* sin fermentar

En el estudio se observó un aumento significativo del contenido total en fibra alimentaria en todas las *magayas* fermentadas, con incrementos que variaron entre el 30% para *M.p.* 302 y el 40% para

S.l. 180. El incremento medio de la fracción insoluble de la fibra alimentaria fue del 71%, mientras que la fracción soluble disminuyó el 14%.

Por otro lado, no se detectaron diferencias significativas en el contenido de polifenoles totales entre las distintas cepas ensayadas, si bien hay que señalar que en tres de los ensayos, se detectó un descenso significativo respecto a la *magaya* sin fermentar. En cualquier caso, los niveles de compuestos fenólicos detectados fueron muy superiores a los descritos en diferentes frutas y vegetales frescos (Cieslik y col., 2006; Dodevska y col., 2015), algunos de los cuales, como los arándanos, las espinacas o el brócoli, son considerados importantes fuentes de componentes fenólicos. Por su parte, la actividad antioxidante, estrechamente relacionada con el contenido en polifenoles de los alimentos, mostró un descenso significativo respecto a la *magaya* sin fermentar en siete de las 11 cepas inoculadas (Tabla 3), mientras que para las cepas *H.u.* 62, *H.v.* 43, *S.c.* 32 y *M.p.* 302 la actividad antioxidante detectada no mostró diferencias significativas respecto al valor obtenido antes de la fermentación.

En resumen, la fermentación de *magaya* con levaduras autóctonas incrementó el contenido en proteína, lípidos y fibra alimentaria. La elección de la cepa inoculada

↓
Tabla 3.-Composición nutricional y funcional de las *magayas* fermentadas. Promedio de 3 unidades experimentales ± desviación estándar.

Cepa	Proteína (% ms)	Grasa (% ms)	Fibra (% ms)			Polifenoles Totales*	Actividad antioxidante**
			Total	Insoluble	Soluble		
Sin fermentar	3,5	1,8	55,9	35,8	20,1	9,5	6,5
<i>S.c.</i> 32	4,9 ± 0,4 ^b	2,2 ± 0,3 ^a	79,1 ± 0,6 ^d	61,6 ± 0,2 ^c	17,5 ± 0,4 ^{bcd}	8,6 ± 0,7 ^{a+}	6,1 ± 0,7 ^{bc+}
<i>S.c.</i> 3'	5,0 ± 0,1 ^b	2,5 ± 0,1 ^a	78,1 ± 0,9 ^{cd}	61,5 ± 0,5 ^c	16,6 ± 0,4 ^a	8,6 ± 0,3 ^a	5,5 ± 0,1 ^a
<i>S.b.</i> C6	4,7 ± 0,4 ^{ab}	2,2 ± 0,3 ^a	78,9 ± 0,6 ^d	60,5 ± 0,4 ^c	18,3 ± 0,3 ^d	8,7 ± 0,4 ^{a+}	5,6 ± 0,1 ^{ab}
<i>S.l.</i> 180	4,8 ± 0,5 ^{ab}	2,3 ± 0,2 ^a	78,6 ± 1,4 ^d	61,4 ± 1,7 ^c	17,2 ± 0,5 ^{abc}	8,7 ± 0,3 ^{a+}	5,6 ± 0,3 ^{ab}
<i>H.u.</i> 62	4,9 ± 0,3 ^b	2,4 ± 0,3 ^a	74,6 ± 0,4 ^{ab}	57 ± 0,5 ^{ab}	17,5 ± 0,7 ^{bcd}	8,9 ± 0,5 ^{a+}	6,2 ± 0,2 ^{c+}
<i>H.u.</i> 283	4,9 ± 0,0 ^{ab}	2,2 ± 0,2 ^a	79,1 ± 0,9 ^d	61,3 ± 1,2 ^c	17,8 ± 0,4 ^{bcd}	8,8 ± 0,3 ^{a+}	5,9 ± 0,1 ^{abc}
<i>H.v.</i> 185	5,1 ± 0,5 ^b	2,4 ± 0,3 ^a	78,3 ± 0,9 ^{bcd}	60,7 ± 1,0 ^{bc}	17,7 ± 0,1 ^{bc}	8,1 ± 0,5 ^a	5,6 ± 0,3 ^{ab}
<i>H.v.</i> 43	4,5 ± 0,2 ^{ab}	2,1 ± 0,1 ^a	77,9 ± 1,4 ^{cd}	61 ± 1,2 ^c	16,9 ± 0,7 ^{ab}	8,4 ± 0,6 ^a	6,3 ± 0,7 ^{c+}
<i>P.g.</i> 388	4,3 ± 0,2 ^a	2,1 ± 0,1 ^a	73,4 ± 0,3 ^{bc}	55,7 ± 0,5 ^{ab}	17,7 ± 0,8 ^{cd}	8,6 ± 0,6 ^{a+}	5,5 ± 0,2 ^a
<i>M.p.</i> 302	4,3 ± 0,3 ^a	2,1 ± 0,1 ^a	72,5 ± 1,0 ^a	55 ± 0,9 ^a	17,6 ± 0,1 ^{bcd}	8,7 ± 0,3 ^{a+}	6,1 ± 0,3 ^{bc+}
<i>S.c.</i> Levuline	4,9 ± 0,1 ^b	2,3 ± 0,2 ^a	76,9 ± 1,3 ^{bcd}	59,1 ± 1,4 ^{bc}	17,8 ± 0,4 ^{bcd}	8,7 ± 0,2 ^{a+}	5,8 ± 0,0 ^{abc}

ms: materia seca; *g ac. tánico/kg (método Folin); **g ac. ascórbico/kg (método DPPH); +: no hay diferencia significativa con la *magaya* sin fermentar. Letras distintas indican diferencias significativas entre cepas (p<0,05).



para fermentar la *magaya* resulta fundamental para preservar sus actividades funcionales. Por tanto, la fermentación de la *magaya*, en estado sólido, con levaduras autóctonas se puede considerar una vía adecuada para mejorar las características nutricionales y funcionales de este subproducto de la industria agroalimentaria.

Agradecimientos

Información generada por el proyecto RTA-2013-00110-00-00 financiado por el INIA y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Referencias bibliográficas

- ÁLVAREZ, A.; MELÓN, S.; DALTON, K.P.V NICIEZA, I.; ROQUE, A.; SUÁREZ, B.; PARRA, F. 2012 Apple pomace, a by-product from the Asturias cider industry, inhibits herpes simplex virus types 1 and 2 in vitro replication: Study of its mechanisms of action. *J Med Food* 15, 581-587.
- AOAC. Official Methods of Analysis 18th Edition. William Horwitz, George W. Latimer, Editors. Gaithersburg, Maryland: AOAC International, 2005.
- BEROVIC, M.; OSTROVERSNIK, H. 1997. Production of *Aspergillus niger* pectolytic enzymes by solid state bioprocessing of apple pomace. *J Biotechnol* 53, 47-53.
- BUJDOSÓ, G.; EGLI, C.M.; HENICK-KLING, T. 2001. Characterization of *Hanseniaspora (Kloeckera)* strains isolated in finger lakes wineries using physiological and molecular Techniques. *Food. Technol. Biotechnol.* 39, 83-91.
- CABRANES, C.; MANGAS, J. J.; BLANCO, D. 1996. Controlled production of cider by induction of alcoholic fermentation and malolactic conversion. *J. of the Institute of brewing.* 10, 103-109.
- CIESLIK, E.; GREDA, A.; ADAMUS, V. 2006. Contents of polyphenols in fruit and vegetables. *Food Chemistry*, 94, 135-142.
- 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.
- DODEVSKA, M.; SOBAJIC, S.; DJORDJEVIC, B. 2015. Fiber and polyphenols of selected fruits, nuts and green leafy vegetables used in Serbian diet. *J. Serb. Chem. Soc.*, 80, 21-33.
- FOO LY; LU Y. 1999. Isolation and identification of procyanidins in apple pomace. *Food Chemistry* 64, 511-518.
- GOÑI, I.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. 2009. Towards an update methodology for measurement of dietary fiber, including associated polyphenols, in food and beverages. *Food Research International* 42, 840-46.
- HANG, Y. D.; WOODAMS, E. E. 1995. ,–Frucofuranosidase production by *Aspergillus niger* species from apple pomace. *Lebensm-Wiss U Technol* 28, 340-342.
- JOSHI, V. K.; DEVRAJAN, A. 2008. Ethanol recovery from solid state fermented apple pomace and evaluation of physico-chemical characteristics of the residue. *Natural Product Radiance*, 7, 127-132.
- KOŁODZIEJCZYK, K.; MARKOWSKI, J.; KOSMALA, M.; KRÓL, B.; PŁOCHARSKI, W. 2007. Apple pomace as a potential resource of nutraceutical products. *Pol. J. Food Nutr. Sci*, 57, 291-295.
- MANN, J.I.; CUMMINGS, J. H. 2009. Possible implications for health of the different definitions of dietary fibre. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 19, 226-29.
- MAY, C. D. 1990. Industrial pectins: Sources production and applications. *Carbohydrate Polymers* 12, 79-99.
- OBOH, G.; ADEMOSUN, A. O; LAJIDE, L. 2012. Improvement of the nutritive value and antioxidant properties of citrus peels trough *Saccharomyces cerevisiae* solid substrate fermentation for utilization in livestock feed. *Livestock Research for Rural Development* 24.
- QUEROL, A.; BARRIO, E.; RAMÓN, D. 1992. A comparative study of different methods of yeast strain characterization. *Syst. Appl. Microbiol.* 15, 439-446.
- RODRÍGUEZ MADRERA, R.; PANDO BADRIÑANA, R.; SUÁREZ VALLES, B. 2015. Production and characterization of aroma compounds from apple pomace by solid-state fermentation with selected yeast. *LWT*, 64, 1342-1353.
- SCHIEBER, A.; HILT, P.; STREKER, P.; ENDREB, H.U.; RENTSCHLER, C.; CARLE, R. 2003. A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 4, 99-107.
- SUÁREZ, B.; ÁLVAREZ, A.; DIÑEIRO GARCÍA, Y.; DEL BARRIO, G.; PICINELLI LOBO, A.; PARRA, F. 2010. Phenolic profiles, antioxidant activity and in vitro antiviral properties of apple pomace. *Food Chem* 75,339-342. ■