

Detalle del proceso de extracción de pigmentos en una muestra de 100 granos de cada uno de las cinco clases de colores identificadas en el compuesto EPS4

CEREALES

COMPUESTOS ANTIOXIDANTES EN EL MAÍZ

PEDRO REVILLA, VÍCTOR MANUEL RODRÍGUEZ, PILAR SOENGAS, AMANDO ORDÁS

Misión Biológica de Galicia (CSIC)
pervilla@mbg.csic.es

J.I. RUIZ DE GALARRETA NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario
ARSENIO LANDA Promotora Orxeira S.A.

El maíz tiene una **amplia variabilidad de colores de grano** debido a su composición diferencial en pigmentos, fundamentalmente carotenoides y antocianinas, que tienen un poder antioxidante potencialmente beneficioso para la salud. Es posible mejorar la capacidad antioxidante mediante la selección por intensidad de color, pudiéndose así aumentar el valor añadido del cultivo del maíz.

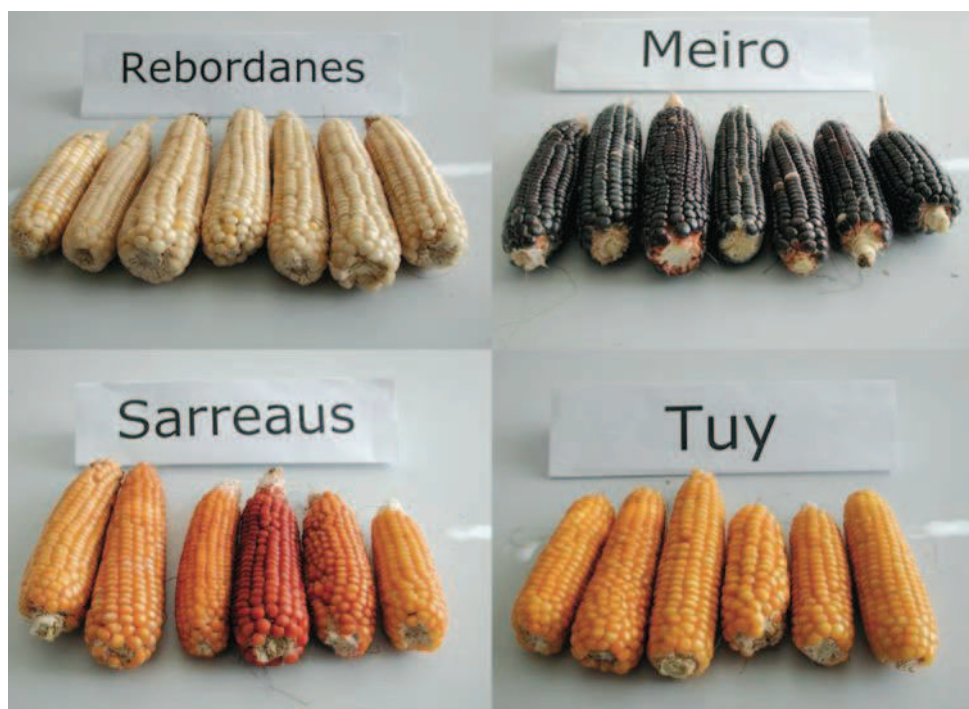
España es muy deficitaria en producción de maíz grano por lo que tiene que recurrir a cuantiosas importaciones. De hecho, el consumo de maíz en España duplica la producción nacional. Esta situación de debe, en parte, a que los precios de la producción de maíz para piensos en España no es competitiva en el contexto internacional. El presente proyecto pretende revalorizar el cultivo del maíz para consumo humano resaltando su valor añadido como alimento funcional. Para ello, mejoramos el contenido en compuestos antioxidantes con potenciales efectos beneficiosos para la salud.

El maíz se utiliza fundamentalmente para alimentación animal y secundariamente para alimentación humana. Su interés como alimento reside principalmente en su alto contenido energético. Sin embargo, también tiene un valor potencial como alimento saludable que puede conferirle un valor añadido, especialmente si se cultiva en condiciones de agricultura ecológica. Esta faceta puede ser interesante tanto para piensos como para alimento humano.

El maíz se usa habitualmente para alimentación humana en numerosos países de América y África. El interés por variedades de maíz aptas para la obtención de harina ha aumentado en el norte de España. Una de las razones es que con la harina se elaboran productos tradicionales como el pan de maíz en

Galicia (también llamado boroa o broa) o el talo en el País Vasco. Las propiedades físicas del maíz y su composición nutricional determinan la calidad de la harina. De especial importancia, ya que se trata de maíz para consumo humano, es el perfil nutricional de la harina que se determina con los análisis de humedad, cenizas, grasa, proteína e hidratos de carbono. Éstos últimos representan, en general, el 50% respecto al resto de componentes siendo el mayoritario el almidón. Su contenido proteico, en general, es bajo y de moderada calidad. La proteína de maíz se localiza fundamentalmente en el endospermo y está constituida principalmente por zeína que es deficiente en los aminoácidos esenciales lisina y triptófano. Otros compuestos de interés son los carotenoides y las antocianinas. La presencia de carotenoides en maíz ha sido extensamente estudiada debido a la importancia que tienen como antioxidantes que ayudan a prevenir enfermedades degenerativas. Las antocianinas también son pigmentos con efectos antioxidantes y su presencia varía con la variedad de maíz y con las condiciones de cultivo. La presencia de carotenoides y antocianinas supone una fuente de compuestos antioxidantes que resulta de interés nutricional. En este trabajo se resume el programa de selección de variedades de maíz para panificación y se analiza la composición en pig-

Figura 1.
Cuatro de las variedades tradicionales con diversos colores de grano



evaluaron con un diseño de bloques al azar con tres repeticiones en cuatro localidades, dos de ellas en Galicia y dos en Álava, de las cuales una se hace en agricultura ecológica y otra en agricultura convencional. Los ensayos se repitieron durante tres años. Los ensayos de evaluación se iniciaron en 2010 para analizar los resultados de los programas de mejora de la producción de harina en las variedades: Rebordanes (ciclos 0, 1 y 2), Sarreaus (ciclos 0, 1 y 2), Meiro (ciclos 0, 1 y 2) y Donostia (ciclos 0 y 1), así como la mejora del rendimiento en Tuy (ciclos 0, 1, 2 y 3) junto con cuatro variedades que también son prometedoras para producir pan de maíz o talo y dos híbridos dentados. El ensayo constó, por tanto, de 21 entradas en las que se determinó su valor agronómico y de calidad. En la **Figura 1** se muestran las cuatro variedades mejoradas.

Se molió grano de cada parcela y se tomó una muestra de 100 mg para la determinación del contenido en antocianinas y carotenoides mediante un método espectrofotométrico. Por otra parte, se analizó el poder antioxidante tanto de los carotenoides y las antocianinas como de los extractos acuosos y lipofílicos que contenían una mezcla de sustancias indeterminadas. Además de los ensayos de las variedades mejoradas, estudiamos la composición en carotenoides y antocianinas y su variabilidad en el grano de maíz de diversos colores, así como su relación con la capacidad antioxidante, con el fin de dar un valor añadido a los productos de maíz y fomentar la recuperación de su consumo. Para estudiar la relación entre los pigmentos en un mismo entorno genético, se eligió el compuesto EPS4 obtenido a partir de la recombinación de cuatro variedades tradicionales del noroeste de España con diversidad de colores de grano. A partir de este compuesto, se eligieron cinco muestras de 100 granos de diversas clases de colores que se han denominado "Vino tinto", "Negro", "Vinoso", "Amarillo" y "Blanco", si bien en estas dos últimas clases el color no es tan intenso como en las variedades que tienen sólo color amarillo o blanco. Con el fin de comprobar si la selección por intensidad de color era

mentos de grano de maíz de diferentes colores, su potencial antioxidante y los resultados de la selección por color de grano en el contenido en pigmentos y en su poder antioxidante.

ENSAYOS DE MEJORA

El programa de mejora de maíz para harinas se inició con la evaluación de una colección de variedades tradicionales de maíz en condiciones de agricultura ecológica. El objetivo del programa era obtener variedades con un mayor rendimiento harinero mediante selección recurrente por familias autofecundadas. Para ello se hicieron varios ensayos de campo de grupos de variedades tradicionales en condiciones ecológicas. En estos ensayos se determinaron parámetros agronómicos y de calidad. Como resultado de estas evaluaciones, se eligieron las variedades tradicionales Sarreaus (de grano amarillo) y Rebordanes (de grano blanco) para iniciar un programa de selección. Además se han llevado a cabo programas similares de mejora con otras variedades de maíz tradicionales gallegas: la variedad Tuy, de grano amarillo (muy apreciada por un panel de

degustadores de pan) y una variedad de maíz negro denominada Meiro que tradicionalmente se utiliza para la fabricación de pan de maíz. En Vitoria se ha mejorado la variedad Donostia, de uso habitual para talo.

Cada una de estas variedades se sometió a selección recurrente por familias autofecundadas. Cada ciclo consistió en autofecundar manualmente más de 100 plantas de cada variedad, evaluar 100 familias autofecundadas de cada variedad y recombinar las 20 mejores familias, según los ensayos del año anterior. Se multiplicaron todos los ciclos de todas las variedades para su evaluación en condiciones de agricultura ecológica y convencional.

Estas variedades mejoradas se

El maíz se utiliza fundamentalmente para alimentación animal y secundariamente para alimentación humana, residiendo su principal interés en su alto contenido energético

Tabla 1. Antocianinas y carotenoides ($\mu\text{mol/g}$ peso fresco) de ocho variedades tradicionales de maíz y dos híbridos cultivados en condiciones de agricultura convencional y ecológica en dos localidades de Galicia y Alava en 2010

Color de grano	Tratamiento	Antocianinas	Carotenoides
TIPO DE AGRICULTURA			
Todos	Ecológico	142,9a	2,22a
Todos	Convencional	144,5a	1,71a
MEDIA POR COLOR DE GRANO			
Negro		585,0a	1,64ab
Amarillo		35,2b	2,35a
Blanco		15,6b	0,75b
VARIETADES E HÍBRIDOS (H)			
Negro	Carballeira		0,73d
Negro	Meiro		1,92bcd
Amarillo	NKThermo (H)		1,68cd
Amarillo	Sarreaus		1,58cd
Amarillo	Oroso		1,29cd
Amarillo	PR36B08 (H)		4,07a
Amarillo	Martikoenea		3,76ab
Amarillo	Txalín		3,29abc
Amarillo	Tuy		2,17abcd
Amarillo	Donostia		2,91abc
Blanco	Rebordanes		0,75d

Las medias seguidas por la misma letra, dentro de la misma columna y nivel de comparación, no difieren significativamente

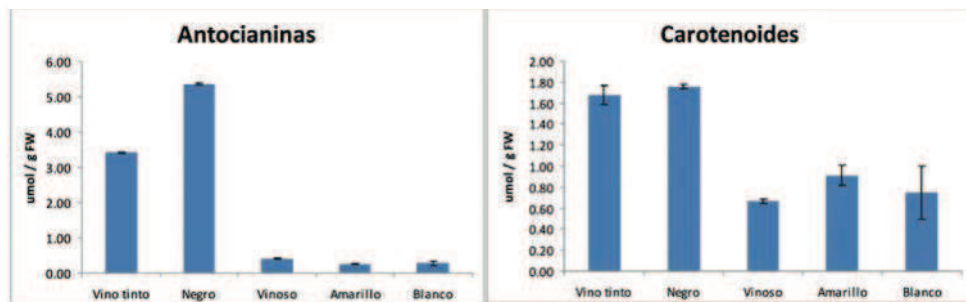


eficaz, se ha llevado a cabo un programa de selección recurrente con familias de hermanos completos que partía de 600 plantas de EPS4

en las que se cruzaban aleatoriamente pares de plantas independientes. Tras la cosecha, se eligieron el 10% de las mazorcas (60) te-

niendo como criterio de selección la intensidad del color. Así se obtuvieron tres ciclos de selección que se están evaluando actualmente. En este compuesto, además del contenido en carotenoides y antocianinas, se evalúa su capacidad antioxidante.

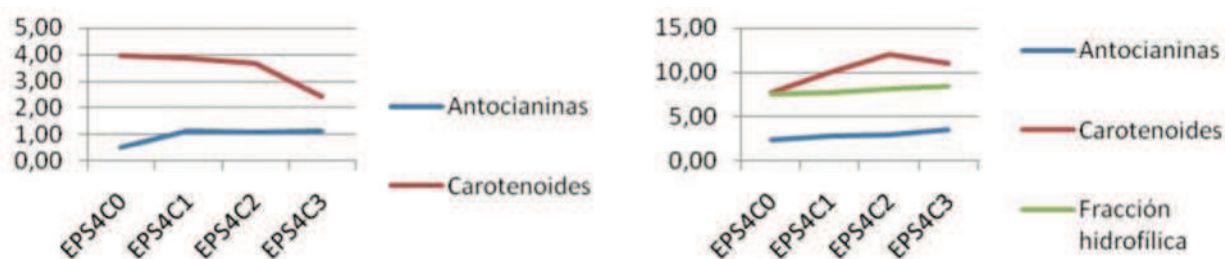
Figura 2. Contenido de antocianinas y carotenoides de granos de los colores Vino tinto, Negro, Vinoso, Amarillo y Blanco en el compuesto de maíz EPS4



RESULTADOS

El cultivo en condiciones ecológicas y convencionales no difirió significativamente en cantidad de antocianinas y carotenoides (Tabla 1). La comparación del contenido en antocianinas y carotenoides entre los diversos tipos de grano muestra los resultados esperados, es decir, las variedades de grano negro tienen mayor contenido en antocianinas y las amarillas mayor en carotenoides y la variedad blanca no difirió por su

Figura 3. Efectos de la selección por intensidad de color de grano en la composición (izquierda) en antocianinas ($\mu\text{mol/g FW}$) y en carotenoides ($\mu\text{mol/mg FW}$) y en la actividad antioxidante (derecha, $\mu\text{m Trolox/g DW}$) a lo largo de tres ciclos de selección en el compuesto de maíz EPS4





Cultivo de maíz en la finca de la Misión Biológica de Galicia (CSIC) en Salcedo (Pontevedra) en condiciones convencionales

contenido de antocianinas respecto de las variedades amarillas. Por otra parte, el contenido en carotenoides es muy variable, siendo máximo para uno de los híbridos comerciales que no difirió de cuatro variedades tradicionales.

En los cinco colores definidos dentro del compuesto EPS4, se encontraron claras diferencias en el contenido en antocianinas y carotenoides. El contenido en antocianinas es mayor para los granos de color Negro, segui-

do del color Vino tinto, mientras el contenido en carotenoides es máximo en granos color negro y vino tinto, que no difirieron entre sí (**Figura 2**).

Se encontró una relación directa entre el color del grano y la capacidad antioxidante de la fracción hidrofílica, mientras que la fracción lipofílica no tuvo relación con el color y su capacidad antioxidante fue mucho menor que la de la hidrofílica. Se desconoce la composición de esas fracciones, pero estos resultados sugieren que la fracción hidrofílica está relacionada con la composición en pigmentos.

La selección visual por intensidad del color aumentó la cantidad de antocianina en el primer ciclo, mientras que no fue eficaz en los siguientes ciclos (**Figura 3**). Para-

lamente, hubo un aumento de la capacidad antioxidante del extracto de antocianinas y de la fracción hidrofílica con la selección por color. Por otra parte, para el contenido en carotenoides no hay una respuesta significativa a la selección, e incluso se observa una tendencia decreciente, probablemente debido a que la selección se hizo por color oscuro, que viene determinado fundamentalmente por el contenido en antocianinas. No obstante, podemos asumir que una selección por color naranja tendrá un efecto directo en el contenido en carotenoides. ■

Bibliografía

- Landa A, Revilla P, Butrón A, Sandoya GV, Romay C, Malvar RA. 2007. Variedades de maíz en agricultura ecológica. En pp. 101-106 X Neira, A Cervera, X Simón (eds.) Agroecología e agricultura ecológica en Galiza, ISBN 978-84-690-4156-7, SEAE, Lugo.
- Landa A, Revilla P, Malvar RA. 2011. O millo tradicional

e os produtos derivados. Procesado elaboración e conservación. En pp. 695-707 X. Simón, D. Copena (eds.) Soberanía alimentaria e agricultura ecológica. Propostas de acción. ISBN: 978-84-614-3560-9. Grupo de Investigación en Economía Ecológica e Agroecología. Universidade de Vigo, Vigo.

Landa A, Revilla P, Malvar RA, Romay MC, Ordás B, Barros J, Ordás A. 2009. Procesado e conservación de gran e produtos derivados de millos ecolóxicos En pp. 393-401 X Simón, D Copena (eds.) Construíndo un rural agroecolóxico, ISBN 978-84-8158-426-4, Servicio de Publicacións da Universidade de Vigo, Vigo.

Revilla P, A Landa, VM Rodríguez, MC Romay, A Ordás, RA Malvar. 2008. Maize for bread under organic agriculture. SJAR 6: 241-247.

Revilla P, A Landa, A Rodríguez, A Ordás, RA Malvar. 2012. Influence of growing and storage conditions on bakery quality of traditional maize varieties under organic agriculture. Crop Science 52:593-600.

Revilla P, A Landa, MC Romay, B Ordás, RA Malvar, A Ordás. 2008. Maíz ecológico. Tierras 145:72-78.

Revilla P, Ordás A. 2010. Recuperación de variedades tradicionais para agricultura ecológica. En pp. 71-83 X. Simón, D. Copena (eds.) Soberanía alimentaria e agricultura ecológica. Propostas de acción. ISBN: 978-84-614-3560-9. Grupo de Investigación en Economía Ecológica e Agroecología. Universidade de Vigo, Vigo.

CONCLUSIONES

El contenido en pigmentos en grano de maíz es muy variable y está relacionado con su capacidad antioxidante, que tiene efectos potencialmente beneficiosos para la salud de animales y personas. El cultivo en condiciones ecológicas no afecta significativamente a estos parámetros. El aumento del color del grano por selección tiene un efecto directo en el contenido en pigmentos e indirecto en el poder antioxidante. Estos resultados muestran que se puede aumentar el valor añadido del maíz como alimento funcional mediante selección por color.

25ª Feria de Ocasión

de la **Maquinaria Agrícola e Industrial, Automóviles, Autocaravanas, Caravanas, Camiones y Furgonetas**

+Info
973 600 799
www.fira.com

AUTOTRAC

mollerussa (lleida)

12, 13 y 14 abril 2013

Con la colaboración de:

Generalitat de Catalunya Diputació de Lleida Ajuntament de Mollerussa Consell Comarcal del Pla d'Urgell

firadeMollerussa
on la fira!