



Original / Otros

Composición mineral de los distintos tipos de gofio canario; factores que afectan a la presencia de Na, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Cu y Zn

J. M. Caballero¹, R. L. Tejera¹, A. Caballero A², C. Rubio¹, D. González-Weller¹, A. J. Gutiérrez¹ y A. Hardisson¹

¹Área de Toxicología. Universidad de La Laguna. La Laguna, Tenerife. España.

Resumen

En este trabajo se ha estudiado la composición mineral de Na, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Cu y Zn en 181 muestras de diversos tipos de gofio elaborados con diferentes cereales. Las muestras se analizaron mediante espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). Considerando un consumo medio diario de 30 g de gofio en adultos y de 15 g de gofio en niños, se estimaron las ingestas diarias de cada metal y sus contribuciones porcentuales a las IDR establecidas para la población española. El elemento que presentó la mayor concentración de todos los estudiados fue el K en muestras de gofio de cereales, con una concentración media de 2189 ± 766 mg/kg. El de menor concentración fue el Cu en muestras de gofio de maíz, con $2,05 \pm 0,36$ mg/kg. Con respecto a la ingesta, cabe destacar que el gofio contribuye de manera significativa a la ingesta de cobre (53,77% - 71,45% de la IDR), en función del grupo de población que se trate y del tipo de gofio.

(Nutr Hosp. 2014;29:687-694)

DOI:10.3305/nh.2014.29.3.7099

Palabras clave: Gofio. Minerales. Espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente. Ingesta.

Abreviaciones

ICCA: Instituto Canario de Calidad Agroalimentaria
HNO₃: Ácido nítrico.

ICP: Espectrometría de plasma acoplado inductivamente.

IDR: Ingestas Dietéticas de Referencia.

FESNAD: Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética.

ENCA: Encuesta de nutrición de Canarias.

Correspondencia: Carmen Rubio Armendáriz.
Facultad de Medicina de la Universidad de La Laguna.
Área de Toxicología.
Universidad de La Laguna.
38071 La Laguna. Santa Cruz de Tenerife.
E-mail: crubiotox@gmail.com

Recibido: 30-VI-2013.
1.ª Revisión: 5-XI-2013.
Aceptado: 5-XI-2013.

MINERAL COMPOSITION OF DIFFERENT TYPES OF CANARIAN GOFIO; FACTORS AFFECTING THE PRESENCE OF NA, K, MG, CA, MN, FE, CN AND ZN

Abstract

The contents of Na, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Cu and Zn were analyzed and evaluated in 181 samples of various types of gofio produced from different roasted cereal grains. Samples were analyzed by ICP-OES. Based on a daily gofio intake of 30 g/day for adults and 15 g/day for children, the daily intake of each metal, and its percentage contribution to the RDAs established for the Spanish population, were estimated. The metal with the highest concentration was K (2189 ± 766 mg/kg). The lowest concentration was observed for Cu in corn gofio samples (2.05 ± 0.36 mg/kg). With respect to daily intake, it is noteworthy that gofio contributes significantly to the recommended allowance of copper (53.77% - 71.45% of the RDI), depending on the population group considered and on the type of gofio.

(Nutr Hosp. 2014;29:687-694)

DOI:10.3305/nh.2014.29.3.7099

Keywords: Gofio. Minerals. Inductively coupled plasma optical emission spectrometry. Intake.

Introducción

El gofio es un producto alimenticio tradicional de las Islas Canarias que ha sido la base de la alimentación de las clases populares durante cientos de años, hecho constatado por innumerables referencias históricas^{1,2}.

Este alimento, de aspecto harinoso, se elabora principalmente con granos enteros de trigo y/o maíz, aunque también se utilizan otros cereales o legumbres para su elaboración como la cebada, el centeno, la avena, el garbanzo, los altramuces o las habas. Presenta un alto valor nutricional ya que mantiene todos los nutrientes propios del cereal, destacando altos contenidos en minerales³ que, generalmente, se concentran en la capa de la aleurona del cereal⁴.

Según un estudio de mercado realizado por el ICCA (Instituto Canario de Calidad Agroalimentaria) en 2009, hay que destacar la elevada presencia del gofio en los hogares canarios, hasta en un 83% de los mismos

está presente este producto. Además, se observa que a más edad del consumidor y al ser Canarias como su lugar de nacimiento, mayor probabilidad de que se consuma gofio en ese hogar. Por otro lado, el gofio está más presente en los hogares canarios que el café soluble, los cereales de desayuno o el cacao en polvo.

Actualmente, se consumen diversos tipos de gofio elaborados con distintas mezclas de cereales y/o legumbres. Sin embargo, los gofios con mayor consumo son los de trigo, maíz o mezcla de ambos cereales. El consumo típico suele ser con la leche en el desayuno, espolvoreado sobre potajes, cazuelas y caldos de pescado, o como acompañamiento a modo de pan con distintas comidas.

Algunos minerales son necesarios para el desarrollo de la vida, como el Na, K, Ca y Mg, denominados macroelementos, ya que se requieren cantidades diarias en gramos. Y otros minerales imprescindibles son los denominados microelementos esenciales como el Fe, el Zn, el Mn y el Cu, que cumplen una función fisiológica en el organismo y son necesarios en menores cantidades, entre miligramos o microgramos.

Los niveles de macroelementos y microelementos esenciales presentes en este alimento se deben exclusivamente a las cantidades presentes en los cereales de partida, excepto para el sodio, que puede depender de la adición o no de sal marina en el proceso de elaboración; y para los elementos traza, que pueden obtenerse contenidos mayores si se utiliza maquinaria metálica susceptible de ceder metales al alimento⁵.

Las concentraciones de los elementos metálicos en el gofio pueden variar fundamentalmente por las características de las zonas de producción, es decir, del suelo existente como sustrato de los granos utilizados en la elaboración de este producto, así como por los procesos (tueste y molturación) a los que se someten los cereales. Los granos, generalmente, son importados, puesto que los cereales de producción local son cada vez más escasos; y suelen ser de origen argentino, francés o norteamericano.

Material y métodos

Muestras

El muestreo se realizó entre los meses de enero y junio de 2010 mediante la visita a las 51 industrias productoras de gofio de toda Canarias (28 en la isla de Tenerife, 14 en Gran Canaria, 5 en La Palma, 3 en La Gomera y 1 en Lanzarote) y se recogieron 181 muestras entre gofio envasado o a granel en envases plásticos de cierre adecuado. Las muestras se dividieron en 66 muestras de gofio de maíz, 50 de gofio de trigo, 15 de gofio de maíz canario, 23 de gofio de trigo maíz y 27 de gofio de cereales, con el fin de determinar posibles diferencias significativas en función de los niveles de elementos metálicos y otros parámetros como los cereales empleados, la isla de fabricación, la adición o no de

sal y si se realiza tamización después de la elaboración del gofio.

Tratamiento de las muestras

En cápsulas de porcelana se pesaron 10 g de muestra utilizando material de plástico desechable para evitar una posible contaminación de metales. Debido a que se trata de un alimento con muy baja humedad, la muestra no se sometió a una desecación previa por lo que se incineró directamente en horno mufla a $450^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$, alcanzándose esta temperatura gradualmente aumentando no más de 50°C en intervalos de 30 min durante 24 h. Posteriormente, las cenizas resultantes se sometieron a una digestión ácida con HNO_3 al 10% para ayudar a oxidar la materia orgánica que pudiera quedar, eliminando los restos de ácido por evaporación sobre un baño de arena. A continuación, se introdujo de nuevo en el horno mufla siguiendo el procedimiento anterior otras 24 h, hasta obtener cenizas blancas. Una vez obtenidas las cenizas se disolvieron en HNO_3 al 5% hasta un volumen de 50 ml.

Procedimiento analítico

Los macroelementos (Na, K, Ca y Mg) y microelementos esenciales (Cu, Fe, Zn y Mn) se determinaron por espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), usando el modelo Thermo Jarrel Ash AtomScan 25^o. En el caso de los macroelementos, debido a la alta concentración de estos metales, se realizó una dilución 1/50, tomando 1 ml de la muestra ya preparada y diluyéndola en 50 ml de HNO_3 al 5%. Se realizaron dos lecturas de cada muestra y las concentraciones se calcularon mediante extrapolación sobre rectas de calibrado construidas a partir de soluciones patrón de concentraciones conocidas. Los límites de detección fueron 0,01 mg/l para el Na, Ca, Mg, Cu y Mn; 0,1mg/l para el K y 0,002 mg/l para el Fe y Zn.

Análisis estadístico

Se usó el programa de análisis de datos SPSS Inc., versión 18.0. En primer lugar, se realizó un estudio descriptivo de la totalidad del conjunto de datos y posteriormente, teniendo en cuenta que los gofios han sido elaborados con diferentes ingredientes, se realizó el estudio estadístico descriptivo para cada uno de los grupos establecidos en función del cereal empleado. Con el fin de determinar las diferencias significativas en el contenido mineral de los distintos gofios y para poder considerar otras variables se estudió la normalidad mediante las pruebas de *Kolmogorov-Smirnov* y *Shapiro-Wilk*⁷ con el objetivo de poder comparar los distintos grupos de muestras, en función de seguir o no

una distribución normal, y sobre homogeneidad de las varianzas con la aplicación del estadístico de *Levene*⁸. Una vez realizadas estas pruebas, se observó que existía gran cantidad de grupos de gofio que no cumplían las condiciones de aplicación de las pruebas paramétricas por lo que se recurrió a la prueba de *Kruskal-Wallis* para verificar las diferencias significativas y la prueba de *U de Mann-Whitney* para verificar las diferencias significativas entre los grupos⁹. También se utilizó el modelo de distribución de probabilidad de *t de Student* para comparar aquellos grupos de gofios en los que la distribución de los datos seguía un comportamiento normal, aplicándose cuando el tamaño de la muestra es grande, a partir de 30 casos¹⁰.

Resultados y discusión

Niveles de macroelementos: Na, K, Ca y Mg

En la tabla I, se presentan las concentraciones de sodio, potasio, calcio y magnesio para los gofios de maíz, trigo, maíz canario, trigo-maíz y cereales. El K es el macroelemento más abundante seguido del Na, Mg y Ca. La mayor concentración de K se detecta en el gofio de cereales, con una media de 2.189 ± 766 mg/kg con un intervalo de concentraciones que oscila entre 1.300 y 2.300 mg/kg. Asimismo, existen diferencias significativas entre los distintos tipos de gofio estudiados. En el caso del Na, el cereal utilizado para la elaboración del gofio no parece influir en la concentración de este macroelemento, destacando la amplia variabilidad de los datos. El mayor valor de Na se encuentra en el gofio de trigo-maíz (1257 ± 725 mg/kg) y el menor en el gofio elaborado solamente con maíz (529 ± 707 mg/kg). Por otro lado, se han relacionado los niveles de Na con la isla de producción del gofio sin diferenciar los ingredientes utilizados y se observa que, mientras las muestras producidas en Gran Canaria son las que menos Na presentan, los gofios tinerfeños son los que mayor contenido de este metal poseen.

Con respecto al calcio, este mineral se encuentra bien representado en el gofio pues su concentración suele ser alta en los cereales de partida. El trigo es el que presenta mayores niveles de este Ca ($259 \pm 66,5$ mg/kg) seguido por el gofio de cereales, trigo-maíz, maíz canario y maíz. Los resultados estadísticos muestran diferencias significativas entre ellos exceptuando

el “gofio de maíz” con el de “maíz de origen canario” y entre los gofios de cereales y de trigo.

El gofio elaborado con maíz canario es el que presenta mayor concentración de Mg ($581 \pm 47,9$ mg/kg) a diferencia del gofio de trigo, llegando a ser el menor nivel encontrado de este mineral ($495 \pm 63,6$ mg/kg). Por otro lado, se puede afirmar que los grupos de los distintos gofios presentan diferencias en sus niveles de Mg excepto para los gofios de trigo y trigo-maíz y entre los gofios de trigo-maíz con los de cereales.

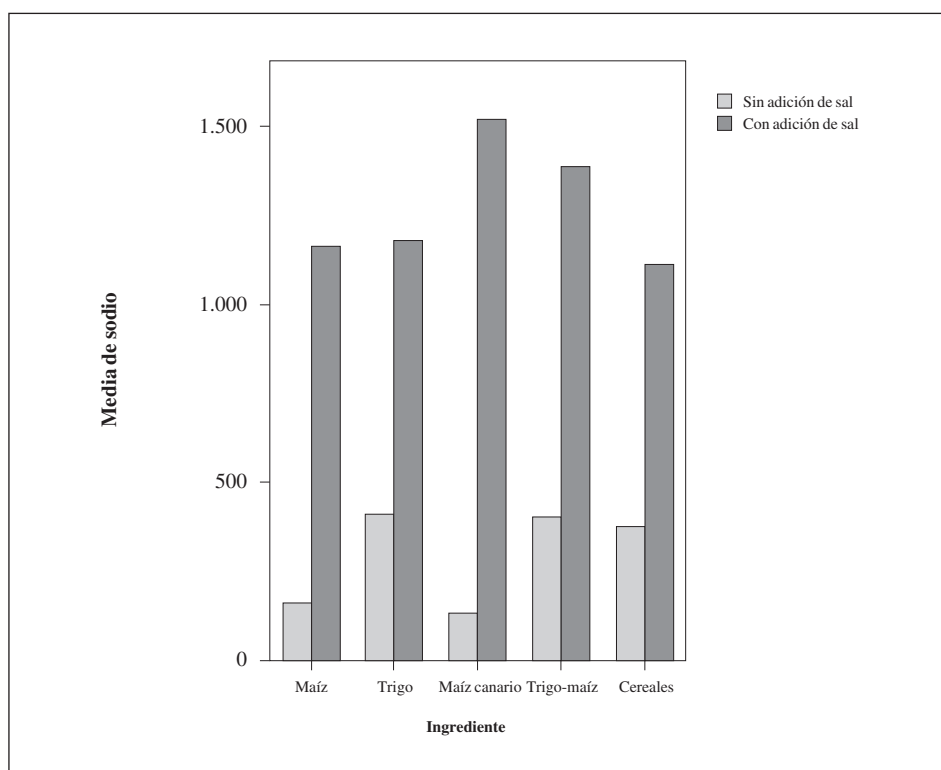
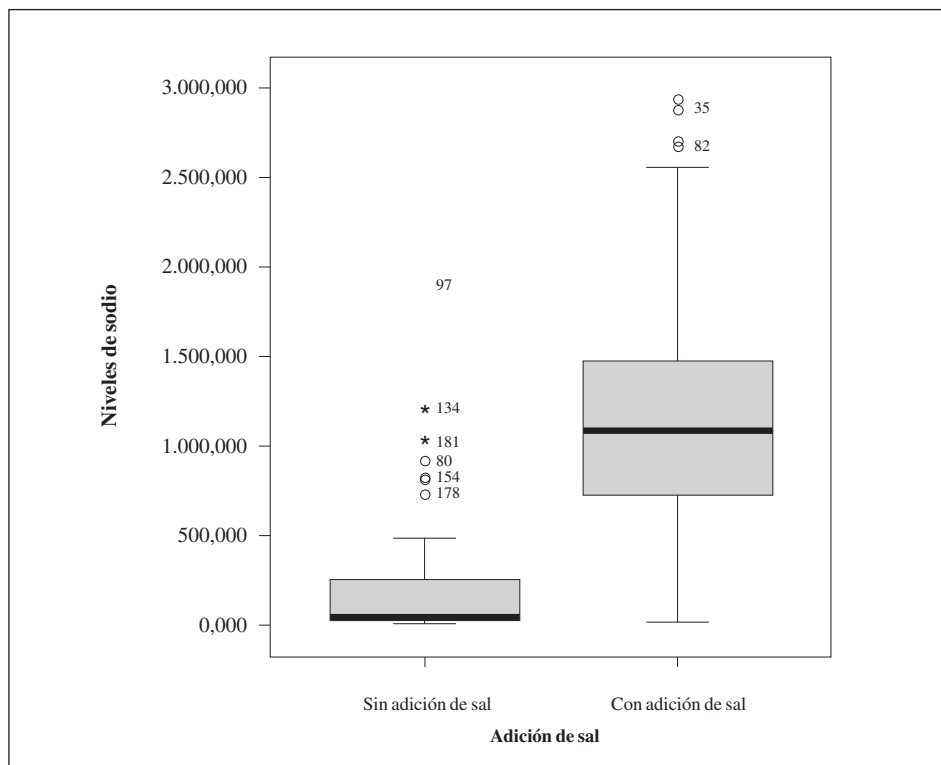
Niveles de macroelementos en función de la adición o no de sal

Para el estudio del Na se tuvo en cuenta el hecho de la adición o no de sal marina añadida en el proceso de elaboración del gofio, ya que generalmente, depende del maestro molinero y de la demanda del consumidor. En la figura 1 se representan los niveles de este elemento en la totalidad de los gofios estudiados y en función de la adición o no de sal. Para ello, se estudiaron 119 muestras de gofio con sal y 62 muestras de gofio sin sal, y es evidente que la diferencia a simple vista es significativa. La isla de producción también es importante, pues de ello depende la adición de sal marina. Es destacable observar que las islas de Tenerife y La Palma, es donde existe mayor tradición de adicionar sal al gofio. Por el contrario, en la isla de Gran Canaria, únicamente le adiciona sal al gofio en algunas empresas y de forma exclusiva al gofio de trigo⁵. En la isla de Tenerife la mayoría de las muestras de gofio comercializadas como “sin sal” poseen valores altos de este elemento mineral. Esto puede deberse a que se producen contaminaciones de sodio en el interior de los molinos o a que se almacena este gofio “sin sal” en depósitos con restos de sal (por ejemplo, depósitos usados previamente para gofio con sal). Por lo tanto, las concentraciones de sodio en el gofio dependerán la adición de NaCl (fig. 2). Las industrias de gofio instaladas en las islas de Gran Canaria y Lanzarote son las que producen las muestras con menores concentraciones de sodio. Además, las industrias que más sal le añaden al gofio, son todas pertenecientes a la isla de Tenerife.

En la tabla II se exponen los efectos de la adición de sal en las concentraciones de potasio, calcio y magnesio teniendo en cuenta la totalidad de los gofios estudiados. Los niveles de potasio parecen ser mayores en aquellos gofios a los que se les ha adicionado sal, excepto para el

Tabla I
Concentraciones de Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn y Mn en función del tipo de gofio (mg/kg)

| | Na | K | Ca | Mg | Cu | Fe | Zn | Mn |
|--------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Maíz | 529 ± 707 | 1804 ± 520 | 90,3 ± 44,3 | 541 ± 49,4 | 2,05 ± 0,36 | 27,2 ± 7,54 | 23,3 ± 2,09 | 7,05 ± 2,85 |
| Trigo | 1021 ± 614 | 2053 ± 452 | 259 ± 66,5 | 495 ± 63,6 | 3,27 ± 0,44 | 36,8 ± 5,76 | 24,1 ± 2,74 | 32,6 ± 3,09 |
| Maíz canario | 775 ± 812 | 1909 ± 92 | 106 ± 40,5 | 581 ± 47,9 | 2,23 ± 0,32 | 29,0 ± 4,96 | 26,2 ± 1,78 | 8,26 ± 2,77 |
| Trigo-maíz | 1257 ± 725 | 1897 ± 315 | 203 ± 47,8 | 500 ± 29,7 | 2,74 ± 0,39 | 31,7 ± 4,15 | 23,9 ± 1,95 | 22,6 ± 5,97 |
| Cereales | 1032 ± 617 | 2189 ± 766 | 238 ± 54,6 | 519 ± 35,9 | 3,21 ± 0,62 | 35,9 ± 7,12 | 24,7 ± ,76 | 23,5 ± 4,44 |



gofio de trigo-maíz en el que las concentraciones se muestran de forma inversa. No obstante, a la vista de los resultados no podemos concluir que la adición de sal afecte a los niveles de potasio en los gofios pudiendo atribuir las variaciones observadas al azar. Para el cal-

cio, la adición de sal en los gofios supone un incremento de los niveles para todos los tipos de gofios y los resultados para el magnesio nos permiten deducir que no se puede concluir que la adición de sal afecte a los niveles de este metal en los gofios estudiados.

Tabla II
Concentraciones de K, Ca y Mg teniendo en cuenta la adición o no de sal marina (mg/kg)

| Adición de sal | | Potasio | Calcio | Magnesio |
|--------------------|-----------|----------------|---------------|---------------|
| Sin adición de sal | N | 62 | 62 | 62 |
| | Media ± σ | 2093,5 ± 699,5 | 117,1 ± 82,8 | 543,3 ± 59,06 |
| Con adición de sal | N | 116 | 116 | 116 |
| | Media ± σ | 1955,9 ± 646,9 | 222,2 ± 103,5 | 521,6 ± 63,9 |

Niveles de macroelementos en función de la tamización o no del gofio

En la tabla III se muestran las concentraciones de Na, K, Ca y Mg en los gofios estudiados teniendo en cuenta si tras su elaboración se ha llevado a cabo una tamización o no. Se puede apreciar que debido al pequeño número de muestras para los distintos grupos de gofios no se puede establecer "a priori" que existan diferencias y mucho menos valorar las mismas si éstas existieran, excepto para el gofio de maíz para el cual se analizaron 50 muestras de gofios sin tamización posterior y 15 gofios a los que si se les realizó tal operación.

Se observa que los niveles de Na, K y Ca en el gofio de maíz son mayores en el gofio sin tamizar, sin embargo para el magnesio ocurre lo contrario. Este hecho se podría deber a que al eliminarse las partículas más gruesas, que serían fundamentalmente las cascarrillas del cereal, se pierden los minerales que con mayor concentración se encuentran en ella, lo que daría lugar a que la concentración mineral en el gofio tamizado sea más baja.

Niveles de microelementos esenciales: Cu, Fe, Zn y Mn

En la tabla I, también se exponen los resultados obtenidos de los microelementos en los gofios de maíz, trigo, maíz canario, mezcla de trigo-maíz y de cereales.

Cabe destacar que los gofios que poseen menor cantidad de Cu son los de maíz.

Por otro lado, se puede afirmar que las concentraciones de Fe de los diferentes gofios son distintas, si bien no se hallaron diferencias entre los gofios de maíz y aquellos de origen canario, ni entre los de maíz de origen canario con los de trigo-maíz, ni tampoco entre el de trigo con el de cereales.

Para el Zn, los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla V. En ella queda de manifiesto que para

cualquier tipo de gofio, el Zn, se encuentra en cantidades similares. Esto puede deberse a que durante el proceso de producción del gofio no se generan muchas variaciones en la concentración inicial de zinc como ocurre en el caso de los cereales que son refinados. Teniendo en cuenta los ingredientes utilizados en la elaboración del gofio, se comparan las poblaciones de gofio elaborado de cereales y de maíz de origen canario, observándose que existen diferencias significativas entre las medias de Zn de ambos grupos de gofios. Además, se evidencia que hay diferencias entre los distintos grupos de gofios excepto para los gofios de maíz con trigo; maíz con trigo-maíz y trigo con trigo-maíz en los que las medias de niveles de Zn parecen ser las mismas. Por ello, podemos concluir que no hay diferencias entre los gofios elaborados con maíz y los elaborados de trigo, salvo para el caso de que el maíz sea producido en Canarias, en cuyo caso la concentración aumenta aproximadamente en 2 mg/kg.

En el caso del Mn, los gofios presentan distintas concentraciones en función del ingrediente utilizado para su elaboración. Destacan las altas concentraciones que presentan los gofios de trigo si las comparamos con las de maíz, siendo las medias 32,6 y 7,05 mg/kg, respectivamente.

Estimación de la ingesta de los macro y microelementos

Para estimar la ingesta debida al consumo de gofio por la población, se ha considerado el consumo medio diario de 30 g de gofio ya que esta cantidad es la que se aproxima a las 2 cucharadas soperas, que es la que habitualmente se consume acompañando ciertos alimentos. No obstante, para el grupo de población de niños se ha considerado el consumo de 15 g de gofio, la mitad que el considerado para adultos. Se han tenido en cuenta la Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) de la po-

Tabla III
Concentraciones de K, Ca y Mg teniendo en cuenta la tamización o no del gofio (mg/kg)

| Ingrediente | Tamización | N | Na | K | Ca | Mg |
|-------------|------------|----|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Maíz | Si | 50 | 572,88 ± 710,4 | 1843,6 ± 557,7 | 93,605 ± 45,57 | 538,60 ± 51,28 |
| | No | 15 | 385,21 ± 700,6 | 1670,6 ± 350,2 | 78,503 ± 36,99 | 550,07 ± 43,16 |
| | Total | 65 | 529,57 ± 707,2 | 1803,7 ± 519,9 | 90,173 ± 43,96 | 541,24 ± 49,44 |

Tabla IV

IDRs y contribución porcentual de la misma para el consumo de gofio de maíz, trigo, maíz canario, trigo-maíz y cereales

| | IDRs (mg/día) | | | IDE (mg/día) | | Contribución a la ingesta (%) | | |
|---------------------|---------------|---------|---------|--------------|-------------------|-------------------------------|---------|---------|
| | Niños | Hombres | Mujeres | Niños | Hombres y mujeres | Niños | Hombres | Mujeres |
| <i>MAÍZ</i> | | | | | | | | |
| Na | 1200 | 1500 | 1500 | 7,940 | 15,87 | 0,661 | 1,058 | 1,058 |
| K | 1550 | 3100 | 3100 | 27,06 | 54,12 | 1,746 | 1,746 | 1,746 |
| Mg | 145 | 350 | 300 | 1,355 | 2,709 | 0,934 | 0,774 | 0,903 |
| Ca | 750 | 900 | 1000 | 8,115 | 16,23 | 1,082 | 1,803 | 1,623 |
| Mn | 1,5 | 2,3 | 1,8 | 0,031 | 0,062 | 2,050 | 2,674 | 3,417 |
| Fe | 8,5 | 9,0 | 18 | 0,408 | 0,816 | 4,800 | 9,067 | 4,533 |
| Cu | 0,65 | 1,1 | 1,1 | 0,350 | 0,699 | 53,77 | 63,55 | 63,55 |
| Zn | 6,5 | 9,5 | 7,0 | 0,106 | 0,212 | 1,627 | 2,226 | 3,021 |
| <i>TRIGO</i> | | | | | | | | |
| Na | 1200 | 1500 | 1500 | 15,32 | 30,63 | 1,276 | 2,042 | 2,042 |
| K | 1550 | 3100 | 3100 | 30,80 | 61,59 | 1,987 | 1,987 | 1,987 |
| Mg | 145 | 350 | 300 | 3,885 | 7,770 | 2,679 | 2,220 | 2,590 |
| Ca | 750 | 900 | 1000 | 7,425 | 14,85 | 0,990 | 1,650 | 1,485 |
| Mn | 1,5 | 2,3 | 1,8 | 0,049 | 0,098 | 3,270 | 4,265 | 5,450 |
| Fe | 8,5 | 9,0 | 18 | 0,552 | 1,104 | 6,494 | 12,27 | 6,133 |
| Cu | 0,65 | 1,1 | 1,1 | 0,362 | 0,723 | 55,62 | 65,73 | 65,73 |
| Zn | 6,5 | 9,5 | 7,0 | 0,489 | 0,978 | 7,523 | 10,30 | 13,97 |
| <i>MAÍZ CANARIO</i> | | | | | | | | |
| Na | 1200 | 1500 | 1500 | 11,63 | 23,25 | 0,969 | 1,550 | 1,550 |
| K | 1550 | 3100 | 3100 | 28,64 | 57,27 | 1,847 | 1,847 | 1,847 |
| Mg | 145 | 350 | 300 | 1,590 | 3,180 | 1,097 | 0,909 | 1,060 |
| Ca | 750 | 900 | 1000 | 8,715 | 17,43 | 1,162 | 1,937 | 1,743 |
| Mn | 1,5 | 2,3 | 1,8 | 0,033 | 0,067 | 2,230 | 2,909 | 3,717 |
| Fe | 8,5 | 9,0 | 18 | 0,435 | 0,870 | 5,118 | 9,667 | 4,833 |
| Cu | 0,65 | 1,1 | 1,1 | 0,393 | 0,786 | 60,46 | 71,45 | 71,45 |
| Zn | 6,5 | 9,5 | 7,0 | 0,124 | 0,248 | 1,906 | 2,608 | 3,540 |
| <i>TRIGO-MAÍZ</i> | | | | | | | | |
| Na | 1200 | 1500 | 1500 | 18,86 | 37,71 | 1,571 | 2,514 | 2,514 |
| K | 1550 | 3100 | 3100 | 28,46 | 56,91 | 1,836 | 1,836 | 1,836 |
| Mg | 145 | 350 | 300 | 3,045 | 6,090 | 2,100 | 1,740 | 2,030 |
| Ca | 750 | 900 | 1000 | 7,500 | 15,00 | 1,000 | 1,667 | 1,500 |
| Mn | 1,5 | 2,3 | 1,8 | 0,041 | 0,082 | 2,740 | 3,574 | 4,567 |
| Fe | 8,5 | 9,0 | 18 | 0,476 | 0,951 | 5,594 | 10,57 | 5,283 |
| Cu | 0,65 | 1,1 | 1,1 | 0,359 | 0,717 | 55,15 | 65,18 | 65,18 |
| Zn | 6,5 | 9,5 | 7,0 | 0,339 | 0,678 | 5,215 | 7,137 | 9,686 |
| <i>CEREALES</i> | | | | | | | | |
| Na | 1200 | 1500 | 1500 | 15,48 | 30,96 | 1,290 | 2,064 | 2,064 |
| K | 1550 | 3100 | 3100 | 32,84 | 65,67 | 2,118 | 2,118 | 2,118 |
| Mg | 145 | 350 | 300 | 3,570 | 7,140 | 2,462 | 2,040 | 2,380 |
| Ca | 750 | 900 | 1000 | 7,785 | 15,57 | 1,038 | 1,730 | 1,557 |
| Mn | 1,5 | 2,3 | 1,8 | 0,048 | 0,096 | 3,210 | 4,187 | 5,350 |
| Fe | 8,5 | 9,0 | 18 | 0,539 | 1,077 | 6,335 | 11,97 | 5,983 |
| Cu | 0,65 | 1,1 | 1,1 | 0,371 | 0,741 | 57,00 | 67,36 | 67,36 |
| Zn | 6,5 | 9,5 | 7,0 | 0,353 | 0,705 | 5,423 | 7,421 | 10,07 |

blación española según la FESNAD¹¹ (2010) para poder conocer la contribución porcentual a la ingesta. Los grupos de población se han dividido en niños, hombres adultos y mujeres adultas.

En la tabla IV, se observan las IDRs para los macro y microelementos y se señalan los porcentajes de la ingesta a los que contribuye el consumo de gofio para los distintos tipos de gofio.

En Canarias se ha observado que la ingesta de magnesio y calcio, por la población anciana está por debajo de las ingestas diarias recomendadas, así tenemos que de magnesio se consume aproximadamente 275 mg/día y de calcio 930 mg/día¹², lo cual acentúa aún más la importancia que tiene el consumo de productos ricos en esos minerales como podría ser el gofio. Con respecto al Ca, las concentraciones en el gofio no son nada despreciables aunque el porcentaje de la ingesta diaria alcanzada por el consumo de 30 g de gofio es menor que para otros minerales. Por ello, a pesar de que el gofio es un alimento rico en Ca, los valores altos de la IDR hacen que el consumo de gofio no sea una fuente dietética importante de este metal.

Se observa que el gofio contribuye de manera significativa a la ingesta de Cu, pues para todos los grupos de población contribuye entre un 53,77 y un 71,45% de la IDR para hombres y mujeres, respectivamente. El gofio elaborado con maíz canario resulta ser el que más contribuye a la IDR de Cu.

En cuanto al Fe, se encuentra bien representado en el gofio, pero su estado de oxidación hace que se encuentre en la forma menos biodisponible como ocurre igual cuando este metal proviene de fuentes vegetales. No obstante, en dietas equilibradas, con frutas u otros alimentos que posean sustancias reductoras, la absorción intestinal de Fe se puede ver favorecida¹³.

Las ingestas de Fe varían significativamente en función del grupo de población que se esté estudiando. Las mujeres y los niños tienen unos requerimientos mayores por lo que en estas poblaciones es donde únicamente contribuye de menor manera, siendo los porcentajes alcanzados del 4 al 6% aproximadamente (tablas VI-X). Para los hombres, todos los tipos de gofio llegan a aportar más del 9% de la IDR. El consumo de gofio es una fuente de hierro interesante, formando parte de ese 75% de hierro que se aconseja ingerir a través de alimentos de origen vegetal¹⁴.

El contenido de Zn en el gofio permite abarcar parte de su recomendación, cubriendo un porcentaje de un 2,2 a 10 % para la población adulta. Se puede afirmar que, teniendo en cuenta que la ingesta de zinc es difícil de conseguir con la dieta habitual, la contribución del gofio a la ingesta de este metal cobra aún mayor importancia ya que son pocas las veces que quedan cubiertas las ingestas recomendadas con la dieta habitual¹³.

Para el Mn, el consumo de 30 g/día de gofio de maíz aporta, hasta un 2,6 % de la IDR para hombres adultos. Sin embargo, para el gofio de trigo la ingesta contribuye hasta un 5,4 % de la IDR en el caso de las mujeres.

Comparación de los resultados con otros autores

Si comparamos los valores de los macroelementos (Na, K, Ca y Mg) obtenidos en este estudio con los realizados por otros autores, destacamos que las concentraciones de Ca encontradas en los gofios estudiados no discrepan con las halladas por *Cerpa* y cols. (2001)² de 30 y 310 mg/kg para los gofios de maíz y trigo respectivamente, existiendo la mayor diferencia en el gofio de maíz en el cual, según los resultados de este estudio, se obtuvo una media de 90,3 mg/kg.

Para el Mg, las concentraciones encontradas fueron inferiores a las que establece *Suarez-Fraga* y cols. (1990)¹⁵ de 970 y 920 mg/kg para el gofio de trigo y maíz, respectivamente. También fueron más bajas que las descritas por *Cerpa* y cols. (2001)², de 1.100 y 960 mg/kg para el de maíz y trigo, respectivamente.

La tabla V muestra la comparación de las concentraciones de Cu, Fe, Zn y Mn con las obtenidas por otros autores. El gofio de trigo se compara con el cereal entero y su harina y el gofio de maíz solamente con harina de maíz por la escasez de estudios similares.

Los niveles de Cu observados se encuentran dentro de los rangos obtenidos por *Conti* y cols. (2000)¹⁶ en los trigos analizados. Sin embargo, obtuvimos concentraciones superiores a los aportados por *Nardi* y cols. (2009)¹⁷.

Si ahora comparamos nuestros resultados con las harinas de trigo analizadas por otros autores, debido a la falta de estudios encontrados sobre el gofio, se observan valores significativamente inferiores a los encontrados en este estudio. Este hecho era de esperar ya que el gofio se elabora con el grano entero de trigo o maíz y la harina se obtiene eliminando las partes externas del grano, las cuales contienen la mayor parte del contenido mineral.

Para el caso del Fe, se obtuvieron valores similares a los recogidos por *Kot* y *Zareba*, (2005)¹⁸, concentraciones superiores a las obtenidas por *Koplík* y cols. (2004)¹⁹ y por *Tang* y cols. (2009)²⁰, y por último, niveles medios de hierro inferiores a los encontrados por *Singh* y *Garg*, (2006)²¹.

Podemos observar como las concentraciones de Zn obtenidas en este estudio para los dos tipos de gofio analizados son significativamente superiores a los resultados encontrados por otros autores^{17,19,20,22}, ligeramente superiores a las concentraciones obtenidas por *Singh* y *Garg*, (2006)²¹ e inferiores a las de *Conti* y cols. (2000)¹⁶.

En el caso del Mn, la concentración media para el gofio de maíz es mayor que los valores obtenidos para las harinas de maíz analizadas por *Santos* y cols. (2004)²³ y *Koplík* y cols. (2006)¹⁹. Sin embargo, el valor medio en el gofio de trigo es ligeramente superior a las concentraciones recogidas por *Kot* y *Zareba*, 2005¹⁸ y *Singh* y *Garg*, 2006²¹ y bastante superior a los valores encontrados por el resto de autores^{17,20,22}.

Conclusiones

Los niveles de sodio en los gofios canarios dependen fundamentalmente de la adición de sal durante el pro-

ceso de elaboración, que a su vez depende de la isla de producción. Es fundamental para aquellos consumidores que tienen limitada la ingesta de sal, la lectura de la indicación de la presencia de sal en los ingredientes que se señala en los envases

Se debe recomendar el consumo de gofio en la dieta de la población anciana canaria ya que contribuye a cubrir los déficits nutricionales de los siguientes microelementos esenciales: cobre, hierro, zinc y manganeso.

Referencias

1. Corrales C, Corbella D, Álvarez MA. Tesoro lexicográfico del español de Canarias. 2ª ed. Gobierno de Canarias: Viseconsejería de Cultura y Deportes; 1996. pp. 1404-9.
2. Cerpa O, Millán R, Sanjuán E, Tudela L. Contribución al estudio de las características nutricionales, físico-químicas y organolépticas del gofio canario. *Alimentaria* 2001; 322: 119-23.
3. Rodríguez-Pérez MA, Caballero JM, Alonso S, Rubio C, Afonso V, Hardisson A. Estudio nutricional del "gofio canario". V Congreso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. Madrid; 2002.
4. Hosney RC. Principios de ciencia y tecnología de los cereales. Zaragoza: Acribia, 1991.
5. Caballero JM, Caballero A, Rubio C, Gutiérrez, AJ, Hardisson A. Niveles de sodio y adición de sal en los gofios canarios. *Aliment equipos tecnol* 2008; 238: 28-31.
6. Moreno IM, González-Weller D, Gutiérrez V, Marino M, Cameán AM, González AG, Hardisson A. Differentiation of two Canary DO red wines according to their metal content from inductively coupled plasma optical emission spectrometry and graphite furnace atomic absorption spectrometry by using Probabilistic Neural Networks. *Talanta* 2007; 72: 263-8.
7. Xu P, Huang S, Zhue R, Han X, Zhou H. Phenotypic polymorphism of CYP2A6 activity in a Chinese population. *Eur J Clin Pharmacol* 2002; 58: 333-7.
8. Pan G. Confidence intervals for comparing two scale parameters based on Levene's statistics. *J Nonparametr Stat* 2002; 4: 459-76.
9. Choy EHS, Scott DL, Kingsley GH, Thomas S, Murphy AGU, Staimos N, Panayi GS. Control of rheumatoid arthritis by oral tolerance. *Arthritis Rheum* 2001; 44: 1993-7.
10. Pardo A, Ruíz MA. Análisis de datos con SPSS 13 Basa. 1ª ed. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, 2005.
11. FESNAD. Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) para la Población Española, 2010. *Actividad Dietética* 2010; 14: 196-7.
12. ENCA. Encuesta de nutrición de Canarias 1997-1998. Gobierno de Canarias: Servicio Canario de Salud. Consejería de Sanidad y Consumo.
13. Rubio C, Alonso S, Caballero JM, Hardisson A. El gofio y su valor nutritivo. En: El gofio un alimento tradicional canario. Gobierno de Canarias: Centro de la Cultura Popular Canaria, Santa Cruz de Tenerife; 2006. pp. 131-46.
14. Rubio C, González-Weller D, Alonso S, Revert C, Hardisson A. Aspectos nutricionales del calcio, hierro y fósforo. *Alimentaria* 2004; 353: 31-5.
15. Suárez-Fraga MA, Álvarez R, Hardisson A, Sierra A. Valor nutritivo del gofio. *Nutrición Clínica* 1990; 4: 31-44.
16. Conti ME, Cubadda F, Garcea M. Trace metals in sofá and durum wheat from Italy. *Food Addit Contam* 2000; 17: 45-53.
17. Nardi EP, Evangelista FS, Tormen L, Saintpierre TD, Curtius AJ, De Souza SS, Barbosa F. The use of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) for the determination of toxic and essential elements in different types of food samples. *Food Chem* 2009; 112: 727-32.
18. Kot A, Zareba S. Cereal products as a source of iron and manganese. *Roetz Panstw Zakl Hig* 2005; 56: 91-6.
19. Koplík R, Borková M, Bicanová B, Polák J, Mestek O, Komínková J. Speciation analysis of elements in cereal flours by liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry. *Food Chem* 2006; 99: 158-67.
20. Tang J, Zou C, He Z, Shi R, Ortiz-Monasterio I, Qu Y, Zhang Y. Mineral element distributions in milling fractions of Chinese wheats. *J Cereal Sci* 2008; 48: 821-8.
21. Singh V, Garg AN. Availability of essential trace elements in Indian cereals, vegetables and spices using INAA and the contribution of spices to daily dietary intake. *Food Chem* 2006; 94: 81-9.
22. Jorhem L, Sundström B, Engman J. Cadmium and other metals in Swedish wheat and rye flours: Longitudinal study, 1983-1997. *J AOAC Int* 2001; 84: 1984-92.
23. Santos EE, Lauria DC, Porto Da Silvera CL. Assessment of daily intake of trace elements due to consumption of foodstuffs by adult inhabitants of Rio de Janeiro city. *Sci Total Environ* 2004; 327: 69-79.