



Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana

ISSN: 0325-2957

ISSN: 1851-6114

actabioq@fbpba.org.ar

Federación Bioquímica de la Provincia de Buenos Aires
Argentina

Marquez, Silvina Belén; Binaghi, María Julieta; López, Laura Beatríz
Evaluación del contenido, dializabilidad y aporte potencial de hierro, zinc y calcio
en panificados libres de gluten elaborados a partir de premezclas comerciales
Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana, vol. 56, núm. 3, 2022, Julio-Septiembre, pp. 273-287
Federación Bioquímica de la Provincia de Buenos Aires
Buenos Aires, Argentina

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53573289006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Evaluación del contenido, dializabilidad y aporte potencial de hierro, zinc y calcio en panificados libres de gluten elaborados a partir de premezclas comerciales

► Silvina Belén Marquez^{1a*}, María Julieta Binaghi^{2a}, Laura Beatriz López^{2a}

¹ Licenciada en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

² Bioquímica, Dra. de la Universidad de Buenos Aires, área Bromatología.

^a Universidad de Buenos Aires. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Departamento de Sanidad, Nutrición, Bromatología y Toxicología. Cátedra de Bromatología. Junín 956. C.P. 1113. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

* Autora para correspondencia.

Resumen

La población que debe consumir una dieta libre de gluten de por vida se encuentra en constante aumento. Es importante que la misma no sea deficiente en nutrientes, entre ellos, los minerales. En el presente trabajo se evaluó el contenido, dializabilidad, aporte potencial y porcentaje de cobertura del requerimiento diario de hierro, zinc y calcio en bizcochuelos, panes, galletitas y pizzas libres de gluten elaborados a partir de premezclas comerciales. Estos contenidos se compararon con un homólogo elaborado con harina de trigo enriquecida con sulfato ferroso. Se empleó un método *in vitro* con posterior cuantificación por espectroscopía de absorción atómica. Si bien se observó una amplia variación en los contenidos de los tres minerales para los cuatro grupos de alimentos elaborados a partir de premezclas, las dializabilidades porcentuales fueron bajas. Los porcentajes de cobertura de los requerimientos diarios de hierro, zinc y calcio resultaron muy bajos, a excepción del hierro de las pizzas cuyas coberturas por porción fueron considerables. Los resultados obtenidos para hierro en los homólogos reflejan el impacto del enriquecimiento de la harina de trigo con sulfato ferroso. Sería conveniente contemplar la utilización de harinas de pseudocereales para mejorar su calidad mineral, así como evaluar la implementación de políticas públicas para que la población que debe consumir alimentos libres de gluten tenga acceso a alimentos enriquecidos, como ocurre con la harina de trigo.

Palabras clave: Alimentos libres de gluten; Hierro; Calcio; Zinc; Dializabilidad mineral

Evaluation of the content, dialyzability and potential contribution of iron, zinc and calcium in gluten-free bakery products made from commercial premixes

Abstract

The number of people that must consume a gluten-free diet is constantly increasing. It is, however, important that this diet is not deficient in nutrients, in particular some key minerals. The present work focuses on the contents of iron, zinc and calcium in gluten-free sponge cakes, breads, cookies and

Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana

Incorporada al Chemical Abstract Service.

Código bibliográfico: ABCLDL.

ISSN 0325-2957 (impresa)

ISSN 1851-6114 (en línea)

ISSN 1852-396X (CD-ROM)

pizzas made from commercial premixes. Other properties analysed were the dialyzability, the potential contribution and the percentage of coverage of the daily requirement of the mentioned minerals in each of the products. These properties were contrasted and compared with those of equivalent products elaborated with wheat flour enriched with ferrous sulfate. An *in vitro* methodology of mineral bioavailability was utilised, with subsequent quantification by atomic absorption spectroscopy. Even though a wide variation in the three minerals' content in each of the four products was observed, the percentage of dialyzability was low. In terms of meeting the daily requirements, only the iron in the pizzas covered a considerable proportion. In all the other cases only very small parts of the daily requirements were covered. The results obtained for iron in the equivalent products reflect the impact of the enrichment of wheat flour with ferrous sulfate. It would be convenient to contemplate the use of pseudocereal flours to improve their mineral quality. In addition, it would be advisable to evaluate the implementation of public policies so that the population that should consume gluten-free foods has access to enriched foods, as is the case with wheat flour.

Keywords: Gluten-free foods; Iron; Calcium; Zinc; Mineral dialyzability

Avaliação do conteúdo, dialisabilidade e contribuição potencial de ferro, zinco e cálcio em produtos de panificação sem glúten elaborados a partir de pré-misturas comerciais

Resumo

A população que deve consumir uma dieta sem glúten por toda a vida está aumentando constantemente. É importante que ela não seja deficiente em nutrientes, incluindo minerais. No presente trabalho foram avaliados o conteúdo, dialisabilidade, contribuição potencial e porcentagem de cobertura da necessidade diária de ferro, zinco e cálcio em bolos, pães, biscoitos e pizzas sem glúten elaborados com pré-misturas comerciais. Esses conteúdos foram comparados com uma contraparte feita com farinha de trigo enriquecida com sulfato ferroso. Foi utilizado um método *in vitro* com posterior quantificação por espectroscopia de absorção atômica. Embora se tenha observado uma grande variação no conteúdo dos três minerais para os quatro grupos de alimentos elaborados a partir de pré-misturas, as dialisabilidades percentuais foram baixas. Os percentuais de cobertura das necessidades diárias de ferro, zinco e cálcio foram muito baixos, com exceção do ferro das pizzas cuja cobertura por porção foi considerável. Os resultados obtidos para o ferro nos homólogos refletem o impacto do enriquecimento da farinha de trigo com sulfato ferroso. Seria conveniente contemplar o uso de farinhas de pseudocereais para melhorar sua qualidade mineral, bem como avaliar a implementação de políticas públicas para que a população que deve consumir alimentos sem glúten tenha acesso a alimentos enriquecidos, como acontece com a farinha de trigo.

Palavras-chave: Alimentos sem glúten; Ferro; Cálcio; Zinco; Dialisabilidade mineral

Introducción

La enfermedad celíaca es una patología autoinmune multiorgánica que afecta principalmente al intestino delgado generando un estado de inflamación crónica producido por las prolaminas que conforman el gluten (1). La ingesta de estas prolaminas desencadena un proceso inmunológico que atrofia las vellosidades de la mucosa del intestino delgado causando malabsorción y una consiguiente deficiencia de macro y micronutrientes (2). Se observó que su prevalencia se ha incrementado marcadamente en los últimos años y actualmente afecta a aproximadamente un 1% de la población mundial (3) (4). Este dato coincide con un estudio realizado por Mora *et al.* que estimó en la Argentina una prevalencia de 1,26% en niños de 3 a 16 años (5). El único tratamiento efectivo frente a esta condición es excluir

de la dieta a las prolaminas que conforman al gluten. La dieta libre de gluten (DLG) debe ser sostenida a lo largo de toda la vida (6).

Existen además otras dos condiciones cuyo único tratamiento es una DLG: la alergia al trigo y la sensibilidad al gluten no celíaca. La alergia al trigo es una reacción inmunológica mediada por anticuerpos IgE ante la exposición a la proteína del trigo (3). Si bien la prevalencia depende del país y de la edad, se estima que afecta a un 1% de la población mundial (7). La sensibilidad al gluten no celíaca es una condición que incluye a individuos que presentan síntomas que desaparecen al retirar el gluten de su dieta. Basuñán *et al.* informaron datos de prevalencia entre 0,6 y 6% (6).

La base para la elaboración de alimentos farináceos libres de gluten es el reemplazo de las harinas que contienen gluten y sus derivados por otras como ha-

rina de arroz, harina de maíz, almidón de maíz, papa o mandioca (8) y diferentes ingredientes que ayudan a sustituir el gluten y le otorgan al producto final características organolépticas y funcionales similares a su equivalente con gluten (9). El inconveniente radica en que en el proceso de molienda y refinado de los granos se pierden muchos macro y micronutrientes y esto da como resultado un producto con menor contenido en minerales y vitaminas (10). Para contrarrestar esta pérdida, en muchos países, entre ellos la Argentina, la harina de trigo se encuentra enriquecida, mientras que el resto de las harinas no se enriquecen, entre ellas las utilizadas tanto en productos industriales libres de gluten listos para consumir como en premezclas para elaborar productos libres de gluten de manera casera (11) (12). Otro factor importante a tener en cuenta es la bioaccesibilidad. Del contenido total del compuesto, solo una fracción es liberada de su matriz alimentaria en el tracto gastrointestinal y, por lo tanto, está disponible para la absorción intestinal (13). Cabe destacar el impacto de este factor en personas con enfermedad celíaca no tratada o en recuperación, cuya absorción de nutrientes se ve disminuida por el deterioro del epitelio del intestino delgado.

A nivel internacional se recomienda consumir una dieta variada que incluya todos los grupos de alimentos con la finalidad de cubrir los requerimientos de la totalidad de los macro y micronutrientes (14). Si bien hay un gran número de minerales esenciales para la vida, el hierro, el zinc y el calcio son de suma importancia. La deficiencia de hierro puede producir anemia, una de las manifestaciones extraintestinales más descriptas en la comunidad celíaca (15). La deficiencia de calcio puede tener consecuencias a nivel de la masa ósea, ya que produce osteoporosis (16). La deficiencia de zinc puede impactar en la síntesis proteica, que lleva a la detención del crecimiento, alteración de las funciones celulares y modificación de la respuesta inmune (17).

Numerosos estudios internacionales detectaron deficiencias en estos minerales en personas que seguían una DLG (4) (6) (18) (19) (20).

Un estudio realizado en la Argentina en productos industriales libres de gluten como pastas secas, budines, *snacks*, galletitas dulces y tostadas saladas evidenció un aporte de hierro, zinc y calcio muy bajo (21). En otro estudio argentino llevado a cabo en premezclas libres de gluten para panadería y repostería se observó muy bajo contenido de hierro, variado contenido de calcio (dependiendo de la presencia de leche en polvo en las mismas) y contenidos de zinc en niveles similares a los de la harina de trigo (22).

Una persona que sigue una DLG puede cubrir la ingesta de estos tres minerales indispensables consumiendo cantidades adecuadas de carne para cubrir los requerimientos de hierro, leche para los de calcio, y carne y pescados para los de zinc. Sin embargo, en la Ar-

gentina se exceden las cantidades recomendadas en el consumo de alimentos de baja densidad de nutrientes y alta densidad calórica como, entre otros, productos de copetín (*snack*), panificados y repostería (14). Mientras que las pizzas y más aún los bizcochuelos son alimentos de consumo ocasional, el pan es un producto de consumo diario en el país. Los últimos datos oficiales publicados estiman un consumo de 70,6 kg per cápita anual para el pan tradicional de panadería y de 4,6 kg para el pan industrial. El pan puede formar parte de cualquiera de las cuatro comidas diarias, principalmente durante el desayuno y la merienda (23). Las galletitas, si bien se consumen en menor medida (8,4 kg/hab) también se encuentran habitualmente formando parte del desayuno y/o la merienda de los argentinos (24).

El objetivo del trabajo fue evaluar el contenido, la bioaccesibilidad y aporte potencial de hierro, zinc y calcio en productos panificados de elaboración casera (bizcochuelos, panes estilo inglés, galletitas dulces y pizzas) elaborados a partir de premezclas comerciales adquiridas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. El perfil nutricional se comparó con el de un homólogo elaborado a partir de harina de trigo.

Materiales y Métodos

Materiales

Se elaboraron y analizaron cuatro categorías de alimentos de tipo farináceo (bizcochuelos, panes estilo inglés, galletitas dulces y pizzas) elaborados a partir de premezclas comerciales libres de gluten. Para la elección de las premezclas a utilizar se tuvieron en cuenta las de mayor disponibilidad en los comercios. Se utilizaron algunas que en sus listas de ingredientes declaraban algún cereal, harina o derivado, así como legumbres que no correspondían a los ingredientes que habitualmente forman parte de las premezclas más consumidas. Las premezclas utilizadas se seleccionaron por un muestreo aleatorio de acuerdo con lo estipulado por el Código Alimentario Argentino (25). Se adquirió al azar un envase de cada producto en diferentes dietéticas y mercados de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. En total se trabajó con 14 premezclas comerciales de las cuales 3 correspondían a premezclas generales para panadería y repostería y 12 eran específicas de productos (2 para bizcochuelos, 2 para panes, 2 para galletitas y 5 para pizzas).

Con las premezclas mencionadas se elaboraron y analizaron en total 23 productos libres de gluten que incluyeron 5 bizcochuelos (B1, B2, B3, B4 y B5), 5 panes estilo inglés (P1, P2, P3, P4 y P5), 5 galletitas dulces (G1, G2, G3, G4 y G5) y 8 pizzas (Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7 y Z8).

Para elaborar todos los productos se utilizaron ingredientes rotulados como libres de gluten con el sello obligatorio correspondiente. Para la elaboración de los bizcochuelos, panes estilo inglés y pizzas se utilizaron las recetas aportadas por el fabricante de cada premezcla, mientras que para las galletitas se utilizó una única receta debido a que los fabricantes no ponían a disposición del consumidor una receta de cómo elaborarlas. La misma consistió en batir el huevo, el azúcar, la manteca y la esencia de vainilla hasta obtener una crema blanca consistente. Se incorporó la premezcla hasta obtener una masa homogénea. Se la enfrió en heladera por 60 min, se la estiró hasta un espesor de 0,5 cm, se cortaron galletitas cuadradas de 5 x 5 cm y se las horneó a 180 °C durante 17 minutos.

En las Tablas I, II, III y IV se detallan los ingredientes que constituyen cada premezcla y los ingredientes utilizados para la elaboración de los bizcochuelos, los panes estilo inglés, las galletitas dulces y las pizzas, respectivamente.

Para el posterior análisis de la muestra, los bizcochuelos y los panes se secaron en estufa a 100 °C hasta masa constante. Estos alimentos y las galletitas dulces se molieron en una picadora doméstica hasta obtener una muestra homogénea. Las pizzas se procesaron en una procesadora doméstica hasta la obtención de una pasta homogénea. Una porción de cada muestra fue seleccionada para ser analizada.

Para complementar el estudio realizado, se elaboró un producto equivalente utilizando harina de trigo. Se emplearon las recetas del bizcochuelo B1, el pan inglés

P1, las galletitas y la pizza Z1 y se siguió exactamente el mismo procedimiento, proporciones y recetas, reemplazando la premezcla libre de gluten por la misma proporción de harina de trigo. Para elaborar el bizcochuelo y las galletitas se usó harina de trigo 0000 debido a que es la más apta para productos de repostería. Para el pan y la pizza se empleó harina de trigo 000 la cual posee una mejor aptitud panadera. Ambas harinas de trigo utilizadas estaban enriquecidas con hierro y vitaminas del grupo B según la ley 25.630 (12).

Métodos

La dializabilidad de los minerales (D) fue determinada por medio de un método *in vitro* (26) modificado (27). En la Figura 1 se presenta el esquema de la determinación de dializabilidad. El procedimiento involucró una digestión enzimática en condiciones que simulaban las fisiológicas. Alícuotas de 50 g (15 g de muestra en 35 mL de agua desionizada) de los homogeneizados fueron incubadas con 5 mL de alfa-amilasa al 3%, durante 30 min a 37 °C con agitación en un baño termostatzado (Vicking modelo Dubnoff). Luego, el pH se ajustó a 2 con HCl 6 N y se agregaron 1,6 mL de pepsina-HCl (16 g/100 mL en HCl 0,1 N), agitándose la mezcla a 37 °C durante dos horas (proceso que simulaba la digestión estomacal). Dos porciones de 15 g del digerido se colocaron en erlenmeyers con bolsas de diálisis (*Spectrapore Molecular Weightcut-off* 6000-8000) que contenían 18,75 mL de *buffer* PIPES 0,15 M y

Tabla I. *Ingredientes de las premezclas e ingredientes finales utilizados en la elaboración de bizcochuelos libres de gluten (B1 a B5). Ingredientes utilizados para la elaboración del bizcochuelo con harina de trigo (BHT).*

Muestra	Premezcla para	Ingredientes de interés de la premezcla	Ingredientes finales del producto terminado	
B1	Panadería y repostería	Harina de arroz, fécula de mandioca, almidón de maíz, fécula de papa, (...), leche, huevo, (...)	Premezcla	80 g
B2	Panadería y repostería	Harina de arroz, fécula de mandioca, almidón de maíz, fécula de papa, (...), huevo, (...)	Huevos	120 g
			Azúcar	80 g
B3	Panadería y repostería	Almidón de maíz, harina de arroz, fécula de papa, leche entera en polvo, (...), goma guar (INS 412), (...)	Esencia de vainilla	5 mL
B4	Bizcochuelo	(…), huevo entero en polvo, harina de arroz, harina de sorgo, almidón de maíz, (...), leche entera deshidratada, harina de soja, (...), fosfato monocalcico (INS 341i)	Premezcla	200 g
			Huevos	120 g
			Aceite de girasol	16 mL
			Agua	80 mL
B5	Bizcochuelo, vainillas y pionono	Harina de maíz, almidón de maíz, fécula de mandioca, fosfato monocalcico (INS 341i), (...)	Premezcla	100 g
			Huevos	120 g
			Azúcar	100 g
			Esencia de vainilla	5 mL
BHT	—	—	Harina de trigo 0000	80 g
			Huevos	120 g
			Azúcar	80 g
			Esencia de vainilla	5 mL

Tabla II. Ingredientes de las premezclas e ingredientes finales utilizados en la elaboración de panes estilo inglés libres de gluten (P1 a P5). Ingredientes utilizados para la elaboración del pan estilo inglés con harina de trigo (PHT).

Muestra	Premezcla para	Ingredientes de interés de la premezcla	Ingredientes finales del producto terminado	
P1	Panadería y repostería	Harina de arroz, fécula de mandioca, almidón de maíz, fécula de papa, (...), leche, huevo, (...)	Premezcla	280 g
			Huevos	120 g
			Leche (tenor graso: 1%)	220 mL
			Sal	6 g
			Azúcar	30 g
			Aceite de girasol	15 g
			Levadura prensada	35 g
P2	Panadería y repostería	Harina de arroz, fécula de mandioca, almidón de maíz, fécula de papa, (...), huevo, (...)	Premezcla	250 g
			Azúcar	10 g
			Agua	275 mL
			Levadura deshidratada	5 g
P3	Panadería y repostería	Almidón de maíz, harina de arroz, fécula de papa, leche entera en polvo, (...), goma guar (INS 412), (...)	Premezcla	250 g
			Leche descremada en polvo	50 g
			Sal	5 g
			Azúcar	10 g
			Levadura prensada	50 g
			Aceite de girasol	10 mL
			Fécula de mandioca	20 g
P4	Pan inglés	Almidón de maíz, harina de sorgo, harina de arroz, (...), ovoalbúmina en polvo, (...), goma xántica (INS 415) y carboximetilcelulosa (INS 466), (...)	Agua	250 mL
			Premezcla	350 g
			Levadura deshidratada	10 g
			Aceite de girasol	20 mL
P5	Pan tipo lacteado	Harina de sorgo, harina de trigo sarraceno, fécula de mandioca, (...), goma xántica (INS 415), fosfato monocalcico (INS 341 i), (...)	Agua	350 mL
			Premezcla	370 g
			Leche (tenor graso: 1%)	250 mL
			Huevos	120 g
			Aceite de girasol	75 mL
PHT	-	-	Aceite de girasol	15 g
			Levadura prensada	35 g
			Harina de trigo 000	280 g
			Huevos	120 g
			Leche (tenor graso: 1%)	220 mL
			Sal	6 g
			Azúcar	30 g

pH variable. El pH del *buffer* a utilizar fue establecido luego de hacer ensayos previos en base a la matriz alimentaria en estudio (28) para obtener un pH final uniforme de $6,5 \pm 0,2$ luego de la segunda incubación a 37°C . Después de una hora, cuando el pH alcanzó un valor mínimo de 4,5 se agregaron 3,75 mL de una solución mezcla de 2,5% de bilis y 0,4% de pancreatina en NaHCO_3 0,1 N y se incubó durante 2 h a 37°C para simular la digestión intestinal. Las bolsas de diálisis fueron removidas y enjuagadas con agua destilada ultrapura y los dializados se transfirieron a tubos tarados y se pesaron. Los minerales que dializaron se determinaron por espectroscopía de absorción atómica (Perkin Elmer® modelo AAnalyst 400®) (29) (30). El contenido total de minerales de las muestras fue determinado en el digerido de pepsina por espectroscopía de absorción atómica previa mineralización con una mezcla

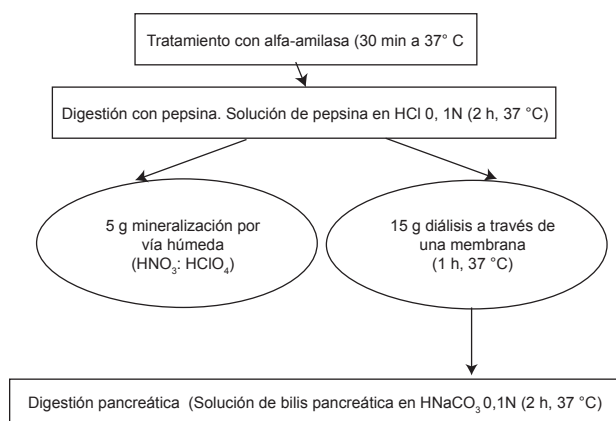


Figura 1. Esquema de la determinación de dializabilidad

Tabla III. *Ingredientes de las premezclas e ingredientes finales utilizados en la elaboración de galletitas dulces libres de gluten (G1 a G5). Ingredientes utilizados para la elaboración de las galletitas dulces con harina de trigo (GHT).*

Muestra	Premezcla para	Ingredientes de interés de la premezcla	Ingredientes finales del producto terminado	
G1	Panadería y repostería	Harina de arroz, fécula de mandioca, almidón de maíz, fécula de papa, (...), leche, huevo, (...)	Premezcla Huevos Manteca Azúcar Esencia de vainilla	125 g 30 g 60 g 50 g 5 mL
G2	Panadería y repostería	Harina de arroz, fécula de mandioca, almidón de maíz, fécula de papa, (...), huevo, (...)		
G3	Panadería y repostería	Almidón de maíz, harina de arroz, fécula de papa, leche entera en polvo, (...), goma guar (INS 412), (...)		
G4	Panadería y repostería	Harina de arroz, harina de sorgo, almidón de maíz, leche entera en polvo, harina de soja, sal		
G5	Masas, frola, pepas, muffins, brownies	Almidón de maíz, harina de arroz, fécula de mandioca, harina de sorgo, fosfato monocalcico (INS 341i), (...), goma xántica (INS 415), carboximetilcelulosa (INS 466)		
GHT	–	–	Harina de trigo 0000 Huevos Manteca Azúcar Esencia de vainilla	125 g 30 g 60 g 50 g 5 mL

de $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ (50:50). El mineralizador empleado fue un DICROM/ZELTEC® (21).

Para las determinaciones de calcio las muestras se diluyeron con una solución que contenía 0,65% de lantano en agua para suprimir la interferencia causada por los fosfatos (31). La dializabilidad mineral fue calculada como el porcentaje del mineral dializado con respecto a la concentración total de mineral presente en cada muestra según la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{mg de mineral en el dializado}}{\text{mg de mineral en el digerido}} \times 100$$

Todo el material de vidrio utilizado fue previamente lavado con agua corriente y posteriormente se sumergió durante 24 h en una solución de HNO_3 al 20%. Finalmente se enjuagó tres veces con agua destilada y tres veces con agua desionizada. Se utilizó agua ultrapura en todas las experiencias.

Se estableció el aporte potencial de cada mineral (AP) en los distintos productos teniendo en cuenta su concentración y dializabilidad.

$$\text{APCa} = ([\text{Ca}] \times \text{DCa}\%) / 100$$

$$\text{APFe} = ([\text{Fe}] \times \text{DFe}\%) / 100$$

$$\text{APZn} = ([\text{Zn}] \times \text{DZn}\%) / 100$$

Se calculó el estado de adecuación de los minerales estudiados en tres grupos etarios: a) niños de 4 a 10 años; b) adolescentes 11 a 17 años; c) adultos de 18 a 60 años. Se

compararon los valores de aporte potencial de cada mineral, de una porción para los diferentes alimentos analizados, con los requerimientos diarios de cada mineral para cada uno de los tres grupos establecido y fijados por la FAO/OMS (32). Cabe destacar que se tuvo en cuenta el tamaño de la porción estipulada por el Código Alimentario Argentino para cada tipo de alimento: bizcochuelo (60 g), pan (50 g), galletitas (30 g) y pizza (108 g) (33).

Expresión de resultados: las determinaciones de la dializabilidad de minerales se hicieron por cuadruplicado. Todos los datos analíticos se expresaron en mg de mineral por 100 g de muestra (base húmeda). Los resultados fueron expresados como la media $\pm$ desviación estándar (DE) (21).

El análisis estadístico se realizó utilizando ANOVA, con *test* de Tukey como *test a posteriori*.

Resultados

En las tablas V, VI, VII y VIII se presentan el contenido, la dializabilidad porcentual y aporte potencial en mg cada 100 g de alimento de hierro, zinc y calcio de los bizcochuelos, panes tipo inglés, galletitas dulces y pizzas, respectivamente.

La dializabilidad porcentual (%D) estima el porcentaje del mineral ingerido que estaría disponible para ser absorbido durante la digestión humana. La *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) clasificó la disponibilidad del hierro menor a 5% como baja,

Tabla IV. *Ingredientes de las premezclas e ingredientes finales utilizados en la elaboración de pizzas libres de gluten (Z1 a Z8). Ingredientes utilizados para la elaboración de la pizza con harina de trigo (ZHT).*

Muestra	Premezcla para	Ingredientes de interés de la premezcla	Ingredientes finales del producto terminado	
Z1	Panadería y repostería	Harina de arroz, fécula de mandioca, almidón de maíz, fécula de papa, (...), leche, huevo, (...)	Premezcla	250 g
Z2	Panadería y repostería	Almidón de maíz, harina de arroz, fécula de papa, leche entera en polvo, (...)	Levadura prensada	31 g
			Azúcar	18 g
			Sal	5 g
			Aceite de girasol	5 mL
			Agua tibia	214 mL
			Salsa para pizza	200 mL
			Mozzarella	250 g
Z3	Pizza	Harina de arroz, almidón de maíz, leche entera en polvo, fécula de mandioca, (...), huevo entero en polvo, (...) goma xántica (INS 415), (...)	Premezcla	250 g
			Levadura deshidratada	5 g
			Agua tibia	200 mL
			Salsa para pizza	200 mL
			Mozzarella	250 g
Z4	Pizza	Almidón de maíz, harina de sorgo, dextrosa, leche entera deshidratada, (...) ovoalbúmina en polvo, (...), goma xántica (INS 415), (...)	Premezcla	250 g
			Levadura deshidratada	5 g
			Aceite de girasol	17 mL
			Agua tibia	200 mL
			Salsa para pizza	200 mL
			Mozzarella	250 g
Z5	Pizza	Almidón de maíz, harina de maíz, fécula de mandioca, harina de sorgo, (...), goma xántica (INS 415)	Premezcla	190 g
			Aceite de girasol	20 mL
			Levadura deshidratada	5 g
			Agua tibia	150 mL
			Salsa para pizza	152 mL
			Mozzarella	190 g
Z6	Pizza	Almidón de maíz, harina de maíz, fécula de mandioca, harina de sorgo, (...), goma xántica (INS 415)	Premezcla	190 g
			Huevo	30 g
			Aceite de girasol	20 mL
			Levadura deshidratada	5 g
			Leche tibia (tenor graso: 1%)	150 mL
			Salsa para pizza	152 mL
			Mozzarella	190 g
Z7	Pizza	Almidón de maíz, harina integral de sorgo blanco, harina de arroz, (...), goma xántica (INS 415), (...), <i>Premix</i> hierro y vitaminas (...)	Premezcla	250 g
			Levadura deshidratada	5 g
			Aceite de girasol	5 mL
			Agua tibia	125 mL
			Salsa para pizza	200 mL
			Mozzarella	250 g
Z8	Pizza y pasteles	Almidón de maíz, fécula de papa, harina de maíz, harina de arvejas, (...), goma xántica (INS 415), metilcelulosa (INS 461) y carboximetilcelulosa sódica (INS 466)	Premezcla	250 g
			Aceite de girasol	27 mL
			Agua	167 mL
			Salsa para pizza	200 mL
			Mozzarella	250 g
ZHT	—	—	Harina de trigo 000	250 g
			Levadura prensada	31 g
			Azúcar	18 g
			Sal	5 g
			Aceite de girasol	5 mL
			Agua tibia	214 mL
			Salsa para pizza	200 mL
			Mozzarella	250 g

Tabla V. Contenido, dializabilidad porcentual y aporte potencial porcentual de Fe, Zn y Ca en los bizcochuelos libres de gluten (B1 a B5) y el bizcochuelo con harina de trigo (BHT)

Muestras	[Fe] mg/100g	[%D Fe]	[AP Fe] mg%	[Zn] mg/100g	[%D Zn]	[AP Zn] mg%	[Ca] mg/100g	[%D Ca]	[APCa] mg%
–	0,72 ± 0,10 _a	9,0 ± 1,9 _d	0,06	0,68 ± 0,03 _{ab}	4,3 ± 0,5 _{ab}	0,03	17 ± 1 _{cd}	15 ± 1 _{bc}	2,5
B2	0,94 ± 0,1 _a	3,8 ± 0,5 _{abc}	0,04	0,66 ± 0,05 _{ab}	4,4 ± 1,8 _{abc}	0,03	15 ± 1 _{bc}	12 ± 1 _a	1,8
B3	1,16 ± 0,11 _a	2,5 ± 0,5 _{ab}	0,03	0,66 ± 0,06 _{ab}	6,2 ± 1,0 _{bc}	0,04	10 ± 1 _a	14 ± 1 _{ab}	1,4
B4	0,91 ± 0,08 _a	5,0 ± 0,3 _{bc}	0,05	0,62 ± 0,06 _{ab}	2,3 ± 0,6 _a	0,01	28 ± 3 _e	17 ± 1 _c	4,8
B5	0,96 ± 0,01 _a	1,5 ± 0,1 _a	0,01	0,53 ± 0,05 _a	4,6 ± 0,6 _{abc}	0,02	11 ± 1 _{ab}	17 ± 1 _c	1,9
BHT	2,20 ± 0,36 _b	6,3 ± 1,5 _{cd}	0,14	0,78 ± 0,16 _b	7,7 ± 0,8 _c	0,06	21 ± 3 _d	13 ± 2 _{ab}	2,7

Los datos se expresan en media + desviación estándar. Las medias con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Tabla VI. Contenido, dializabilidad porcentual y aporte potencial porcentual de Fe, Zn y Ca en los panes estilo inglés libres de gluten (P1 a P5) y el pan estilo inglés con harina de trigo (PHT)

Muestras	[Fe] mg/100g	[%D Fe]	[AP Fe] mg%	[Zn] mg/100g	[%D Zn]	[AP Zn] mg%	[Ca] mg/100g	[%D Ca]	[AP Ca] mg%
P1	0,63 ± 0,04 _{ab}	6,5 ± 0,9 _a	0,04	1,04 ± 0,04 _b	5,7 ± 0,4 _a	0,06	19,2 ± 0,8 _c	20 ± 1 _a	3,8
P2	0,33 ± 0,01 _a	12,8 ± 0,8 _b	0,04	0,60 ± 0,04 _a	5,5 ± 0,4 _a	0,03	12,3 ± 0,8 _b	26 ± 1 _b	3,2
P3	0,55 ± 0,08 _{ab}	14,0 ± 0,5 _b	0,08	1,35 ± 0,03 _c	6,7 ± 0,3 _a	0,09	20,7 ± 0,9 _{cd}	19 ± 1 _a	3,9
P4	0,35 ± 0,05 _a	13,2 ± 0,1 _b	0,05	0,31 ± 0,08 _a	16,9 ± 0,6 _c	0,05	6,2 ± 0,4 _a	25 ± 1 _b	1,6
P5	1,11 ± 0,15 _b	5,3 ± 0,4 _a	0,06	0,50 ± 0,11 _a	11,8 ± 0,1 _b	0,06	12,1 ± 0,3 _b	19 ± 1 _a	2,3
PHT	2,85 ± 0,63 _c	6,0 ± 1,6 _a	0,17	1,14 ± 0,27 _{bc}	6,5 ± 1,6 _a	0,07	22,2 ± 0,6 _d	18 ± 1 _a	4,0

Los datos se expresan en media ± desviación estándar. Las medias con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Tabla VII. Contenido, dializabilidad porcentual y aporte potencial de Fe, Zn y Ca en las galletitas libres de gluten (G1 a G6) y las galletitas con harina de trigo (GHT)

Muestras	[Fe] mg/100g	[%D Fe]	[AP Fe] mg%	[Zn] mg/100g	[%D Zn]	[AP Zn] mg%	[Ca] mg/100g	[%D Ca]	[AP Ca] mg%
G1	1,03 ± 0,03 _{ab}	10,7 ± 0,9 _b	0,11	0,30 ± 0,02 _a	19,8 ± 1,0 _e	0,06	5,9 ± 0,6 _{cd}	26,5 ± 3,8 _{ab}	1,56
G2	0,79 ± 0,04 _a	19,7 ± 0,4 _e	0,16	0,30 ± 0,03 _a	24,2 ± 0,5 _f	0,07	6,5 ± 0,7 _d	23,4 ± 3,0 _a	1,52
G3	1,00 ± 0,06 _{ab}	14,2 ± 0,6 _c	0,14	0,50 ± 0,04 _a	13,8 ± 1,1 _c	0,07	3,1 ± 0,3 _a	24,5 ± 2,2 _a	0,76
G4	1,00 ± 0,05 _{ab}	17,3 ± 1,0 _d	0,17	0,52 ± 0,03 _a	13,1 ± 0,9 _{bc}	0,07	3,8 ± 0,6 _{ab}	36,8 ± 4,0 _b	1,40
G5	1,01 ± 0,1 _{ab}	9,5 ± 0,9 _{ab}	0,10	0,48 ± 0,04 _a	16,9 ± 0,8 _d	0,08	5,0 ± 0,6 _{bc}	22,6 ± 0,6 _a	1,13
GHT	1,31 ± 0,35 _b	16,8 ± 1,1 _d	0,22	0,97 ± 0,27 _b	6,9 ± 0,9 _a	0,07	8,4 ± 0,2 _e	22,3 ± 2,2 _a	1,87

Los datos se expresan en media + desviación estándar. Las medias con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

Tabla VIII. Contenido, dializabilidad porcentual y aporte potencial de Fe, Zn y Ca en las pizzas libres de gluten (Z1 a Z8) y la pizza con harina de trigo (ZHT)

Muestras	[Fe] mg/100g	[%D Fe]	[AP Fe] mg%	[Zn] mg/100g	[%D Zn]	[AP Zn] mg%	[Ca] mg/100g	[%D Ca]	[AP Ca] mg%
Z1	3,14 ± 0,33 _{bc}	18,0 ± 0,8 _{cd}	0,56	1,00 ± 0,07 _{bc}	19,6 ± 0,6 _d	0,20	12,3 ± 0,4 _{cd}	24 ± 1 _d	2,95
Z2	3,42 ± 0,12 _{bc}	17,1 ± 0,7 _{cd}	0,59	0,93 ± 0,09 _{abc}	18,3 ± 0,6 _d	0,17	13,1 ± 0,2 _d	21 ± 1 _{bc}	2,75
Z3	3,56 ± 0,33 _{bc}	18,2 ± 0,1 _{cd}	0,65	0,87 ± 0,03 _{ab}	15,4 ± 0,8 _{bc}	0,13	11,6 ± 0,3 _c	22 ± 1 _{cd}	2,55
Z4	2,86 ± 0,41 _{ab}	8,2 ± 0,04 _a	0,23	0,78 ± 0,03 _a	15,6 ± 0,7 _c	0,12	12,2 ± 0,2 _c	21 ± 1 _{bcd}	2,56
Z5	2,73 ± 0,43 _{ab}	16,3 ± 1,0 _c	0,44	1,29 ± 0,11 _{ef}	9,8 ± 0,9 _a	0,13	9,9 ± 0,5 _{ab}	17 ± 1 _a	1,68
Z6	2,94 ± 0,28 _{ab}	11,7 ± 0,1 _b	0,35	1,03 ± 0,05 _{cd}	9,4 ± 0,2 _a	0,10	10,4 ± 0,1 _b	19 ± 1 _{ab}	1,98
Z7	3,19 ± 0,31 _{bc}	21,6 ± 1,2 _e	0,69	1,00 ± 0,06 _{bcd}	14,2 ± 1,0 _{bc}	0,14	10,4 ± 0,3 _b	19 ± 1 _{ab}	1,98
Z8	2,15 ± 0,34 _a	18,4 ± 1,0 _d	0,40	1,42 ± 0,04 _f	13,6 ± 1,0 _b	0,19	9,4 ± 0,5 _a	21 ± 1 _{bc}	1,97
ZHT	3,93 ± 0,26 _c	11,9 ± 0,5 _b	0,47	1,15 ± 0,05 _{de}	14,0 ± 0,9 _{bc}	0,16	16,0 ± 0,7 _e	17 ± 1 _a	2,72

Los datos se expresan en media + desviación estándar. Las medias con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Tabla IX. Aporte potencial de una porción de los bizcochuelos libres de gluten (B1 a B5) y del bizcochuelo con harina de trigo (BHT) y porcentaje de cobertura de los requerimientos diarios de Fe, Zn y Ca, de una porción de dichos bizcochuelos, para tres grupos etarios: niños: 4-10 años; adolescentes: 11-17 años; adultos: 18-60 años.

Mineral	Atributo	B1	B2	B3	B4	B5	BHT
Fe	AP/porción	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,08
	% cobertura en niños (4-10 años) Requerimiento: 0,89 mg/día	4,5	2,2	2,2	3,4	1,1	9,0
	% cobertura en adolescentes masc. (11-17 años) Requerimiento: 1,7 mg/día	2,4	1,2	1,2	1,8	0,6	4,7
	% cobertura en adolescentes fem. (11-17 años) Requerimiento: 3,2 mg/día	1,3	0,6	0,6	0,9	0,3	2,5
	% cobertura en adultos masc. (18-60 años) Requerimiento: 1,4 mg/día	2,9	1,4	1,4	2,1	0,7	5,7
	% cobertura en adultos fem. (18-60 años) Requerimiento: 2,9 mg/día	1,4	0,7	0,7	1,0	0,3	2,8
Zn	AP/porción	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04
	% cobertura en niños (4-10 años) Requerimiento: 1,8 mg/día	1,1	1,1	1,1	0,6	0,6	2,2
	% cobertura en adolescentes (11-17 años) Requerimiento: 5,5 mg/día	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,7
	% cobertura en adultos (18-60 años) Requerimiento: 4,2 mg/día	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	1,0
Ca	AP/porción	1,5	1,1	0,8	2,9	1,1	1,6
	% cobertura en niños (4-10 años) Requerimiento: 220 mg/día	0,7	0,5	0,4	1,3	0,5	0,7
	% cobertura en adolescentes (11-17 años) Requerimiento: 440 mg/día	0,3	0,2	0,2	0,7	0,3	0,4
	% cobertura en adultos (18-60 años) Requerimiento: 520 mg/día	0,3	0,2	0,2	0,6	0,2	0,3

Tabla X. Aporte potencial de una porción de los panes libres de gluten (P1 a P5) y del pan con harina de trigo (PHT) y porcentaje de cobertura de los requerimientos diarios de Fe, Zn y Ca, de una porción de dichos panes, para tres grupos etarios: niños: 4-10 años; adolescentes: 11-17 años; adultos: 18-60 años.

Mineral	Atributo	P1	P2	P3	P4	P5	PHT
Fe	AP/porción	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,09
	% cobertura en niños (4-10 años) Requerimiento: 0,89 mg/día	2,2	2,2	4,5	3,4	3,3	10,1
	% cobertura en adolescentes masc. (11-17 años) Requerimiento: 1,7 mg/día	1,2	1,2	2,4	1,8	1,8	5,3
	% cobertura en adolescentes fem. (11-17 años) Requerimiento: 3,2 mg/día	0,6	0,6	1,3	0,9	0,9	2,8
	% cobertura en adultos masc. (18-60 años) Requerimiento: 1,4 mg/día	1,4	1,4	2,9	2,1	2,1	6,4
	% cobertura en adultos fem. (18-60 años) Requerimiento: 2,9 mg/día	0,7	0,7	1,4	1,0	1,0	3,1
Zn	AP/porción	0,03	0,02	0,05	0,03	0,03	0,04
	% cobertura en niños (4-10 años) Requerimiento: 1,8 mg/día	1,7	1,1	2,8	1,7	1,7	2,2
	% cobertura en adolescentes (11-17 años) Requerimiento: 5,5 mg/día	0,5	0,4	0,9	0,5	0,5	0,7
	% cobertura en adultos (18-60 años) Requerimiento: 4,2 mg/día	0,7	0,5	1,2	0,7	0,7	1,0
Ca	AP/porción	2,0	1,6	2,0	0,8	1,2	2,0
	% cobertura en niños (4-10 años) Requerimiento: 220 mg/día	0,9	0,7	0,9	0,4	0,5	0,9
	% cobertura en adolescentes (11-17 años) Requerimiento: 440 mg/día	0,4	0,4	0,5	0,2	0,3	0,5
	% cobertura en adultos (18-60 años) Requerimiento: 520 mg/día	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,4

Tabla XI. Aporte potencial de una porción de las galletitas dulces libres de gluten (G1 a G5) y de las galletitas dulces con harina de trigo (GHT) y porcentaje de cobertura de los requerimientos diarios de Fe, Zn y Ca, de una porción de dichas galletitas, para tres grupos etarios: niños: 4-10 años; adolescentes: 11-17 años; adultos: 18-60 años.

Mineral	Atributo	G1	G2	G3	G4	G5	GHT
Fe	AP/porción	0,03	0,05	0,04	0,05	0,03	0,07
	% cobertura en niños (4-10 años) Requerimiento: 0,89 mg/día	3,4	5,6	4,5	5,6	3,4	7,9
	% cobertura en adolescentes masc. (11-17 años) Requerimiento: 1,7 mg/día	1,8	2,9	2,4	2,9	1,8	4,1
	% cobertura en adolescentes fem. (11-17 años) Requerimiento: 3,2 mg/día	0,9	1,6	1,3	1,6	0,9	2,2
	% cobertura en adultos masc. (18-60 años) Requerimiento: 1,4 mg/día	2,1	3,6	2,9	3,6	2,1	5,0
	% cobertura en adultos fem. (18-60 años) Requerimiento: 2,9 mg/día	1,0	1,7	1,4	1,7	1,0	2,4
Zn	AP/porción	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	% cobertura en niños (4-10 años) Requerimiento: 1,8 mg/día	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	% cobertura en adolescentes (11-17 años) Requerimiento: 5,5 mg/día	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	% cobertura en adultos (18-60 años) Requerimiento: 4,2 mg/día	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ca	AP/porción	0,47	0,46	0,23	0,42	0,34	0,56
	% cobertura en niños (4-10 años) Requerimiento: 220 mg/día	0,21	0,21	0,10	0,19	0,15	0,25
	% cobertura en adolescentes (11-17 años) Requerimiento: 440 mg/día	0,11	0,10	0,05	0,10	0,08	0,13
	% cobertura en adultos (18-60 años) Requerimiento: 520 mg/día	0,09	0,09	0,04	0,08	0,07	0,11

alrededor del 10% como media y en el orden del 15% como alta (34). La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera para el zinc disponibilidades de 15% como bajas, de 30% como moderadas y de 50% como altas (35). No se establecieron clasificaciones para el calcio. El aporte potencial (AP) de cada mineral refleja cuánto se absorbería del mineral en mg cada 100 g de alimento.

En las tablas IX, X, XI y XII se detalla el aporte potencial y el porcentaje de cobertura de los requerimientos diarios de hierro, zinc y calcio de una porción de los bizcochuelos, panes tipo inglés, galletitas dulces y pizzas, respectivamente. El porcentaje de cobertura permite mensurar el impacto que tiene cada alimento en la dieta de las personas que los consumen.

Discusión y Conclusiones

En el mercado se comercializa una gran variedad de premezclas para elaborar productos libres de gluten. Existen premezclas universales, es decir, para elaborar cualquier panificado dulce y/o salado o específicas para un producto en particular. Si bien la oferta es grande,

en general las mismas están compuestas por ingredientes similares en distintas proporciones, harina de arroz, harina de maíz, fécula, mandioca, almidón de maíz y/o de papa. Las féculas y almidones no son fuentes de minerales. En los cereales los minerales se encuentran en los tegumentos externos de los granos. Dado que las harinas utilizadas son generalmente refinadas, se puede considerar que los minerales intrínsecos de los cereales no estarían presentes en cantidades significativas porque se pierden junto con los tegumentos externos (10).

Por esto y debido al alto porcentaje de población con anemia ferropénica, en el año 2003 se sancionó en la Argentina la Ley 25.630 que establece el enriquecimiento de la harina de trigo con sulfato ferroso (30 mg de hierro/kg de harina) (12). Las harinas, premezclas y productos farináceos libres de gluten no se encuentran contemplados en esta ley. Es decir, hay una gran población que debe consumir únicamente productos libres de gluten que no son alcanzados por dicha ley. Cabe aclarar que, si bien para elaborar un producto farináceo libre de gluten se utilizan otros ingredientes, además de las harinas o premezcla, los mismos están en una menor proporción; por ende, el aporte de minerales de estos ingredientes puede no ser significativo.

Tabla XII. Aporte potencial de una porción de las pizzas libres de gluten (Z1 a Z8) y de la pizza con harina de trigo (ZHT) y porcentaje de cobertura de los requerimientos diarios de Fe, Zn y Ca, de una porción de dichas pizzas, para tres grupos etarios: niños: 4-10 años; adolescentes: 11-17 años; adultos: 18-60 años.

Mineral	Atributo	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	ZHT
Fe	AP/porción	0,60	0,64	0,70	0,25	0,48	0,38	0,75	0,43	0,51
	% cobertura en niños (4-10 años) Requerimiento: 0,89 mg/día	67	72	79	28	54	43	84	48	57
	% cobertura en adolescentes masc. (11-17 años) Requerimiento: 1,7 mg/día	35	38	41	15	28	22	44	25	30
	% cobertura en adolescentes fem. (11-17 años) Requerimiento: 3,2 mg/día	19	20	22	8	15	12	23	13	16
	% cobertura en adultos masc. (18-60 años) Requerimiento: 1,4 mg/día	43	46	50	18	34	27	54	31	36
	% cobertura en adultos fem. (18-60 años) Requerimiento: 2,9 mg/día	21	22	24	9	17	13	26	15	18
Zn	AP/porción	0,22	0,18	0,14	0,13	0,14	0,11	0,15	0,21	0,17
	% cobertura en niños (4-10 años) Requerimiento: 1,8 mg/día	12,2	10,0	7,8	7,2	7,8	6,1	8,3	11,7	9,4
	% cobertura en adolescentes (11-17 años) Requerimiento: 5,5 mg/día	4,0	3,3	2,5	2,4	2,5	2,0	2,7	3,8	3,1
	% cobertura en adultos (18-60 años) Requerimiento: 4,2 mg/día	5,2	4,3	3,3	3,1	3,3	2,6	3,6	5,0	4,0
Ca	AP/porción	3,2	3,0	2,8	2,8	1,8	2,1	2,1	2,1	2,9
	% cobertura en niños (4-10 años) Requerimiento: 220 mg/día	1,5	1,4	1,3	1,3	0,8	1,0	1,0	1,0	1,3
	% cobertura en adolescentes (11-17 años) Requerimiento: 440 mg/día	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7
	% cobertura en adultos (18-60 años) Requerimiento: 520 mg/día	0,6	0,6	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6

Si se analizan las tablas V, VI, VII y VIII al comparar los alimentos libres de gluten con su homólogo con harina de trigo, se observa, para los bizcochuelos y los panes, un mayor contenido de hierro respecto del homólogo elaborado con harina de trigo. En las cinco galletitas el contenido de hierro es menor que el de las galletitas con harina de trigo (GHT); sin embargo en cuatro de ellas la diferencia no es estadísticamente significativa. Algo similar ocurre con las pizzas analizadas. Todas presentaron un contenido menor de hierro, aunque en 4 de ellas no se observó una diferencia estadísticamente significativa con respecto a las pizzas con harina de trigo (ZHT). El mayor contenido de hierro en los homólogos se debe a la utilización de harina de trigo enriquecida con sulfato ferroso para su elaboración. Si se compara el contenido de zinc de los homólogos elaborados con harina de trigo con respecto a los alimentos libres de gluten se observa que el bizcochuelo con harina de trigo (BHT) presentaba un contenido mayor (sin diferencia estadísticamente significativa) respecto a los bizcochuelos libres de gluten. Por su parte, el pan con harina de trigo (PHT) y ZHT presentaron un contenido comprendido dentro de los valores correspondientes a los panes y las pizzas libres de gluten. Las GHT

presentaron un contenido mayor (con una diferencia estadísticamente significativa) respecto a las galletitas libres de gluten. Respecto del contenido de calcio, el BHT presentó un contenido comprendido dentro de los valores que presentan los bizcochuelos libres de gluten. El PHT presentó un contenido mayor (con diferencia significativa) que los panes libres de gluten, con excepción de P3, que no presentaba una diferencia significativa. GHT y ZHT mostraron un contenido mayor (con diferencia significativa) que el de las galletitas y pizzas libres de gluten. El contenido de calcio de los cuatro grupos de alimentos varió según la presencia de leche, huevo y/o fosfato monocalcico, tanto en la mezcla como en los ingredientes para elaborar el producto terminado.

Al comparar el homólogo elaborado con harina de trigo y los alimentos libres de gluten que fueron elaborados exactamente con la misma receta (BHT con B1, B2 y B3; PHT con P1; GHT con cualquiera de las galletitas y ZHT con Z1 y Z2) se observó en todos los casos un mayor aporte de zinc y calcio por parte del alimento elaborado con harina de trigo. La harina de trigo presentó un contenido similar de zinc (1,15 mg/100 g) y un mayor contenido de calcio (22 mg/100 g) que la harina de

arroz (1,20 mg/100 g de zinc y 5,3 mg/100 g de calcio) y un menor contenido de zinc, pero un mayor contenido de calcio que la harina de sorgo (1,9 mg/100 g de zinc y 8,6 mg/100 g de calcio) (22) (36). Se debe tener en cuenta que para elaborar estos productos se utilizó igual proporción de premezcla que de harina de trigo. El menor aporte de zinc y calcio de los alimentos libres de gluten podría deberse a que las premezclas cuentan con una proporción de harina de arroz y/o sorgo y otra de ingredientes que no aportan estos minerales, tales como almidones, féculas y aceites. Asimismo, podrían contener otros ingredientes que podrían aportar estos minerales, pero que se encuentran en muy baja proporción en la premezcla, como leche (0,3 mg/100 g de Zn y 120 mg/100 g de Ca) o huevos (1,24 mg/100 g de Zn y 56 mg/100 g de Ca) (37) (38).

Otro factor que se debe tener en cuenta es la biodisponibilidad de los minerales. Esta depende de varios factores como la forma química en la que el mineral está presente, los métodos de procesamiento, las características individuales del consumidor (la edad, el sexo y la condición fisiológica) y la composición del alimento que lo contiene. Esto último refiere a la presencia de promotores de la absorción como la vitamina C, el ácido láctico y el ácido tartárico, así como inhibidores tales como la vitamina E, fitatos, oxalatos, polifenoles, fibra dietaria, albúmina de huevo, caseína, proteínas de leguminosas, cobre, calcio, carbonato de magnesio, los taninos, etc. (39) (40). El efecto que ejercen los promotores o inhibidores sobre la biodisponibilidad de los minerales se puede evaluar mediante el método de dializabilidad *in vitro*.

Se observó una gran variación de las %D de los tres minerales para los cuatro grupos de alimentos. Esto es realmente muy difícil de predecir ya que depende de la gran variabilidad de componentes de las premezclas y de ingredientes utilizados para elaborar los diferentes alimentos, así como de la variabilidad de la composición de las materias primas de origen vegetal a consecuencia de factores genéticos, ambientales y/o de procesamiento (41). Según la clasificación que da la FAO, la %D del hierro de los bizcochuelos y algunos panes era baja (P1 y P5), la del resto de los panes libres de gluten era moderada (P2, P3 y P4) y para todas las galletitas y pizzas era alta, a excepción de la G5 y Z4 que era baja (34). En cuanto a la clasificación que da la OMS para el zinc, se observa que la dializabilidad de todos los productos analizados era baja a excepción de algunos productos como G1, G2, G5, Z1 y Z2 que presentaron valores entre bajos y moderados (35). Para el calcio, los bizcochuelos presentaron las menores % D, mientras que las galletitas las mayores. Para las cuatro categorías de alimentos, las %D de los tres minerales del homólogo elaborado con harina de trigo se encontraban dentro de los valores de %D de los alimentos libres de gluten. La única excepción fue la %D de zinc de GHT que

fue menor respecto al de las galletitas libres de gluten con diferencia estadísticamente significativa.

Las pizzas fueron las que presentaron mayor AP de hierro y zinc respecto a las otras tres categorías de alimentos. Para poder mensurar este aporte y evaluar el impacto nutricional de estos alimentos se calculó el aporte potencial por porción de cada mineral y el porcentaje de cobertura de los requerimientos diarios de cada mineral en tres grupos etarios: niños de 4 a 10 años, adolescentes de 11 a 17 años y adultos de 18 a 60 años (32).

Para los bizcochuelos, panes y galletitas (Tablas IX, X y XI) se observó que tanto los aportes potenciales por porción como los porcentajes de cobertura de los tres minerales para todos los grupos etarios eran realmente bajos. Las pizzas (Tabla XII) presentaron un considerable aporte por porción y un buen porcentaje de cobertura de hierro. Para el zinc, las pizzas fueron las que presentaron mayor aporte por porción respecto al resto de los alimentos analizados; sin embargo, los aportes por porción y los porcentajes de cobertura igualmente eran bajos. Al igual que para las otras tres categorías de alimentos, el aporte por porción y el porcentaje de cobertura de calcio de las pizzas era realmente bajo.

Se observó el impacto del enriquecimiento de la harina de trigo con sulfato ferroso, reflejado en un mayor porcentaje de cobertura de hierro del bizcochuelo, del pan y de la galletita elaborada con harina de trigo respecto a los homólogos libres de gluten. Esto no ocurrió con la pizza ya que el %D de ZHT resultó una de las más bajas respecto de las pizzas libres de gluten.

Al elevado consumo de bizcochuelos, panes, galletitas y pizzas, cuyo aporte mineral es escaso, se le suman los problemas que presenta la población celíaca para absorber dichos minerales. Es necesario tener en cuenta que la recuperación histológica del intestino en personas celíacas es lenta o incluso puede no producirse en personas que siguen una DLG estricta. Un estudio reciente realizado en Portugal estableció que sólo un tercio de los individuos tuvieron una normalización histológica en el momento de la reevaluación endoscópica, que se realizó dentro de los 12 y 24 meses del inicio de DLG. Esta normalización histológica tiende a producirse con menos frecuencia en los adultos que en los niños. Se cree que esto se debe a una exposición constante pero mínima al gluten, insuficiente para provocar síntomas, pero lo suficientemente significativa como para producir cierto grado de inflamación y atrofia intestinal (42). Este es un factor a tener en cuenta debido a que, aunque la población celíaca lleve una estricta DLG, una proporción continuará con el síndrome de malabsorción de nutrientes debido al persistente daño histológico de la mucosa del intestino delgado. Si se observa el aporte mineral que presentan los cuatro grupos de alimentos estudiados, se considera que resultaría de suma importancia mejorar el perfil mineral de los alimentos libres de gluten.

El enriquecimiento de las premezclas utilizadas en la elaboración de alimentos libres de gluten podría resultar una opción válida para ese fin.

Se realizaron cálculos teóricos para evaluar el impacto que tendría el posible enriquecimiento de las premezclas. Para ello se consideró que las premezclas utilizadas son adicionadas con sulfato ferroso en la concentración establecida por la ley 25.630 (30 mg de hierro/kg). Al valor obtenido experimentalmente en cada muestra se le sumó el aportado por la premezcla, teniendo en cuenta la proporción de ésta en cada receta. Además, se calculó el aporte potencial porcentual considerando la %D experimental.

Los contenidos de hierro de los diferentes grupos de alimentos (1,5-1,9 mg/100 g para los bizcochuelos; 1,7-2,4 mg/100 g para los panes; 2,3-2,5 mg/100 g para las galletitas y 3,0-4,4 mg/100 g para las pizzas) así como sus aportes potenciales porcentuales (0,03-0,10 mg/100 g para los bizcochuelos; 0,11-0,27 mg/100 g para los panes; 0,24-0,45 mg/100 g para las galletitas y 0,3-0,85 mg/100 g para las pizzas) estarían en los niveles de sus homólogos elaborados con harina de trigo.

Estas estimaciones son importantes porque demuestran que regularmente las personas que deben seguir una DLG pierden la oportunidad de ingerir un alimento cuyo porcentaje de cobertura de hierro sea equivalente al que consumen las personas que pueden ingerir alimentos con gluten, si las harinas y premezclas libres de gluten estuvieran enriquecidas con hierro.

Otra forma de mejorar el perfil mineral de los alimentos libres de gluten sin recurrir al enriquecimiento o fortificación es emplear en su formulación harinas de pseudocereales como el trigo sarraceno, *teff*, amaranto o quinoa. Estos se caracterizan por un alto contenido de minerales, entre otras virtudes. En un estudio realizado en Irlanda se comparó el contenido de hierro, zinc, calcio y magnesio de un pan elaborado con harina de arroz y almidón de maíz y tres panes elaborados con harina de arroz y un 50% de harina de amaranto, quinoa o trigo sarraceno. El contenido de los cuatro minerales en el pan con harina de arroz y almidón de maíz fue el más bajo (1,3 mg/100 g para el hierro, 0,3 mg/100 g para el zinc, 23,7 mg/100 g para el calcio y 20,0 mg/100 g para el magnesio). El pan con amaranto fue el que presentó mayor contenido de hierro (4,3 mg/100 g), calcio (98,1 mg/100 g) y magnesio (149,7 mg/100 g), mientras que el de quinoa presentó el mayor contenido de zinc (2,1 mg/100 g) (43). Por otro lado, la harina *teff* presenta un contenido de hierro (11-33 mg/100 g) y de calcio (100-150 mg/100 g) superior a la de arroz (0,2 mg/100 g para el hierro y 5,3 mg/100 g para el calcio) y a la del sorgo (2,9 mg/100 g para el hierro y 9,8 mg/100 g para el calcio) por lo que resulta un ingrediente interesante para la formulación de alimentos libres de gluten (10).

En conclusión, los productos libres de gluten estudiados se caracterizaron por un bajo contenido y porcentaje de cobertura de los requerimientos diarios de los tres minerales estudiados, a excepción del hierro en las pizzas, cuyo porcentaje de cobertura era considerable. En contraste, en el análisis de los homólogos elaborados con harina de trigo se observó el impacto del enriquecimiento de la harina de trigo con sulfato ferroso. Sería conveniente contemplar la implementación de políticas públicas para que la población que debe consumir alimentos libres de gluten tenga acceso a alimentos enriquecidos, como ocurre con la harina de trigo. Otra opción sería evaluar la utilización de otras formulaciones de premezclas libres de gluten que incluyan harinas de pseudocereales para mejorar su calidad mineral.

Fuentes de financiación

Este trabajo fue parcialmente financiado por la Universidad de Buenos Aires (UBACYT 20020190100121BA).

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses respecto del presente trabajo.

Correspondencia

Lic. SILVINA BELÉN MÁRQUEZ

Correo electrónico: smarquez@docente.ffyba.uba.ar

Referencias bibliográficas

1. World Gastroenterology Organisation Global Guidelines. World Gastroenterology Organisation (WGO). 2016 Jun; Disponible en: <https://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/celiac-disease-english-2016.pdf>. (Fecha de acceso: 24 de enero de 2022).
2. Martin J, Geisel T, Maresch C, Krieger K, Stein J. Inadequate nutrient intake in patients with celiac disease: results from a german dietary survey. *Digestion* 2013 Jun; 87 (4): 240-6.
3. Sapone A, Bai JC, Ciacci C, Dolinsek J, Green PHR, Hadjivassiliou M, *et al.* Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification. *BMC Medicine* 2012 Feb; 10 (13): 1-12.
4. Sue A, Dehlsen K, Ooi, CY. Paediatric patients with coeliac disease on a gluten-free diet: nutritional adequacy and macro and micronutrient imbalances. *Curr Gastroenterol Rep* 2018 Jan; 20 (2): 1-12.
5. Mora M, Litwin N, Toca MC, Azcona MI, Solís Neffa R, Ortiz G, *et al.* Prevalencia de enfermedad celíaca: estudio multicéntrico en población pediátrica en cinco distritos urbanos de Argentina. *Arch Argent Pediatr* 2012 Sep; 110 (6): 490-6.

6. Bascuñán KA, Vespa MC, Araya M. Celiac disease: understanding the gluten-free diet. *Eur J Nutr* 2017 Jun; 56: 449–59.
7. Czaja-Bulsa G, Bulsa M. What do we know now about IgE-mediated wheat allergy in children? *Nutrients* 2017 Jan; 9: 35–44.
8. Do Nascimento AB, Fiates GMR, Anjos, AD, Teixeira E. Availability, cost and nutritional composition of gluten-free products. *Br Food J* 2014 Nov; 116 (12): 1842–52.
9. Matos Segura ME, Rosell CM. Chemical composition and starch digestibility of different gluten-free breads. *Plant Foods Hum Nutr* 2011 Sep; 66: 224–30.
10. Stantiall SE, Serventi L. Nutritional and sensory challenges of gluten-free bakery products: a review. *Int J Food Sci Nutr* 2017 Jun; 69 (4): 427–36.
11. Di Nardo G, Villa MP, Conti L, Ranucci G, Pacchiarotti C, Principessa L, *et al.* Nutritional deficiencies in children with celiac disease resulting from a gluten-free diet: a systematic review. *Nutrients* 2019 Jul 13; 11 (7): 1588.
12. Ley N° 25.630 Enriquecimiento de harinas en Argentina 2002. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/Legislacion/Alimentos/Ley_25630.pdf. (Fecha de acceso: 24 de enero de 2022).
13. De la Guardia M, Garrigues S. Handbook of mineral elements in food. 1st ed. Valencia, España: John Wiley & Sons, Ltd; 2015.
14. Guías Alimentarias para la Población Argentina (GAPA). Ministerio de Salud de la Nación. 2016; Disponible en: http://www.msal.gov.ar/images/stories/bes/graficos/0000001007cnt-2017-06_guiaalimentaria-poblacion-argentina.pdf. (Fecha de acceso: 24 de enero de 2022).
15. Freeman HJ. Iron deficiency anemia in celiac disease. *World J Gastroenterol* 2015 Aug; 21: 9233–8.
16. Pita Matín de Portela ML. Aspectos nutricionales de vitaminas y minerales en el siglo XXI. 1ª edition. Buenos Aires, Argentina: Asociación Argentina de Tecnólogos Alimentarios; 2015.
17. Tran CD, Katsikeros R, Manton N, Krebs NF, Hambidge KM, Butler RN, *et al.* Zinc homeostasis and gut function in children with celiac disease. *Am J Clin Nutr* 2011 Oct; 94: 1026–32.
18. Melini V, Melini F. Gluten-free diet: gaps and needs for a healthier diet. *Nutrients* 2019 Jan; 11: 170.
19. Vici G, Belli L, Biondi M, Polzonetti V. Gluten free diet and nutrient deficiencies: a review. *Clin Nutr* 2016 Dec; 35 (6): 1236–41.
20. Babio N, Alcázar M, Castillejo G, Recasens M, Martínez-Cerezo F, Gutiérrez-Pensado V, *et al.* Patients with celiac disease reported higher consumption of added sugar and total fat than healthy individuals. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2017 Jan; 64 (1): 63–9.
21. Binaghi MJ, Ambrosi V, López LB. Biodisponibilidad potencial de hierro, calcio y zinc en galletitas, pastas y *snacks* comerciales libres de gluten. *Diaeta* 2019 Oct; 37 (169): 8–17.
22. Dyner LM, Ferreyra V, Wright R, Marquez SM, Cagnasso C, Olivera Carrión M. Premezclas comerciales libres de gluten y desarrollo de nuevas formulaciones. Situación de escolares celíacos respecto al hierro y zinc. Academia Nacional de Farmacia y Bioquímica. *Anales* 2017; Páginas 127–148. Disponible en: <http://www.anfyb.com.ar/wp-content/uploads/2016/07/ANALES-2017.pdf> (Fecha de acceso: 24 de enero de 2022).
23. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina. Productos panificados. 2011; Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/farina-ceos/Productos/ProductosPanificados_2011_04Abr.pdf (Fecha de acceso: 24 de enero de 2022).
24. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina. Galletitas y bizcochos. 2011; Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/farina-ceos/Productos/GalletitasBizcochos_2011_12Dic.pdf (Fecha de acceso: 24 de enero de 2022).
25. Código Alimentario Argentino, actualizado, Capítulo XXI. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo_XXI.pdf. (Fecha de acceso: 24 de enero de 2022).
26. Miller D, Schrinken BR, Rassmussen RR. An in vitro method for estimation of iron availability from meals. *Am J Clin Nutr* 1981 Oct; 34: 248–56.
27. Wolfgor R, Drago SR, Rodriguez V, Pellegrino N, Valencia ME. *In vitro* measurement of iron availability in fortified foods. *Food Res Int* 2001 Jun; 35: 85–90.
28. Drago SR, Binaghi MJ, Valencia ME. Effect of gastric digestion pH on iron, zinc, and calcium dializability from preterm and term starting infant formulas. *J Food Sci* 2005 Mar; 70 (2): 107–12.
29. Official Method of Analysis of AOAC International. 17th Edition. Washington DC, USA. Association of Official Analytical Chemists 2000.
30. Perkin-Elmer Corp. Calcio, Hierro y Zinc. Analytical method for atomic absorption spectrophotometry. Norwalk CT 1971
31. Varian. Analytical methods for flame spectroscopy. 1979. Publication N° 85.
32. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del CODEX sobre nutrición y alimentos para regímenes especiales. FAO. 2009; 1–5.
33. Código Alimentario Argentino, actualizado, Capítulo V. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_capitulo_v_rotulacion_actualiz_2021-08.pdf (Fecha de acceso: 24 de enero de 2022).
34. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Necesidades de vitamina A, hierro, folato y vitamina B 12: informe de una consulta mixta FAO/OMS. 1991; 23: 39–60.
35. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO/OMS). Vitamin and mineral requirements in human nutrition. 2004; 2nd ed. Disponible en: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42716/9241546123.pdf;jsessionid=1805ECD1C4ADC2548B7980FFF1F->

- 6C11F?sequence=1 (Fecha de acceso: 24 de enero de 2022).
36. U.S. Department Of Agriculture. Food Data Central. 2020 Apr. Disponible en: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/790018/nutrients> y <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/790214/nutrients> (Fecha de acceso: 24 de enero de 2022).
 37. TABLA de Composición de Alimentos – Argenfoods – UNLu. Disponible en <http://www.argenfoods.unlu.edu.ar/Tablas/Grupo/Leche.pdf> y <http://www.argenfoods.unlu.edu.ar/Tablas/Grupo/Huevo.pdf> (Fecha de acceso: 24 de enero de 2022).
 38. U.S. Department Of Agriculture. Food Data Central. 2019 Nov. Disponible en: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/748967/nutrients> (Fecha de acceso: 24 de enero de 2022).
 39. Kiewlicz J, Rybicka I. Minerals and their bioavailability in relation to dietary fiber, phytates and tannins from gluten and gluten-free flakes. *Food Chem* 2020 Feb 1; 305,125452.
 40. Rogaska A, Reguła J, Suliburska J, Krejpcio Z. A comparative study of the bioavailability of Fe, Cu and Zn from gluten-free breads enriched with natural and synthetic additives. *Foods* 2020 Dec; 9 (12): 1853-65.
 41. Suliburska J, Krejpcio Z, Reguła J, Grochowicz A. Evaluation of the content and the potential bioavailability of minerals from gluten-free products. *Acta Sci Pol Technol Aliment* 2013 Mar; 12 (1): 75-9.
 42. Bernardes C. Mucosal healing in celiac disease: a necessary or unrealistic goal? *GE Port J Gastroenterol* 2020 Aug; 27 (5): 299-301.
 43. Alvarez-Jubete L, Arendt EK, Gallagher E. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as glutenfree ingredients. *Int J Food Sci Nutr* 2009; 60 (Suppl 4): 240–57.

Recibido: 08 de marzo de 2022

Aceptado: 09 de junio de 2022