



Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

INVESTIGACIÓN – *versión post-print*

Esta es la versión aceptada. El artículo puede recibir modificaciones de estilo y de formato.

Bioaccesibilidad de minerales en alimentos elaborados con premezclas
comerciales libres de gluten

Mineral bioavailability in foods made with gluten-free commercial premixes

Maria Julieta Binaghi^{a*}, Luis Marcelo Dyner^a, Laura Beatriz Lopez^a.

^a Cátedra de Bromatología, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.
Buenos Aires, Argentina.

* jbinaghi@ffyb.uba.ar

Recibido: 17/05/2018; Aceptado: 27/03/2019; Publicado: 05/06/2019

CITA: Binaghi MJ, Dyner LM, Lopez LB. Bioaccesibilidad de minerales en alimentos elaborados con premezclas comerciales libres de gluten. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2019; 23(2). doi: 10.14306/renhyd.23.2.606 [ahead of print]

La Revista Española de Nutrición Humana y Dietética se esfuerza por mantener a un sistema de publicación continua, de modo que los artículos se publiquen antes de su formato final (antes de que el número al que pertenecen se haya cerrado y/o publicado). De este modo, intentamos poner los artículos a disposición de los lectores/usuarios lo antes posible.

The Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics strives to maintain a continuous publication system, so that the articles are published before its final format (before the number to which they belong is closed and/or published). In this way, we try to put the articles available to readers/users as soon as possible.

RESUMEN

Introducción: En Argentina la enfermedad celíaca tiene una prevalencia de 1% a 2%. El único tratamiento efectivo para esta patología es una dieta permanente libre de gluten. La misma puede conducir a posibles deficiencias de algunos nutrientes. El objetivo del presente trabajo fue determinar la bioaccesibilidad de hierro, calcio y zinc, en alimentos libres de gluten elaborados con premezclas comerciales disponibles en el mercado argentino.

Material y métodos: Se analizaron 12 alimentos elaborados con 9 premezclas diferentes. Se analizaron productos de repostería (budín y bizcochuelo), panes y pizzas. Se determinó el contenido total de hierro, calcio y zinc por espectrometría de absorción atómica y la dializabilidad (D%) por un método in vitro que simula las condiciones gastrointestinales. El aporte potencial (AP) se calculó en base al contenido total cada mineral y su dializabilidad. Como el AP representa el mineral disponible para la absorción, se comparó con los valores de requerimientos mínimos (R).

Resultados: El contenido de hierro en las muestras varió entre 0,4-2,5 mg/100 g; el de calcio entre 22-167 mg/100 g y el de zinc 0,13-1,93 mg/100 g. En el caso de la D% se obtuvieron los siguientes valores: D%Fe: 11,8-20,1%; D%Ca: 15,6-28,9% y D%Zn: 8,1-15,7%. Respecto al porcentaje de cobertura de los requerimientos diarios con una porción de los alimentos estudiados se observó que hay una gran variación dependiendo del alimento y del grupo etario estudiado.

Conclusión: el contenido y la cantidad de minerales disponibles de los alimentos libres de gluten analizados son relativamente bajos.

Palabras Claves: Enfermedad Celíaca; Dieta Sin Gluten; Alimentos; Oligoelementos; Estado Nutricional; Hierro; Calcio; Zinc.

ABSTRACT

Introduction: Celiac disease has prevalence between 1% and 2% in Argentina. The only effective treatment for this pathology is a permanent gluten-free diet. This can lead to possible nutrient deficiencies. The objective of the present work was to determine the bioaccessibility of iron, calcium and zinc, in gluten-free foods prepared with commercial premixes available in the Argentinean market.

Material and methods: 12 foods prepared with 9 different premixes were analyzed: Pastry products (pudding and cake), breads and pizzas were analyzed. The total content of iron, calcium and zinc was determined by atomic absorption spectrometry and dialyzability (D%) by an in vitro method that simulates gastrointestinal conditions. The potential contribution (PA) was calculated based on its total content and dialyzability. Since the PA represents the mineral available for absorption, this data was compared with the minimum requirement (R) values.

Results: The iron content in the samples varied between 0.4-2.5 mg/100 g; calcium between 22-167 mg/100 g and zinc 0.13-1.93 mg/100 g. In the case of D%, the following values were obtained: D% Fe: 11.8-20.1%; D% Ca: 15.6-28.9% and D% Zn: 8.1-15.7%. Regarding the percentage of coverage of the daily requirements with a portion of the foods studied, we could observe that there was a great variation depending on the food and the age group studied.

Conclusion: the content and amount of minerals available from the gluten-free foods analyzed are relatively low.

Keywords: Celiac Disease; Diet, Gluten-Free; Food; Trace Elements; Nutritional Status; Iron; Calcium; Zinc.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad celíaca es un trastorno de por vida caracterizado por un cuadro clínico heterogéneo¹. Estudios de detección recientes han revelado que la prevalencia sería alrededor del 1% al 2% en población pediátrica^{2,3}. El único tratamiento efectivo para esta patología es una dieta permanente libre de gluten, que generalmente resulta en beneficios clínicos, histológicos y respuesta serológica⁴. En el caso puntual de los niños, el crecimiento y el desarrollo pueden volver a la normalidad cuando se adopta la dieta libre de gluten^{5,6}. El consumo de gliadina provoca una lesión progresiva de la mucosa mediada por la inflamación de todo el tracto intestinal, resultando de este modo una pérdida del área superficial de absorción del mismo y como consecuencia de esto se producen importantes deficiencias nutricionales⁷. No siempre es sencillo para el paciente con enfermedad celíaca seguir estrictamente una dieta apta y tomar las decisiones nutricionales correctas⁸. La dieta libre de gluten puede conducir a posibles deficiencias de nutrientes (como fibra y micronutrientes específicos) o exceso de nutrientes (por ejemplo, de grasas saturadas)⁹. En el caso de los minerales existen dos inconvenientes. Por un lado, se sabe que el duodeno y el yeyuno proximal son necesarios para una buena absorción del hierro¹⁰, de hecho, se ha informado que entre 46% y el 63% de los pacientes celíacos padecen anemia ferropénica^{5,6,8}. Sin embargo, también varios estudios han demostrado, que la dieta libre de gluten suele ser pobre en minerales¹¹⁻¹³. Diversos investigadores estudiaron insuficiencias nutricionales de la dieta libre de gluten, y encontraron que 1 de cada 10 pacientes presenta una ingesta inadecuada de minerales, en particular magnesio y calcio en ambos sexos, zinc en hombres y hierro en mujeres¹⁴. Sin embargo, después de la curación de la mucosa del intestino delgado la reposición, por ejemplo, de las reservas de hierro puede requerir una cantidad considerable de tiempo (6 a 12 meses)^{11,15}. En este sentido, resulta muy importante recomendar a los pacientes alimentos naturalmente libres de gluten y ricos en hierro como carne y verduras. Además, se recomienda la lectura cuidadosa de la etiqueta de los productos libres de gluten para evaluar el contenido de hierro¹⁶.

Durante muchos años, la atención de productores y consumidores se centró en la ausencia de gluten y las propiedades sensoriales de los productos libres de gluten, pero últimamente también el valor nutricional se ha convertido en un aspecto importante. Muchos estudios indican deficiencias nutricionales en personas con una dieta rigurosa libre de gluten basada en las materias primas más populares, como el maíz o el arroz^{14,16}. Por lo tanto, las personas buscan materias primas libres de gluten menos populares como amaranto, quinua y bellota, que pueden mejorar la calidad nutricional de su dieta. Hasta donde se sabe, los datos relativos al contenido

de minerales en varios productos de granos libres de gluten, especialmente de materias primas menos populares, son muy limitados¹⁷.

El número de productos para celíacos disponible en el mercado aumenta significativamente cada año y los consumidores tienen una mayor variedad de los mismos. Resulta necesario entonces conocer su calidad nutricional¹⁸. En el caso particular de los minerales hay que tener en cuenta, además de la cantidad agregada, la fuente empleada para proporcionarlo, ya que muchas veces la biodisponibilidad de los minerales de fortificación varía enormemente según la fuente empleada o la combinación realizada.

Entre los métodos disponibles para evaluar la biodisponibilidad de minerales, la medición de isótopos estables en humanos es la metodología de elección^{19,20}. Sin embargo, el alto costo que implica llevarla a cabo limita mucho su uso. En el presente trabajo se utilizará un método *in vitro* que involucra una digestión enzimática en condiciones que simulan las fisiológicas. El mismo nos permite simular parcialmente lo que sucede en el tracto digestivo humano. Este método ha sido ampliamente empleado a nivel mundial^{21,22}, para poder evaluar cuán disponible es una fuente de fortificación respecto a otra, y de este modo poder realizar un ranking con las mismas. También nos permite evaluar tanto la acción promotora como inhibidora de los diferentes componentes de los alimentos. Este método permite evaluar la dializabilidad o bioaccesibilidad mineral y no se hace referencia a biodisponibilidad.

Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar la bioaccesibilidad de hierro, calcio y zinc, en alimentos libres de gluten elaborados con premezclas comerciales disponibles en el mercado argentino.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestra

Se analizaron distintos alimentos elaborados a partir de premezclas disponibles en el mercado.

Se analizaron 12 alimentos (2 budines, 3 bizcochuelos, 1 pan inglés, 4 panes y 2 pizzas) elaborados, con 9 premezclas diferentes, de 5 marcas comerciales disponibles en el mercado.

En la Tabla 1 se detallan los ingredientes de las premezclas empleadas para preparar los alimentos analizados.

Tabla 1. Descripción de los ingredientes de las premezclas utilizadas para preparar los diferentes alimentos

MUESTRAS	INGREDIENTES DE LA PREMEZCLA UTILIZADA
Premezcla para panadería y repostería. Libre de gluten. Premezcla roja. (PM1)	Harina de arroz, fécula de mandioca, almidón de maíz, fécula de papa, azúcar, aceite vegetal, leche, huevo, sal, emulsionantes (estearoil, lactilato de sodio, lecitina de soja), estabilizantes (carboximetilcelulosa, goma xántica, goma guar).
Premezcla para preparar budín sabor vainilla libre de gluten. (PM2)	Azúcar, huevo entero en polvo, harina de sorgo, almidón de maíz, harina de arroz. Emulsionantes: mono y diglicéridos de ácido láctico y propilenglicolester. Harina de soja, leche entera deshidratada. Leudantes químicos (bicarbonato de sodio, pirofosfato ácido de sodio y fosfato monocálcico). Aromatizante vainillina.
Premezcla para preparar Bizcochuelo sabor vainilla libre de gluten. (PM3)	Azúcar, huevo entero en polvo, harina de arroz, harina de sorgo, almidón de maíz. Emulsionantes: mono y diglicéridos de ácido láctico y propilenglicolester. Leche entera deshidratada, harina de soja. Aromatizante vainillina. Leudantes químicos (pirofosfato ácido de sodio, bicarbonato de sodio y fosfato monocálcico).
Premezcla para panadería y repostería. Libre de gluten. (PM4)	Almidón de maíz, harina de arroz, fécula de mandioca, emulsionante (INS 471), espesante (INS 415)
Premezcla universal (para panificación, repostería y cocina). (PM5)	Almidón de mandioca, harina de arroz, féculas de maíz y de papa, leche descremada en polvo, aceite hidrogenado, huevo entero en polvo, sal emulsionante mono y diglicéridos de los ácidos grasos, espesante de goma guar.
Premezcla para preparar pan inglés libre de gluten. (PM6)	Almidón de maíz, harina de sorgo, harina de arroz, azúcar, ovoalbúmina en polvo, sal, estabilizantes (goma xántica y carboximetilcelulosa), alfa-amilasa fúngica.
Premezcla para preparar PAN libre de gluten. Producto sin TACC. (PM7)	Almidón de maíz. Harina integral de sorgo blanco, harina de Arroz, azúcar, espesante, estabilizante: goma xántica, sal.

Premezcla para preparar pizza libre de gluten. (PM8)	Almidón de maíz, harina de sorgo, harina de arroz, dextrosa, leche entera deshidratada. Emulsionantes: mono y diglicéridos de ácido láctico y propilenglicolester. Ovoalbúmina en polvo, sal. Estabilizantes: goma xántica. Leudantes químicos: pirofosfato ácido de sodio y bicarbonato de sodio.
Premezcla para elaborar pizza. Libre de gluten. (PM9)	Almidón de maíz, harina de arroz, fécula de mandioca, leche en polvo, sal, azúcar, emulsionante (INS 471), espesante INS (415).

La elaboración de los alimentos se realizó siguiendo las instrucciones indicadas por los fabricantes de cada premezcla. Todos los ingredientes utilizados en la elaboración estaban correctamente rotulados como libres de gluten, de acuerdo con lo establecido en el capítulo XVII del Código Alimentario Argentino – CAA²³.

Tabla 2. Lista de ingredientes empleados para la preparación de las muestras analizadas a partir de las premezclas comerciales seleccionadas.

MUESTRA	INGREDIENTES PARA PREPARACION DEL ALIMENTO
Budín PM 1	PM1, azúcar, manteca, leche, huevos, ralladura de limón, polvo de hornear, esencia de vainilla, sal.
Budín PM 2	PM2, agua, margarina.
Bizcochuelo PM 3	PM3, agua, aceite.
Bizcochuelo PM 4	PM4, azúcar, manteca, leche, huevos, ralladura de limón, polvo de hornear, esencia de vainilla, sal.
Bizcochuelo PM 5	PM5, azúcar, manteca, leche, huevos, ralladura de limón, polvo de hornear, esencia de vainilla, sal.
Pan Inglés PM 6	PM6, agua, aceite, levadura seca.
Pan PM 1	Agua, PM1, leche en polvo, azúcar y levadura en polvo.
Pan PM 4	Agua, PM4, leche en polvo, azúcar y levadura en polvo.
Pan PM 5	Agua, PM5, leche en polvo, azúcar y levadura en polvo.
Pan PM 7	Leche, PM7, manteca, huevo.
Pizza PM 8	PM8, agua, queso, levadura seca, salsa tomate, aceite.
Pizza PM 9	PM9, agua, queso, levadura seca, salsa tomate, aceite.

Métodos

La dializabilidad de los minerales (D) fue determinada por medio de un método *in vitro*²⁴ modificado²⁵. Cada muestra fue homogeneizada para facilitar su posterior análisis. Alícuotas de 50 g (11,5 g de muestra en 38,5 ml de agua desionizada) de los homogeneizados fueron incubadas con 5 ml de una solución acuosa al 3% de α -amilasa, durante 30 minutos a 37° C con agitación. Luego, el pH se ajustó a 2 con solución valorada de HCl 6N y se agregaron 1,6 ml de solución pepsina-HCl (16 g/100 mL en HCl 0,1N), incubándose la mezcla a 37° C durante dos horas, con agitación (proceso que simula la digestión estomacal). Dos alícuotas de 15 g del digerido se colocaron en erlenmeyers con bolsas de diálisis (Spectrapore Molecular Weight cut-off 6000-8000) conteniendo 18,75 mL de buffer PIPES 0,15 M y pH variable. El pH del buffer a utilizar fue establecido luego de hacer ensayos previos en base a la matriz alimentaria en estudio²⁶, para obtener un pH final uniforme de $6,5 \pm 0,2$; al final de la segunda incubación a 37° C. Después de una hora de incubación, cuando el pH alcanzó un valor mínimo de 4,5 se agregaron 3,75 ml de una solución mezcla de bilis-pancreatina (2,5% bilis y 0,4% pancreatina en NaHCO₃ 0,1N) prosiguiéndose la incubación durante dos horas a 37° C para simular la digestión intestinal. Las bolsas de diálisis fueron removidas y enjuagadas con agua ultrapura y los dializados se transfirieron a tubos tarados y se pesaron. Los minerales dializados se determinaron por espectroscopía de absorción atómica^{27,28}.

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 HNO₃ -HClO₄ (50:50).

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

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

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

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

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

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

Las determinaciones se hicieron por cuadruplicado y el análisis estadístico se realizó utilizando un análisis de varianza (ANOVA) con un 95% de confianza, con test de Tukey como test a posteriori.

RESULTADOS

En la Tabla N°3 se detalla el contenido total de los tres minerales estudiados (hierro, calcio y zinc) en los 12 alimentos analizados, expresados en mg de mineral por cada 100 g de alimento listo para consumir.

Tabla 3. Contenido de Fe, Ca y Zn en los distintos alimentos estudiados.

MUESTRA	[Fe] mg/100 g	[Zn] mg/100 g	[Ca] mg/100 g
Budín PM 1	0,40 ± 0,09 a	1,15 ± 0,03 *****	31 ± 6 °
Budín PM 2	0,71 ± 0,11 b	1,87 ± 0,08 *****	22 ± 3 °
Bizcochuelo PM 3	2,43 ± 0,08 f	1,80 ± 0,16 *****	81 ± 9 °°°
Bizcochuelo PM 4	1,90 ± 0,10 d	0,17 ± 0,01 **	167 ± 7 °°°°°°
Bizcochuelo PM 5	1,60 ± 0,27 cd	0,13 ± 0,01 *	108 ± 2 °°°°
Pan Inglés PM 6	2,49 ± 0,87 f	0,22 ± 0,01 ***	53 ± 6 °°
Pan PM 1	0,50 ± 0,06 a	1,93 ± 0,22 *****	47 ± 4 °°
Pan PM 4	1,39 ± 0,16 c	0,41 ± 0,08 ****	136 ± 9 °°°°°
Pan PM 5	1,45 ± 0,17 c	0,12 ± 0,04 */**	116 ± 9 °°°°
Pan PM 7	1,62 ± 0,14 c	0,40 ± 0,03 ****	90 ± 5 °°°
Pizza PM 8	2,14 ± 0,07 f	0,42 ± 0,02 ****	114 ± 6 °°°°
Pizza PM 9	1,45 ± 0,27 c	1,23 ± 0,26 *****	135 ± 8 °°°°°

Letras y símbolos diferentes indican diferencia significativa $p < 0,05$

Respecto al contenido de los tres minerales estudiados en las diferentes formulaciones se observó una variedad significativa, siendo el caso de calcio la más marcada.

En la Tabla N°4 se expresa la dializabilidad porcentual de los 3 minerales estudiados cada 100 g de alimentos, lo cual estimaría el porcentaje del mineral ingerido que sería absorbido durante la digestión humana.

Tabla 4. Dializabilidad de Fe, Ca y Zn de los alimentos analizados.

MUESTRA	[D%Fe]	[D%Zn]	[D%Ca]
Budín PM 1	15,5 ± 0,6 b	11,1 ± 0,7 ***	17,8 ± 0,7 °°
Budín PM 2	20,1 ± 1,2 d	15,4 ± 0,5 ****	22,3 ± 0,5 °°°°
Bizcochuelo PM 3	16,6 ± 0,5 b/c	9,0 ± 0,8 */**	23,8 ± 1,2 °°°°
Bizcochuelo PM 4	15,5 ± 0,8 b	15,7 ± 1,1 ****	21,5 ± 1,7 °°°/°°°°
Bizcochuelo PM 5	18,0 ± 0,9 c/d	14,1 ± 1,3 ****	23,9 ± 2,2 °°°/°°°°
Pan Inglés PM 6	20,0 ± 1,1 d	14,5 ± 0,7 ****	28,9 ± 0,7 °°°
Pan PM 1	11,8 ± 0,6 a	8,1 ± 0,4 *	15,6 ± 0,9 °
Pan PM 4	16,3 ± 1,1 b/c	11,3 ± 1,1 ***	27,9 ± 1,9 °°°°°
Pan PM 5	18,4 ± 1,1 d	14,6 ± 1,2 ****	19,9 ± 1,6 °°/°°°
Pan PM 7	12,3 ± 0,6 a	11,4 ± 0,7 ***	27,1 ± 1,4 °°°°°
Pizza PM 8	14,2 ± 1,1 b	8,6 ± 1,3 */**	18,8 ± 1,0 °°
Pizza PM 9	17,9 ± 1,2 c	10,8 ± 1,2 **/****	22,6 ± 1,7 °°°/°°°°

Letras y símbolos diferentes indican diferencia significativa $p < 0,05$

Dado los valores obtenidos para la D%Fe estos alimentos se podrían calificar dentro de los que tienen una biodisponibilidad media²⁹. En el caso del zinc también la biodisponibilidad podría ser considerada media³⁰, pero acercándose más a los límites inferiores. En general los valores de la D%Ca no tiene diferencias significativas a nivel nutricional.

Con los datos del contenido total de cada mineral y los valores de D% de los mismos se calculó la cantidad de cada mineral que potencialmente se absorbería en el tracto gastrointestinal durante la digestión humana.

Tabla 5. Aporte potencial de Fe, Ca y Zn de los alimentos analizados.

MUESTRA	[APFe] mg%	[APZn] mg%	[APCa] mg%
Budín PM 1	0,06	0,13	6
Budín PM 2	0,14	0,29	5
Bizcochuelo PM 3	0,40	0,16	19
Bizcochuelo PM 4	0,29	0,03	36
Bizcochuelo PM 5	0,29	0,02	26
Pan Inglés PM 6	0,50	0,03	15
Pan PM 1	0,06	0,16	7
Pan PM 4	0,23	0,05	38
Pan PM 5	0,27	0,02	23
Pan PM 7	0,20	0,05	24
Pizza PM 8	0,30	0,04	21
Pizza PM 9	0,26	0,17	31

Teniendo el valor del aporte potencial de los tres minerales para cada alimento se eligieron tres poblaciones para evaluar qué porcentaje del requerimiento diario de estos tres micronutrientes se cubrirían con una porción de los alimentos estudiados. Cabe destacar que se tuvo en cuenta el tamaño de la porción estipulada por el CAA para este tipo de alimentos³¹. El tamaño de las porciones está establecido para mayores de 36 meses y para los alimentos analizados son de aproximadamente 60 gramos. Los resultados obtenidos se muestran en las tres tablas siguientes.

Tabla 6. Porcentaje de cobertura de los requerimientos diarios de hierro, con una porción de los alimentos estudiados (60 g) en 3 grupos etarios. Niños: 4-10 años. Adolescentes: 11-17 años. Adultos: 18-60 años.

MUESTRA	[APFe] mg%	niños (4-10)	adolescentes femeninos (11-17)	adolescentes masculinos (11-17)	adultos femeninos (18-60)	adultos masculinos (18-60)
		0,89 mg/día	3,2 mg/día	1,7 mg/día	2,9 mg/día	1,4 mg/día
Budín PM 1	0,06	4	1	2	1	3
Budín PM 2	0,14	9	3	5	3	6
Bizcochuelo PM 3	0,4	27	8	14	8	17
Bizcochuelo PM 4	0,29	20	5	10	6	12
Bizcochuelo PM 5	0,29	20	5	10	6	12
Pan Inglés PM 6	0,5	34	9	18	10	21
Pan PM 1	0,06	4	1	2	1	3
Pan PM 4	0,23	16	4	8	5	10
Pan PM 5	0,27	18	5	10	6	12
Pan PM 7	0,2	13	4	7	4	9
Pizza PM 8	0,3	20	6	11	6	13
Pizza PM 9	0,26	18	5	9	5	11

Tabla 7. Porcentaje de cobertura de los requerimientos diarios de zinc, con una porción de los alimentos estudiados (60 g) en 3 grupos etarios. Niños: 4-10 años. Adolescentes: 11- 17 años. Adultos: 18-60 años.

MUESTRA	[APZn] mg%	niños (4-10)	adolescentes (11-17)	Adultos (18-60)
		1,8 mg/día	5,5 mg/día	4,2 mg/día
Budín PM 1	0,13	4	1,4	1,9
Budín PM 2	0,29	10	3,2	4,1
Bizcochuelo PM 3	0,16	5	1,7	2,3
Bizcochuelo PM 4	0,03	1	0,3	0,4
Bizcochuelo PM 5	0,02	1	0,2	0,3
Pan Inglés PM 6	0,03	1	0,3	0,4
Pan PM 1	0,16	5	1,7	2,3
Pan PM 4	0,05	2	0,5	0,7
Pan PM 5	0,02	1	0,2	0,3
Pan PM 7	0,05	2	0,5	0,7
Pizza PM 8	0,04	1	0,4	0,6
Pizza PM 9	0,17	6	1,9	2,4

Tabla 8. Porcentaje de cobertura de los requerimientos diarios de calcio, con una porción de los alimentos estudiados (60 g) en 3 grupos etarios. Niños: 4-10 años. Adolescentes: 11-17 años. Adultos: 18-60 años.

MUESTRA	[APCa] mg%	niños (4a10) 220 mg/día	Adolescentes (11 a 17) 440 mg/ día	Adultos (18 a 60) 520 mg/día
Budín PM 1	6	2	1	1
Budín PM 2	5	1	1	1
Bizcochuelo PM 3	19	5	3	2
Bizcochuelo PM 4	36	10	5	4
Bizcochuelo PM 5	26	7	4	3
Pan Inglés PM 6	15	4	2	2
Pan PM 1	7	2	1	1
Pan PM 4	38	10	5	4
Pan PM 5	23	6	3	3
Pan PM 7	24	7	3	3
Pizza PM 8	21	6	3	2
Pizza PM 9	31	8	4	4

En cuanto al porcentaje de cobertura diario de los requerimientos para los tres minerales para las diferentes poblaciones estudiadas se observa que es muy variable.

DISCUSIÓN

En el mercado se comercializan distintos tipos de premezclas para elaborar productos libres de gluten. En general las mismas están compuestas por ingredientes similares, como almidón de maíz, harina de sorgo, harina de arroz, fécula de maíz y almidón de mandioca, entre otros, aunque no siempre en las mismas proporciones. Si tenemos en cuenta que en los cereales los minerales se encuentran en los tegumentos externos de los granos, y que todos estos ingredientes son harinas refinadas, féculas o almidones, se puede decir que los minerales intrínsecos de los mismos no estarían presentes en cantidades significativas porque se pierden junto con los tegumentos externos. La misma situación ocurre con las harinas de trigo y productos derivados. Es por ello que, en nuestro país, teniendo en cuenta el alto porcentaje de población con anemia ferropénica, en el año 2003 se sancionó la ley 25630 que establece el enriquecimiento de la harina de trigo con sulfato ferroso. En el caso de la población de pacientes celíacos, estos no se ven alcanzados ya que no consumen estos productos. Si bien las premezclas libres de gluten se utilizan para elaborar alimentos junto a otros ingredientes, los mismos están en una menor proporción.

Como se puede observar en Tabla N°3 el contenido total de hierro y zinc es bajo, mientras que en algunos alimentos el contenido de calcio es moderado. Si se comparan con alimentos elaborados con harina de trigo, se encuentran panes que contienen entre 2,5 y 4,5 mg de Fe/100 g pan dependiendo de la formulación, mientras que los obtenidos en las muestras analizadas son en general bastante menores 0,40 a 2,43 mg Fe/100 g alimento. En el caso del Zn (1,21 a 1,8 mg/100 g) y del Ca (14,3 a 19 mg/100 g), no existe diferencia significativa entre los alimentos libres de gluten y los elaborados con harina de trigo, ya que esta no se encuentra enriquecida con estos minerales y al igual que las harinas libres de gluten, la harina de trigo no posee los tegumentos externos^{32,33}. En estudios realizados en otros países se evaluaron también bizcochuelos y budines libres de gluten y los contenidos de Fe, Ca y Zn también fueron bajos; 0,1–1,3 mg/100 g para Fe; 17-40 mg/100 g para Ca y 0,2–1,0 mg para Zn²⁵.

A su vez al analizar detalladamente los ingredientes de las premezclas en la Tabla N°1 y las formulaciones de los productos en la Tabla N°2 se observa que hay mucha variación, no solo en su composición sino en la proporción de los mismos. Con respecto a los diferentes productos analizados, la concentración de los minerales varía de acuerdo con la formulación empleada en su elaboración. Por otra parte, hay que tener en cuenta que la composición de las harinas empleadas para elaborarlos puede variar dependiendo de la región del país de la que proviene, de las condiciones del suelo, así como modificarse según el año de obtención. Sin embargo, en la

mayoría de los productos que tienen leche el contenido de calcio es mayor, por ejemplo, en los bizcochuelos y panes 4 y 5.

Si se analiza la D% de los tres minerales en todos estos productos, se observa que la dializabilidad obtenida, permite encuadrarlos en alimentos con bioaccesibilidad moderada. Si se comparan los valores obtenidos en los alimentos presentados en la Tabla N° 4, con los valores de dializabilidad obtenidos para un pan elaborado con harina de trigo con D%Fe 10; D%Zn 14 y D%Ca 35³⁴, se observa que en el caso de la D%Fe el pan elaborado con trigo presenta un valor menor, en el caso de la D%Zn el pan con trigo presenta valores intermedios con respecto a los productos libres de gluten y en el caso de D%Ca el pan con trigo supera a los valores obtenidos en productos libres de gluten. Se debe tener en cuenta que las harinas de sorgo, arroz y maíz tienen un contenido más elevado de ácido fítico que la harina de trigo³⁵. Este es un importante inhibidor de la absorción de los tres minerales. Sin embargo, se evidencia más su acción respecto al calcio. Como se mencionó anteriormente, la variación en la proporción de los ingredientes de las premezclas o de los alimentos hacen que exista variación en las dializabilidades.

El budín PM2 y el pan inglés PM6 presentaron los valores más altos de D%Fe, esto podría deberse a que son los únicos alimentos elaborados sin leche (no contienen leche las PM2 y PM 6 y tampoco se agregó leche en su formulación). El resto de los alimentos que presentan valores más bajos de D%Fe contienen leche como ingredientes de las PM y/o se agregó leche en la formulación de los alimentos. La leche ejerce un efecto inhibitorio importante en la D% de los minerales, al formar complejos insolubles entre las caseínas de la leche y los minerales³⁶.

Independientemente del contenido y de cuan disponible estén los minerales en estos alimentos, es de suma importancia saber qué porcentaje de los requerimientos diarios de estos tres micronutrientes, nutricionalmente deficientes en gran parte de la población mundial, logra cubrir una porción de estos alimentos. Esto es particularmente importante para la población celíaca, la cual utiliza habitualmente las premezclas utilizadas en este trabajo y además accede a una variedad de alimentos marcadamente limitada. Por lo tanto, resulta de utilidad el cálculo del aporte potencial, que estima que cantidad de los distintos minerales podrían ser aprovechados por el organismo (valores informados en las Tablas 6, 7 y 8). Los alimentos analizados son consumidos en el desayuno o merienda (budines y bizcochuelos), como acompañantes de una comida (pan) o como comida principal (pizza), por lo tanto, es importante tenerlos en cuenta.

Hoy en día el rango de edad en el cual la celiaquía se manifiesta es muy amplio, es por ello que se estudiaron diferentes rangos etarios. Como son situaciones fisiológicas totalmente diferentes los requerimientos diarios varían, en algunos casos en forma considerable.

Si se considera el aporte de hierro, en los niños con una porción de la mayoría de los alimentos se cubre entre 13 y 34% de los requerimientos diarios de este mineral, sin embargo, en tres alimentos se cubre menos del 10%. Respecto a los adolescentes y adultos es marcada la diferencia entre hombres y mujeres, siendo mayor el aporte diario en los hombres debido a que los requerimientos son menores. Esto se debe a que las pérdidas menstruales en las mujeres aumentan considerablemente los requerimientos diarios de hierro. Una porción de la mayoría de los alimentos cubre menos del 10% de los requerimientos para las mujeres tanto adolescentes como adultas.

Los aportes de zinc y calcio son realmente bajos para los diferentes grupos etarios.

CONCLUSIONES

La metodología utilizada solo permite evaluar la bioaccesibilidad mineral, el contenido y la cantidad de minerales disponibles de los alimentos libres de gluten analizados son relativamente bajos. La bioaccesibilidad de minerales de productos libres de gluten depende del elemento y la composición del producto analizado. Se sugiere a las industrias productoras y/o a los responsables de establecer políticas públicas en el plano nutricional, que adopten conductas apropiadas para que la población celiaca tenga acceso a premezclas enriquecidas, así como lo está la harina de trigo. Asimismo, se puede sugerir también la posibilidad de agregar algún promotor de la absorción fundamentalmente de hierro ya sea en la premezcla, así como en las preparaciones descritas en los rótulos. Se propone diseñar diferentes premezclas libres de gluten para elaborar una variada cantidad de alimentos. Entre otras características, aportarían una cantidad adecuada de micronutrientes que normalmente son deficitarios en la población. Es importante tener en cuenta que estas premezclas pueden aportar algunos inhibidores de absorción de los minerales. Por este motivo, sería conveniente seleccionar adecuadamente las fuentes minerales a utilizar de manera que existan interacciones mínimas con los ingredientes de las premezclas. Además, el agregado de promotores de la absorción mineral permitiría también obtener premezclas libres de gluten con una adecuada bioaccesibilidad mineral.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores expresan que no existen conflictos de interés al redactar el manuscrito.

FINANCIACIÓN

Parcialmente financiado por UBACYT: 20020160100060BA

REFERENCIAS

- (1) Kivelä L, Kaukinen K, Lähdeaho M-L, Huhtala H, Ashorn M, Ruuska T, et al. Presentation of Celiac Disease in Finnish Children Is No Longer Changing: A 50-Year Perspective. *J Pediatr*. 2015;167(5):1109-1115.e1.
- (2) Mäki M, Mustalahti K, Kokkonen J, Kulmala P, Haapalahti M, Karttunen T, et al. Prevalence of Celiac disease among children in Finland. *N Engl J Med*. 2003;348(25):2517-24.
- (3) Webb C, Norström F, Myléus A, Ivarsson A, Halvarsson B, Högberg L, et al. Celiac disease can be predicted by high levels of anti-tissue transglutaminase antibodies in population-based screening. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2015;60(6):787-91.
- (4) Guandalini S, Assiri A. Celiac disease: a review. *JAMA Pediatr*. 2014;168(3):272-8.
- (5) Niewinski MM. Advances in celiac disease and gluten-free diet. *J Am Diet Assoc*. 2008;108(4):661-72.
- (6) Green PHR null, Stavropoulos SN, Panagi SG, Goldstein SL, McMahon DJ, Absan H, et al. Characteristics of adult celiac disease in the USA: results of a national survey. *Am J Gastroenterol*. 2001;96(1):126-31.
- (7) Fasano A, Berti I, Gerarduzzi T, Not T, Colletti RB, Drago S, et al. Prevalence of celiac disease in at-risk and not-at-risk groups in the United States: a large multicenter study. *Arch Intern Med*. 2003;163(3):286-92.
- (8) Rubio-Tapia A, Hill ID, Kelly CP, Calderwood AH, Murray JA, American College of Gastroenterology. ACG clinical guidelines: diagnosis and management of celiac disease. *Am J Gastroenterol*. 2013;108(5):656-76; quiz 677.
- (9) Repo M, Lindfors K, Mäki M, Huhtala H, Laurila K, Lähdeaho M-L, et al. Anemia and Iron Deficiency in Children With Potential Celiac Disease. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2017;64(1):56-62.
- (10) Popov J, Baldawi M, Mbuagbaw L, Gould M, Mileski H, Brill H, et al. Iron Status in Pediatric Celiac Disease: A Retrospective Chart Review. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2018;66(4):651-3.
- (11) Caruso R, Pallone F, Stasi E, Romeo S, Monteleone G. Appropriate nutrient supplementation in celiac disease. *Ann Med*. 2013;45(8):522-31.
- (12) Saturni L, Ferretti G, Bacchetti T. The gluten-free diet: safety and nutritional quality. *Nutrients*. 2010;2(1):16-34.
- (13) Penagini F, Dilillo D, Meneghin F, Mameli C, Fabiano V, Zuccotti GV. Gluten-free diet in children: an approach to a nutritionally adequate and balanced diet. *Nutrients*. 2013;5(11):4553-65.

- (14) Shepherd SJ, Gibson PR. Nutritional inadequacies of the gluten-free diet in both recently-diagnosed and long-term patients with coeliac disease. *J Hum Nutr Diet.* 2013;26(4):349-58.
- (15) Annibale B, Severi C, Chistolini A, Antonelli G, Lahner E, Marcheggiano A, et al. Efficacy of gluten-free diet alone on recovery from iron deficiency anemia in adult celiac patients. *Am J Gastroenterol.* 2001;96(1):132-7.
- (16) Vici G, Belli L, Biondi M, Polzonetti V. Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. *Clin Nutr.* 2016;35(6):1236-41.
- (17) Rybicka I, Gliszczyńska-Świątko A. Minerals in grain gluten-free products. The content of calcium, potassium, magnesium, sodium, copper, iron, manganese, and zinc. *J Food Compost Anal.* 2017;59:61-7.
- (18) Gliszczyńska-Świątko A, Klimczak I, Rybicka I. Chemometric analysis of minerals in gluten-free products. *J Sci Food Agric.* 2018;98(8):3041-8.
- (19) Candia V, Ríos-Castillo I, Carrera-Gil F, Vizcarra B, Olivares M, Chaniotakis S, et al. Effect of various calcium salts on non-heme iron bioavailability in fasted women of childbearing age. *J Trace Elem Med Biol.* 2018;49:8-12.
- (20) Sheftel J, Loechl C, Mokhtar N, Tanumihardjo SA. Use of Stable Isotopes to Evaluate Bioefficacy of Provitamin A Carotenoids, Vitamin A Status, and Bioavailability of Iron and Zinc. *Adv Nutr.* 2018;9(5):625-36.
- (21) Cian RE, Drago SR, De Greef DM, Torres RL, González RJ. Iron and zinc availability and some physical characteristics from extruded products with added concentrate and hydrolysates from bovine hemoglobin. *Int J Food Sci Nutr.* 2010;61(6):573-82.
- (22) Fernández-Palacios L, Ros-Berruezo G, Barrientos-Augustinus E, Jirón de Caballero E, Frontela-Saseta C. Aporte de hierro y zinc bioaccesible a la dieta de niños hondureños menores de 24 meses. *Nutr Hosp.* 2017;34(2):290-300.
- (23) Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Capítulo XVII: Alimentos de Régimen o Dietético. En: Código Alimentario Argentino [Internet]. Buenos Aires: Ministerio de Salud y Desarrollo Social - Argentina; 2018. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo_XVII.pdf
- (24) Miller DD, Schricker BR, Rasmussen RR, Van Campen D. An in vitro method for estimation of iron availability from meals. *Am J Clin Nutr.* 1981;34(10):2248-56.
- (25) Wolfgor R, Drago SR, Rodriguez V, Pellegrino NR, Valencia ME. In vitro measurement of available iron in fortified foods. *Food Res Int.* 2002;35(1):85-90.

- (26) Drago SR, Binaghi M, Valencia ME. Effect of Gastric Digestion pH on Iron, Zinc, and Calcium Dialyzability from Preterm and Term Starting Infant Formulas. *J Food Sci.* 2005;70(2):S107-12.
- (27) Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC International. Horwitz W, editor. Gaithersburg, Md.: Association of Official Analytical Chemists; 2000.
- (28) Perkin-Elmer Corporation. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Norwalk, Conn.: Perkin-Elmer Corp.; 1971.
- (29) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Necesidades de vitamina A, hierro, folato y vitamina B 12: informe de una consulta mixta FAO. Roma: FAO; 1991. 39-60 p. (Estudios FAO Alimentación y nutrición).
- (30) Comisión del Codex Alimentarius. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias: Informe de la 26^a reunión del Comité del CODEX sobre nutrición y alimentos para regímenes especiales [Internet]. Roma: Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, FAO; 2004. Disponible en: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/pt/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-720-26%252Fal28_26s.pdf
- (31) Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Capítulo V: Normas para la Rotulación y Publicidad de los Alimentos. En: Código Alimentario Argentino [Internet]. Buenos Aires: Ministerio de Salud y Desarrollo Social - Argentina; 2017. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo_V.pdf
- (32) Rebellato AP, Bussi J, Silva JGS, Greiner R, Steel CJ, Pallone JAL. Effect of different iron compounds on rheological and technological parameters as well as bioaccessibility of minerals in whole wheat bread. *Food Res Int.* 2017;94:65-71.
- (33) Salinas MV, Hamet MF, Binaghi J, Abraham AG, Weisstaub A, Zuleta A, et al. Calcium–inulin wheat bread: prebiotic effect and bone mineralisation in growing rats. *Int J Food Sci Technol.* 2017;52(11):2463-70.
- (34) Binaghi MJ. Aplicación de un método in vitro para la evaluación de la disponibilidad potencial de minerales en matrices alimentarias diversas. Estimación del aporte potencial de hierro, zinc y calcio en alimentos dirigidos a grupos vulnerables de la población [Internet] [Tesis de Doctorado]. [Buenos Aires]: Universidad de Buenos Aires; 2014. Disponible en: http://repositorioubi.sisbi.uba.ar/gsdli/collect/posgrauba/index/assoc/HWA_790.dir/790.PDF

- (35) Dyner L, Cagnasso C, Ferreyra V, Pita Martín de Portela ML, Apro N, Olivera Carrión M. Contenido de calcio, fibra dietaria y fitatos en diversas harinas de cereales, pseudocereales y otros. *Acta Bioquím Clín Latinoam*. 2016;50(3):435-43.
- (36) Drago SR, Valencia ME. Influence of components of infant formulas on in vitro iron, zinc, and calcium availability. *J Agric Food Chem*. 2004;52(10):3202-7.