

# Efecto del consumo de casabe venezolano sobre la absorción de minerales en un modelo experimental con ratas

## *Effect of consumption of Venezuelan casabe on mineral absorption in a experimental model with rats*

MIRLA C MORÓN C<sup>1</sup>, ANA V ÁVILA A<sup>2</sup>, PABLO I HERNÁNDEZ R<sup>3</sup>

### RESUMEN

El principal producto derivado de la yuca en Venezuela es el casabe, el cual es valorado por su contenido calórico, riqueza en Fibra Dietética (FD) y minerales. En este estudio se determinó el efecto del consumo de diferentes variedades de casabe venezolano sobre la absorción de hierro, cobre y zinc, en un modelo experimental, con 20 ratas machos adultos, cepa *Sprague Dawley*, las cuales fueron divididas en 4 grupos: un control sin fibra y tres grupos experimentales en los que se sustituyó el almidón de maíz por una variedad de casabe, identificados por su procedencia como: "Casabe Miranda", "Casabe Sucre" y "Casabe Amazonas". Las dietas con inclusión de casabe tuvieron un mayor contenido mineral, en comparación con la dieta control. El contenido de FD total y su fracción soluble fueron significativamente mayores en las variedades de casabe Sucre y Amazonas ( $p < 0,05$ ). La inclusión de casabe a las dietas produjo un incremento significativo en la excreción fecal de hierro y cobre ( $p < 0,05$ ). La absorción de los minerales se incrementó para el hierro en las variedades Miranda (3,5%) y Sucre (6%); para el cobre en el grupo Amazonas (32%); mientras que el Zinc fue menos afectado en su absorción a lo largo del ensayo. Los resultados de este estudio señalan que el efecto de la adición de casabe a las dietas sobre la absorción de hierro, cobre y zinc, fue diferente para cada mineral y estuvo relacionado con la dieta que consumieron los animales, dependiendo de la variedad de casabe utilizada.

**Palabras clave:** Fibras en la dieta, Casabe, Minerales en la dieta, Hierro en la dieta, Cobre, Zinc, Venezuela.

### ABSTRACT

The main product from cassava in Venezuela is the Casabe, which is valued for its caloric content, and rich in dietary fiber (DF) and minerals. This study determined the effect of consumption of different varieties of Venezuelan cassava on absorption of iron, copper and zinc, in an experimental model, with 20 adult males rats, strain *Sprague Dawley*, which were divided into 4 groups: a control without fiber and three experimental groups with substitution of cornstarch by a variety of casabe, identified by their origin as: "Casabe Miranda", "Casabe Sucre" and "Casabe Amazonas". Casabe diets had a higher mineral content, compared to the control diet. Total and soluble dietary fiber content were significantly higher in Sucre and Amazonas casabe varieties ( $p < 0,05$ ). The inclusion of casabe to diets resulted in a significant increase in the fecal excretion of iron and copper ( $p < 0,05$ ). The mineral absorption increased for iron in Miranda (3.5%) and Sucre (6%) varieties; for copper in the Amazonas group (32%); while the zinc absorption was less affected throughout the trial. The results of this study indicates that the effect of adding casabe to diets on absorption of iron, copper and zinc, was different for each mineral and was related to the diet consumed by the animals, depending of casabe variety used.

**Key words:** Dietary Fiber, Casabe, Dietary Minerals, Dietary Iron, Copper, Zinc, Venezuela.

1 Laboratorio de Control de Recombinantes y Terapéuticos.

2 Departamento de Control de Recombinantes y Terapéuticos de la División de Control Nacional de Productos Biológicos.

3 Gerencia Sectorial de Registro y Control; Instituto Nacional de Higiene "Rafael Rangel". 02122191771. jholeisa@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

El interés actual por la fibra dietética (FD) como componente de la dieta surge de la asociación epidemiológica entre una elevada ingesta de FD y la menor incidencia de determinadas enfermedades crónicas, como el cáncer de intestino grueso, desórdenes colónicos, constipación, enfermedad diverticular, y desórdenes sistémicos tales como hiperlipidemia, enfermedades cardiovasculares, diabetes y obesidad, entre otras<sup>(1)</sup>.

Las raíces y tubérculos son alimentos básicos de la dieta de los pobladores de América Latina, África, y Asia<sup>(2)</sup>. Dentro de este reglón se destaca la yuca, que es un tubérculo originario de Brasil perteneciente a la familia *Euphorbiacea* y al género *manihot*, siendo la del tipo *E. manihot esculenta* la más conocida comercialmente<sup>(3)</sup>.

El principal producto derivado de la yuca en Venezuela es el casabe. Hoy día, el casabe forma parte de la dieta alimentaria de los venezolanos y es valorado por su contenido calórico y riqueza en FD y minerales<sup>(4)</sup>. Su consumo es muy desigual en el país, alcanzando altos niveles en los estados de la región oriental, en algunas poblaciones indígenas, y en las comunidades de la zona norte costera y de los llanos<sup>(5)</sup>.

Desde el punto de vista nutricional y según la Tabla de Composición de Alimentos de Venezuela, el casabe tiene un aporte de nutrientes por cada 100 gramos de alimento de: 333 kilocalorías, 1,3 gramos de proteína, 0,6 gramos de grasa y 87,4 gramos de carbohidratos, de los cuales, 4,1 gramos son fibra dietética. Además aporta 3,1 miligramos de hierro<sup>(6)</sup>.

Estudios sobre la composición y caracterización nutricional del casabe han señalado que éste es una buena fuente de fibra en la dieta, reportándose un contenido de fibra dietética insoluble de un 4,92 a un 5,67% y de fibra soluble entre un 3,40 a 3,78%<sup>(7; 8)</sup>.

Se ha señalado que la FD o algunos de sus componentes, pueden modificar la absorción de nutrientes tales como carbohidratos, proteínas, lípidos y cationes por un proceso de dilución de la fibra sobre el material alimentario o por alteraciones morfológicas del intestino delgado y efectos sobre la mucosa intestinal<sup>(9)</sup>.

La reducción de la biodisponibilidad de determinados minerales y electrolitos debido a su absorción y eliminación por las heces, constituye uno de los efectos adversos atribuidos tradicionalmente a la fibra dietética<sup>(10)</sup>.

Los mecanismos a través de los cuales la FD altera el proceso digestivo-absortivo no están totalmente esclarecidos, por lo que se plantea la necesidad de realizar estudios fundamentales en los que se relacionen las propiedades fisicoquímicas de las fuentes de fibra y de los compuestos que la integran, con las modificaciones que estos sean capaces de producir sobre la función gastrointestinal y la utilización de nutrientes.

Por lo que, el propósito de este estudio fue determinar el efecto del consumo de diferentes variedades de casabe venezolano sobre la absorción de minerales en un modelo experimental con ratas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ensayo Biológico:

#### Dieta:

Se elaboraron 4 tipos de dieta, una dieta control sin FD siguiendo las recomendaciones del American Institute of Nutrition<sup>(11)</sup>, con un aporte isoproteico de 18% que satisface los requerimientos de la rata, y tres dietas experimentales que se diferenciaron del control por la sustitución del almidón de maíz por una variedad específica de casabe, las cuales fueron identificadas de acuerdo a la procedencia del mismo, como: "Casabe Miranda", "Casabe Sucre" y "Casabe Amazonas". La composición de estas dietas está descrita en la Tabla 1.

Las variedades de casabe venezolano utilizadas fueron obtenidas en los mercados locales de Caripito (estado Sucre), Cupira (estado Miranda), y Puerto Aya-

**Tabla 1**  
**Composición porcentual de las dietas experimentales (g/100 g de mezcla)**

Ingredientes	Control	Casabe Miranda	Casabe Sucre	Casabe Amazonas
Aislado de Soya	18	18	18	18
Aceite de Maíz	8	8	8	8
Almidón de Maíz	68,5	-	-	-
Casabe	-	68,5	68,5	68,5
Mezcla de Vitaminas	1	1	1	1
Mezcla de Minerales <sup>a</sup>	4	4	4	4
Bitartrato de Colina	0,2	0,2	0,2	0,2
L- Metionina	0,3	0,3	0,3	0,3

a. Mezcla AIN-76 de Harlan Teklad

cucho (estado Amazonas). Estas fueron molidas, tamizadas y posteriormente añadidas a los otros componentes de la dieta.

#### **Animales:**

Se utilizaron 20 ratas machos de la cepa *Sprague Dawley*, con un peso inicial promedio de 150g las cuales fueron divididas al azar en cuatro grupos de 5 ratas cada uno. Las ratas fueron alimentadas *ad libitum* durante todo el período experimental (21 días) con las dietas anteriormente mencionadas. El manejo de las ratas, se hizo de acuerdo a las normas internacionales para ensayos con animales<sup>(11)</sup>. Los pesos de los animales, y la ingesta alimentaria se registraron en forma interdiaria, para el cálculo de la ganancia de peso y la estimación del coeficiente de eficiencia alimentaria (CEA), según el método de Campbell<sup>(12)</sup>.

Se realizaron tres recolecciones de heces y de orina de 48 horas cada una, los días 7, 14, y 21 respectivamente. Las heces se secaron a 80 °C y se dejaron a temperatura ambiente hasta su análisis respectivo. Las muestras de orina se colectaron sobre un mililitro de ácido sulfúrico 6N para preservarlas y se mantuvieron congeladas hasta el momento de su análisis.

#### **Determinación de la concentración de hierro, cobre y zinc:**

Se determinaron los niveles de hierro, cobre, y zinc en dietas y heces por espectrofotometría de absorción atómica, previa obtención de las cenizas por el método de la AOAC, 1990<sup>(13)</sup>. Para calcular el balance de hierro, cobre, y zinc, es decir el porcentaje de absorción de cada uno de estos minerales, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ AH} = \frac{(\text{Hierro ingerido} - \text{Hierro en heces secas}) \times 100}{\text{Hierro ingerido}}$$

#### **Análisis de Fibra Dietética:**

La Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Soluble (FDS) y Fibra Dietética Insoluble (FDI) se determinaron por el método de Prosky et al<sup>(14)</sup>, en las muestras de tres variedades de casabe obtenidas en diferentes estados venezolanos, Miranda, Sucre, y Amazonas, las cuales fueron previamente molidas y tamizadas.

#### **Tratamiento Estadístico:**

Para el análisis de los resultados se utilizó el programa de Excel de Microsoft Office XP y el programa estadístico de computación SPSS 11.0. Se aplicaron las medidas descriptivas, media aritmética, promedio y desviación estándar. Además se aplicó la prueba paramétrica ANOVA de un factor, seguido por la prueba de comparación múltiple de Duncan, así como la prueba paramétrica ANOVA de dos vías. Los datos son mostrados como valores promedio de los grupos experimentales. Las medidas de asociación se aplicaron con el fin de establecer diferencias significativas entre los grupos, con niveles de significación menores a 0,05 ( $p < 0,05$ ).

### **RESULTADOS**

#### **Consumo y Crecimiento:**

Para los cuatro grupos experimentales, se observó que las ratas alimentadas con dietas con adición de casabe, mostraron una ganancia relativa de peso corporal y consumo promedio de alimento significativamente mayor ( $p < 0,05$ ; datos no mostrados), en comparación con los animales alimentados con dieta libre de casabe. Sin embargo, al comparar el índice de eficiencia alimentaria (CEA), se encontró que no hubo diferencias significativas entre el grupo control y los grupos alimentados con casabe.

#### **Contenido de hierro, cobre, y zinc en las dietas experimentales:**

En la tabla 2 se presentan los valores correspondientes al contenido de hierro, cobre y zinc en las dietas experimentales. Se puede apreciar que las dietas con adición de casabe tuvieron un mayor contenido de hierro, cobre, y zinc, en comparación con la dieta control. La dieta que contenía la variedad casabe Sucre presentó el mayor contenido de hierro y zinc, mientras que la dieta con casabe Amazonas presentó un mayor contenido de cobre.

#### **Contenido de FDT, FDS y FDI en las diferentes variedades de casabe venezolano:**

Los resultados del análisis del contenido de fibra dietética total (FDT), fibra dietética soluble (FDS) y fibra dietética insoluble (FDI) en cada una de las variedades

**Tabla 2**  
**Contenido de hierro, cobre, y zinc en las dietas experimentales**

Dietas	Hierro ug/g dieta	Cobre ug/ g dieta	Zinc ug/ g dieta
Control	4,64	6,92	34,16
Casabe Miranda	6,21	7,70	36,68
Casabe Sucre	6,49	7,77	36,76
Casabe Amazonas	5,00	8,94	36,45

de casabe utilizadas, mostraron que el casabe Amazonas y Sucre presentaron un mayor contenido de FDT y FDS. De igual manera, se observa que en cada una de las muestras de casabe prevalece la FDS sobre la FDI, siendo la variedad de casabe Amazonas quien presentó un contenido significativamente mayor de FDI.

**Tabla 3**  
**Contenido de Fibra Dietética Total, Soluble e Insoluble en las diferentes variedades de Casabe. (g/100)**

Variedades Analizadas	Fibra Dietética Total (FDT)	Fibra Dietética Soluble (FDS)	Fibra Dietética Insoluble (FDI)
Casabe Miranda	9,61 ± 1,12 <sup>a</sup>	6,99 ± 1,14 <sup>a</sup>	2,62 ± 0,60 <sup>a</sup>
Casabe Sucre	11,1 ± 1,09 <sup>b</sup>	8,42 ± 1,64 <sup>b</sup>	2,73 ± 1,05 <sup>a</sup>
Casabe Amazonas	11,3 ± 0,91 <sup>b</sup>	8,03 ± 1,08 <sup>b</sup>	3,27 ± 0,90 <sup>b</sup>

La tabla muestra el promedio y la desviación estándar de 5 determinaciones de fibra dietética en las muestras de casabe utilizadas. Los valores en una misma columna con letras distintas son estadísticamente significativos, aplicando la prueba paramétrica ANOVA de un factor, seguido de la Prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Concentración de hierro, cobre y zinc en heces de ratas alimentadas con dietas con y sin casabe durante el período experimental:

En la tabla 4 se muestra la excreción fecal de hierro, cobre y zinc; en ratas alimentadas con dietas con y sin casabe, observándose un incremento significativo en la excreción de hierro y cobre en todos los grupos alimentados con dietas con adición de casabe, a lo largo del período experimental, siendo el grupo alimentado con casabe Miranda quien reflejó la mayor excreción fecal de cobre, en un 60% en comparación con los controles alimentados sin fibra, seguido por el grupo casabe Sucre

en un 56% y el Amazonas en un 52% respectivamente, sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas en la excreción de estos minerales en los grupos alimentados con dietas con casabe entre los 7 y 14 días del experimento. Sin embargo, para el final del estudio el grupo alimentado con la variedad de casabe Sucre se diferenció estadísticamente de las otras dos variedades de casabe, y mostró un incremento significativo en la excreción fecal de cobre de un 77,7% en relación a los controles. La excreción de hierro en heces mantuvo la misma tendencia durante todo el período experimental.

Con respecto a la excreción fecal de zinc, se encontró que la adición de casabe a las dietas no produjo ningún efecto sobre la excreción fecal de este mineral entre los 7 y 14 días del experimento. No obstante, al final del ensayo, se encontró que el grupo alimentado con la variedad de casabe Miranda mostró un incremento significativo en la excreción fecal de zinc de un 50% aproximadamente en comparación al grupo control alimentado sin esta fuente de fibra.

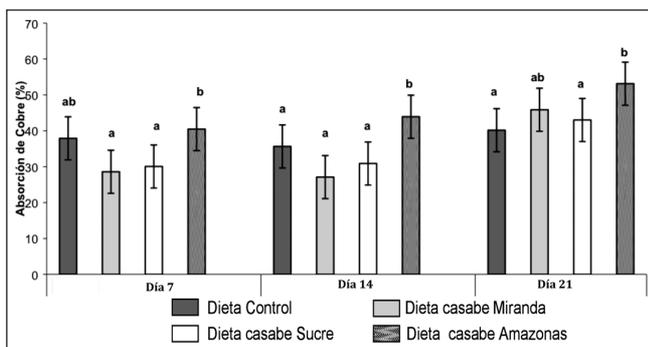
**Tabla 4**  
**Excreción fecal de cobre, hierro y zinc en ratas alimentadas con dietas con y sin adición de casabe (mg de Cobre, hierro, zinc/total en heces) durante el período experimental**

Grupos	COBRE			HIERRO			ZINC		
	Día 7	Día 14	Día 21	Día 7	Día 14	Día 21	Día 7	Día 14	Día 21
Control	0,23 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,18 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,34 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,13 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,12 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,06 ± 0,02 <sup>ab</sup>
	0,38 ± 0,13 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,63 ± 0,20 <sup>b</sup>	0,38 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,41 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,12 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,12 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,09 ± 0,01 <sup>b</sup>
Casabe Miranda	0,36 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,24 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,32 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,61 ± 0,07 <sup>b</sup>	0,35 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,37 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,15 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,13 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>ab</sup>
	0,35 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,21 ± 0,06 <sup>ab</sup>	0,71 ± 0,12 <sup>b</sup>	0,41 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,49 ± 0,19 <sup>b</sup>	0,09 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,11 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,05 ± 0,03 <sup>a</sup>

La tabla muestra el promedio y la desviación estándar de 5 animales. Los valores en una misma columna con letras distintas son estadísticamente significativos, aplicando la prueba de ANOVA de una vía, seguido de la Prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

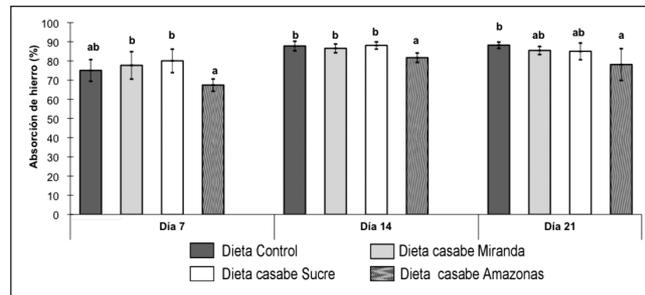
Efecto de las dietas con adición de diferentes variedades de casabe venezolano sobre la absorción de cobre, hierro y zinc en las ratas durante el período experimental:

En la *figura 1*, se muestra el porcentaje de absorción de cobre en ratas alimentadas con dieta control y con dietas con adición de diferentes variedades de casabe venezolano, encontrándose que para el día 7 de experimentación, los grupos alimentados con las variedades de casabe Miranda y Sucre mostraron una disminución en la absorción de cobre de 25% y 21% respectivamente, en comparación con el grupo control; mientras que el grupo alimentado con casabe Amazonas no fue afectado negativamente en su absorción, a pesar de haber mostrado un incremento importante de su excreción en heces. Sin embargo, para el día 14, no se observó un efecto negativo en la absorción de cobre en estos grupos experimentales, en tanto que el grupo Amazonas mostró un incremento significativo en la absorción de un 23% en relación al control. Esta tendencia se mantuvo hasta el final del ensayo, donde se aprecia que todos los grupos alimentados con casabe presentaron un incremento en la absorción de este mineral, que fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en el grupo alimentado con la variedad de casabe Amazonas en un 32%.



**Figura 1. Efecto de la adición de diferentes variedades de casabe venezolano sobre la absorción de cobre en ratas, en los tres períodos de recolección.**

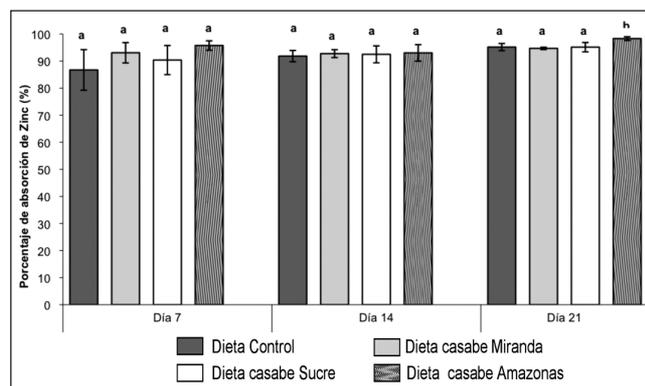
En la *figura 2*, se muestra el porcentaje de absorción de hierro en ratas alimentadas con dieta control y dietas con adición de diferentes variedades de casabe venezolano, en los tres períodos experimentales, observándose que para el día 7 del experimento la adición de casabe a las dietas, produjo una disminución en la absorción de este mineral en el grupo alimentado con casabe Amazonas de un 10% en comparación con el grupo control, mientras que los grupos alimentados con las variedades de casabe Miranda y Sucre reflejaron un incremento en su absorción de un 3,5% y 6% respectivamente.



**Figura 2. Efecto de la inclusión de diferentes variedades de casabe venezolano sobre la absorción de hierro en ratas, durante los tres períodos de recolección.**

No obstante, para el día 14, el grupo alimentado con casabe Amazonas presentó una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) en su absorción de 7% en comparación con el grupo control, tendencia que se mantuvo hasta el final del experimento, donde se observó una disminución significativa en la absorción de este mineral de un 12%.

Con respecto al efecto que produjo la adición de casabe a las dietas experimentales sobre la absorción de zinc, se puede observar en la *figura 3*, que la misma no fue afectada negativamente por la adición de este tipo de fibra. Estas observaciones se evidenciaron en todos los grupos alimentados con casabe y se mantuvieron durante todo el período experimental. En contraste, al final del experimento el grupo alimentado con la variedad de casabe Amazonas mostró un incremento significativo ( $p < 0,05$ ) en la absorción de zinc con respecto a los controles, permitiendo señalar que el zinc fue el mineral menos afectado en su absorción a lo largo de todo el ensayo.



**Figura 3. Efecto de la inclusión de diferentes variedades de casabe venezolano sobre la absorción de zinc en ratas, durante los tres períodos de recolección.**

## DISCUSIÓN

En relación a la absorción de cobre se pudo apreciar que los grupos alimentados con las variedades de casabe Miranda y Sucre mostraron una disminución en la absorción de este mineral, sólo en la etapa inicial del ensayo (Día 7), mientras que el grupo alimentado con la variedad casabe Amazonas mostró un incremento en su absorción durante todo el período experimental.

Cabe resaltar que cuando se cuantificó el contenido de minerales en las dietas experimentales, la dieta con la variedad de casabe Amazonas fue la que presentó el mayor contenido de cobre, lo cual podría explicar la mayor biodisponibilidad de este mineral durante todo el período experimental, aunado a una disminución en la excreción fecal de este mineral.

Un aspecto interesante de la interacción fibra-minerales se deriva del hecho de que las fibras solubles e insolubles se comportan de manera desigual en los diferentes segmentos del intestino. En este sentido se ha señalado que la mayoría de los minerales se absorben en el intestino delgado, pero algunos como el cobre, puede absorberse parcialmente en el estómago, y actualmente se plantea que el colon es un lugar donde también puede absorberse este mineral; lo cual explicaría que la inhibición en la absorción de este mineral no resultara tan pronunciada<sup>(15)</sup>. Estos resultados podrían indicar que en esta variedad de casabe no se evidencia una asociación entre el contenido de fibra, particularmente insoluble, sobre la absorción del cobre.

Cuando se analizó el porcentaje de absorción de hierro en los diferentes grupos experimentales, se observó que sólo el casabe Amazonas fue afectado negativamente durante el período experimental.

El incremento en la absorción de hierro en los grupos de casabe Miranda y Sucre, es de interés, pues puede significar una mayor ingesta de este mineral en esas variedades, quienes mostraron un mayor contenido de hierro cuando se cuantificó el contenido de minerales en las dietas. Aunque, se ha señalado por varios investigadores, que la disponibilidad de este mineral podría verse reducida por la presencia de fibra dietética<sup>(16; 17; 18)</sup>, se ha descrito que el ser humano es capaz de adaptarse a cantidades relativamente altas de fibra dietética, equilibrándose las entradas y salidas de estos minerales al cabo de unas semanas<sup>(15)</sup>.

La interferencia de la fibra con el proceso de absorción de cationes ha sido objeto de controversia. Se ha señalado que en el humano adulto la alta ingesta de fibra (26g/día) no afecta significativamente el balance nutricional de hierro, calcio, zinc, y cobre. Hoy muchos autores consideran que la capacidad de intercambio catiónico de los componentes de la fibra, en condiciones dietéticas normales, no es capaz de producir trastornos en la absorción de minerales<sup>(19)</sup>. Para explicar el escaso efecto negativo de la fibra sobre la absorción de cationes, se ha sugerido que los iones unidos a los polisacáridos ácidos son liberados al llegar al intestino grueso, ya que estos carbohidratos son susceptibles a la degradación por las bacterias colónicas<sup>(20)</sup>. Un aspecto de interés en este estudio, es el observado en la variedad de casabe Amazonas, en la cual se puede asociar que el mayor contenido de fibra dietética, especialmente la insoluble, afectó negativamente la absorción del hierro, lo cual pudiera ser atribuido al proceso de interferencia catiónica descrito anteriormente.

Es importante señalar que aun cuando en todos los grupos experimentales se encontró un incremento en la excreción fecal de este mineral, la cantidad consumida en la dieta permitió una mejor absorción y utilización del mismo.

En el caso particular del zinc, se encontró que fue el mineral menos afectado en su absorción a lo largo de todo el experimento, resaltándose un efecto positivo en la absorción del mismo al final del ensayo en el grupo alimentado con la variedad de casabe Amazonas, no obstante, el contenido de zinc fue similar en las tres variedades de casabe utilizadas. Adicionalmente, cabe resaltar que no se observó una asociación entre el contenido de fibra dietética, tanto soluble como insoluble, sobre la absorción de este mineral.

Aunque los mecanismos a través de los cuales la fibra dietética puede alterar el proceso digestivo-absortivo no están totalmente esclarecidos, se han propuesto algunos mecanismos para tratar de explicar el efecto de esta sobre la absorción de minerales:

Disminución del tiempo de tránsito intestinal, lo que provocaría una disminución tanto de la absorción de los minerales de la dieta, como de la reabsorción de los minerales endógenos.

Dilución del contenido intestinal y aumento del volumen fecal.

Formación de quelatos entre componentes de la fibra y minerales.

Alteración del transporte pasivo y activo de minerales a través de la pared intestinal.

Retención de iones en los poros de la estructura gelatinosa de algunos tipos de fibra soluble.

Incremento de la secreción endógena de minerales.

Sin embargo, cada tipo de fibra ejerce su influencia sobre los minerales a través de varios de estos mecanismos, pero no todos los minerales se afectan igualmente.

Por otro lado la complejidad aumenta si se tiene en cuenta que la fibra natural que se ingiere con los alimentos, es un conjunto de fibras solubles e insolubles junto con otras sustancias acompañantes como: fitatos, oxalatos, taninos, saponinas, etc.<sup>(21)</sup>

De allí, que se hace necesario seguir realizando estudios fundamentales sobre la composición bioquímica y química de la FD del casabe y como se relacionarían con sus propiedades fisicoquímicas en el metabolismo de los minerales.

## CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio mostraron, que el efecto de la adición de casabe a las dietas sobre la absorción de hierro, cobre, y zinc, fue diferente para cada mineral y estuvo relacionado con la dieta que consumieron los animales, dependiendo de la variedad de casabe utilizada en el diseño experimental.

Se plantea la necesidad de seguir realizando estudios fundamentales sobre la composición bioquímica y química de la FD del casabe y como se relacionarían sus propiedades fisicoquímicas sobre la absorción y biodisponibilidad de algunos minerales ya que existen escasos estudios en la literatura nacional sobre este tema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) García P, Velasco C. ¿La fibra, es un nutriente esencial en la nutrición enteral estándar? Nutr Clin Med, 2013; 7(1): 26-39.
- (2) Blanco M, Tovar J, Fernandez M. Caracterización nutricional de los carbohidratos y composición centesimal de raíces y tubérculos tropicales cocidos, cultivados en Costa Rica. Arch Latinoam Nutr. 2004; 54(3): 322-27.

- (3) Siqueira M, Queiroz-Silva J, Bressan E, Borges A, Pereira K, Pinto J, et al. Genetic characterization of cassava (*Manihot esculenta*) landraces in Brazil assessed with simple sequence repeats. Genet Mol Biol. 2009; 32(1): 104-10.
- (4) Pérez E, Lares M, González Z, Tovar J. Production and characterization of cassava (*manihot esculenta* crantz) flours using different thermal treatments. INCI 2007; 32(9): 615-19.
- (5) Ortega C. Contribución de las raíces y tubérculos al Sistema Alimentario en Venezuela. En: XI Encuentro Nacional de Productores e Investigadores del Cultivo de Yuca. Memorias. Maturín, Venezuela: FEDEAGRO/ CECOTUP/ Gob. Monagas, 1996.
- (6) Ministerio del Poder Popular para la Alimentación; Instituto Nacional de Nutrición. Tabla de Composición de los Alimentos. Revisión 2012. Colección Seguridad y Soberanía Alimentaria "Edgar Abreu Olivo". Caracas: Fondo Editorial Gente de Maíz, 2012.
- (7) Chonchol N, Tovar J. Dietary Fiber Content and Starch Digestibility in Cassava Bread. Nutr Rep Int. 1988; 38(2): 437-33.
- (8) Rivera CJ, Gerardi A, Infante B, Carrasco H, Rodríguez O. Dietary fiber analysis of casabe using gravimetric methods. Arch Latinoam Nutr. 1993; 43(1): 78-81.
- (9) Zhang W, Li D, Liu L, Zang J, Duan Q, Yang W, et al. The effects of dietary fiber level on nutrient digestibility in growing pigs. J Anim Sci Biotechnol. 2013; 4(1): 17-22.
- (10) Falcón M, Barrón J, Romero A, Domínguez M. Efecto adverso en la calidad proteica de los alimentos de dietas con alto contenido de fibra dietaria. Rev chil nutr. 2011; 38(3): 356-67.
- (11) American Institute of Nutrition. Report of the American Institute of Nutrition "ad hoc" committee of standards for nutritional studies. J Nutr. 1977; 107(7): 1340-8.
- (12) Campbell JA. Method for determination of PER & NPR. In: Food and Nutrition Board. Committee on Protein Quality. Evaluation of protein quality Washington D.C., NAS/NRC; 1963.
- (13) Association Official of Analytical Chemists. Official methods of Analysis. 19th Ed. Arlington: AOAC; 2012.
- (14) Prosky I, Asp NG, Schjeweiner TF, De Vries JW, Furda. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in food products. Chem 1988; 71(5): 1017-23.
- (15) Frohlich W. Bioavailability of micronutrients in a fibre-rich diet especially related to mineral. Eur J Nutr. 1995; 40(3): S116-22.

- (16) Bueno L, Marchini J, Dutra J. Cálcio, goma guar parcialmente hidrolisada e triacilglicerídeos de cadeia média interferentes na disponibilidade do ferro não-heme em soluções nutrientes. Rev Bras Nutr Clin. 2012; 27(4): 213-7.
- (17) Salas J, García P. Dieta rica en fibra. En: Nutrición y dietética clínica. Barcelona: Ediciones Doyma; 2000.
- (18) Jenkins DJ, Marchie A, Augustin LS, Ros E, Kendall C. Viscous dietary fibre and metabolic effects. Clin Nutr. 2004; 1(2): S39-49.
- (19) Sandstrom B, Bugel S, McGraw B, Price J, Reid M. A high oat- bran intake does not impair zinc absorption in humans when added to a low-fiber animal protein-based diet. J Nutr. 2000; 130(3): 594-9.
- (20) Coudray C, Rambeau M, Feillet Ch, Tressol J, Demingue C, Gueux E, et al. Dietary inulin intake and age can significantly affect intestinal absorption of calcium and magnesium in rats: a stable isotope approach. Nutrition Journal. 2005; 4: 29-34.
- (21) Ladino L, Velasco C. Papel de la fibra dietaria en pedia- tría. Rev peru pediatr. 2010; 63(1): 24-33.