

Physical, chemical and nutritional characterization of de-greased corn germ

Marisela Granito¹, Marisa Guerra² y Alexia Torres²

¹Departamento de Tecnología de Servicios.

²Departamento de Procesos Biológicos y Bioquímicos.

Universidad Simón Bolívar, Apartado postal 89000 ZP 1080.

Valle de Sartenejas, Estado Miranda, Venezuela.

Teléfono (582) 9063970. Fax: (582) 9063971.

Abstract

Corn is separated into endosperm and germ by industrial processing, and oil extraction of the later gives defatted corn germ (DCG) as a by-product. After grounding the DCG, three fractions are obtained which differ in particle size: a fine fraction (FF), commercialized for human consumption; a medium fraction (MF) and a coarse fraction (CF), commercialized for animal consumption. The purpose of this study was the physical, chemical and nutritional characterization of fractions FF and MF, in order to determine their proximal composition, water retention capacity, minerals, aminoacid content and protein quality. This knowledge would allow us the recommendation and possible use of DCG as a source of nutrients and/or as partial substitute of wheat flour (WF) for food development. It was determined that FF and MF contain 13% of good quality protein (PER = 68.41% FF and 66.58% MF, with respect to casein/cellulose PER) and a total dietary fiber content of 24% and 36%, respectively. When compared to WF, both fractions have relatively higher concentrations of almost all the aminoacids and higher concentrations of potassium, magnesium, phosphorous, calcium and iron. The fact that the DCG fractions are rich in nutrients and dietary fiber allows us to suggest their use as food supplements for massive consumption.

Key words: Defatted corn germ, physical and chemical characterization, nutritive value.

Caracterización física, química y nutricional del germen de maíz desgrasado

Resumen

En el procesamiento industrial del maíz al separar los componentes del grano se obtiene el endospermo y el germen, al cual se le extrae el aceite obteniendo como subproducto el germen de maíz desgrasado (GMD). De la molienda del GMD se obtienen tres fracciones de diferente granulometría: fracción fina (FF) que se comercializa para consumo humano, las de granulometría intermedia (FM) y gruesa (FG) que se comercializan para consumo animal. En esta investigación se caracterizó física, química y nutricionalmente a las fracciones FF y FM con el objetivo de conocer su composición proximal, capacidad de retención de agua, contenido de aminoácidos, minerales y calidad proteica y así poder recomendar sus posibles usos como fuente de nutrientes y/o sustituto parcial de la harina de trigo (HT) en el desarrollo de alimentos. Se encontró que FF y FM contienen 13% de proteína de buena calidad (REP= 68,41% FF y 66,58% FM con respecto al REP de la caseína/celulosa) y un aporte de fibra dietética total de 24% para FF y 36% para la fracción FM. Ambas fracciones aportan, respecto a la HT, concentraciones relativamente superiores en casi todos los aminoácidos y en los minerales potasio, magnesio, fósforo, calcio y hierro. Los resultados encontrados permiten sugerir el uso de las fracciones de GMD como ingredientes ricos en nutrientes y fibra dietética total, que pueden ser utilizados en la suplementación de alimentos de consumo masivo.

Palabras clave: Germen de maíz desgrasado, caracterización física y química, valor nutritivo.

Introducción

El germen de maíz desgrasado es un subproducto del procesamiento industrial de harina precocida y de aceite de maíz. Constituye una materia prima de suministro garantizado debido al alto consumo "per cápita" de harina precocida, ingrediente básico de la tradicional "arepa". De acuerdo a las tablas de "Disponibilidad de Alimentos y Nutrientes en Venezuela 1996-1997" [1], la disponibilidad de harina precocida de maíz para el consumo humano a nivel de venta al detal fue de 750.290 TM. Su consumo estuvo en el orden de 89,3 g/ persona/ día, aportando un 17% de las calorías totales de la dieta. Para 1994 la disponibilidad de harina precocida de maíz se incrementó a 742.898 TM, muy similar a las 789.373 TM de harina de trigo que se importaron para esa fecha.

De estos altos niveles de demanda y producción de harina precocida de maíz se derivan como subproducto aproximadamente 30.000 TM/mes de germen de maíz desgrasado, del cual se produce por tamizado una fracción fina (30%) y una mezcla de fracción media, y gruesa, que abarca el 70% restante. Actualmente los volúmenes de producción de la fracción gruesa son muy bajos en comparación con la fracción fina y la media. Estas últimas fracciones tienen gran potencial para el consumo humano mientras que la fracción gruesa se usaría exclusivamente para alimentación animal [2].

La tecnología empleada para obtener el germen de maíz desgrasado se basa en el proceso de molienda seca del grano para producir harina de maíz para consumo humano, el cual consiste en una separación del endospermo, del germen y la cáscara. El germen de maíz está constituido básicamente por el germen y la cáscara (principal componente del afrecho) y adicionalmente contiene fracciones de endospermo. El germen es sometido a un proceso de extracción del aceite y posteriormente es desolventizado, molido y tamizado. Se obtienen tres fracciones, de las cuales la de menor granulometría (FF) se ensaca y comercializa para consumo humano. La de granulometría intermedia (FM) y la fracción gruesa (FG) se comercializan para consumo animal [2].

Guerra y col. [3] reportaron que el germen de maíz, por sus propiedades físicas, químicas y

nutricionales, puede ser utilizado como un suplemento en el desarrollo de productos a base de cereales. Blessin y col. [4] lo incorporaron a galletas y muffins, Lucisano y col. [5] lo usaron en pasta y lo incorporaron a productos cárnicos; Rebolledo [6] elaboró galletas integrales y Granito y Guerra [7] sustituyeron hasta un 12% de harina de trigo por las fracciones en la preparación de panes.

El germen de maíz contiene de un 10 a 20% de proteína de buena calidad y minerales como el potasio, magnesio, hierro y zinc [8, 9, 10]. Adicionalmente se han reportado altos contenidos de lisina disponible [11].

Las dietas de la población en los países subdesarrollados se basan principalmente en el consumo de cereales refinados como la harina de trigo y de maíz, los cuales son bajos en aminoácidos esenciales como la lisina y elementos fundamentales como la fibra dietética.

Dada la aguda crisis alimentaria actual en Venezuela, y los altos índices de desnutrición calórica y de ciertos micronutrientes (vitamina A, hierro, calcio), que han sido reportados en estudios realizados por Fundacredesa (1998) [12], resulta de interés estudiar los subproductos de los cereales industriales tales como el germen de maíz desgrasado. El mismo ha sido considerado un ingrediente rico en lisina, fibra dietética y de alta calidad proteica, por lo cual podría ser utilizado para suplementar la harina de maíz precocida de alto consumo en nuestro país, o como extensor del trigo [2, 3, 4, 6, 7].

Sin embargo, dado que las propiedades funcionales de los productos finales suplementados se pueden ver afectadas, es importante estudiar el comportamiento funcional de estos ingredientes. La retención de agua en particular es una propiedad funcional básica, que determina parámetros de calidad como la jugosidad, textura y apariencia en el producto final [13]. La interacción de las proteínas con el agua es fundamental para determinar propiedades como hidratación, hinchamiento, solubilidad, viscosidad y gelificación [14].

Por otro lado, las propiedades funcionales no sólo dependen de las proteínas sino de los carbohidratos y lípidos y de las interacciones entre estos nutrientes [15]. Dado que productos como

el germen desgrasado de maíz, están constituidos principalmente por carbohidratos digeribles (almidón) y carbohidratos no digeribles (celulosa, hemicelulosa) así como lignina y proteínas, resulta de gran interés estudiar la retención de agua medida a diferentes pH y a varias temperaturas.

En esta investigación se realizó una caracterización física, química y nutricional de dos de las fracciones del germen desgrasado de maíz (fracciones fina y media). Se determinó la composición proximal, la relación de eficiencia proteica (REP), la retención proteica neta (RPN), el contenido de algunos minerales, aminoácidos y la retención de agua medida a diferentes pH y temperaturas.

Materiales y Métodos

Se utilizaron las fracciones fina (FF) y media (FM) de la harina de germen de maíz desgrasado proveniente de una de las empresas venezolanas procesadoras de harina de maíz precocida. Los muestreos se realizaron directamente en la línea de producción a nivel de las salidas del tamizador, usando bolsas de polietileno.

Se utilizaron los mismos lotes de harina de germen desgrasado durante todo el estudio, tanto para la FF como para la FM. Se tomaron ocho muestras al azar de un mismo lote, con las cuales se hizo una muestra compuesta que constituyó la muestra problema. La harina de trigo se adquirió en el comercio local. Se compraron ocho bolsas de un mismo lote de HT y luego se procedió a hacer una muestra compuesta para los análisis.

Se hicieron pruebas de granulometría, para las harinas de trigo, germen desgrasado, fracción fina y fracción media, utilizando un vibrador Silve Shaker modelo RX-86 y un conjunto de tamices Tyler N° 10, 30, 40, 60, 80 y 100 mesh, con diámetros de abertura de 2,00 mm, 0,60 mm, 0,425 mm, 0,250 mm, 0,175 mm y 0,150 mm, respectivamente. Se utilizó una muestra de 100 g y un tiempo de vibración de 10 minutos. Se determinó el porcentaje de material retenido en cada tamiz, respecto al peso inicial de la muestra.

El contenido de humedad, proteína y cenizas se determinó según los métodos descritos por la American Association of Cereal Chemist

(AACC) [16]. El contenido de proteína fue calculado considerando % nitrógeno x 5,7.

Para cuantificar la grasa cruda se utilizó el método descrito por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) [17]. La fibra dietética total se determinó mediante método reportado en Prosky y col. [18].

La Relación de Eficiencia Proteica (REP) se cuantificó utilizando el método citado por la Association of Official Analytical Chemist (AOAC) [19], utilizando 24 ratas entre 21 y 23 días de nacidas. Los animales se distribuyeron en 4 grupos, con igual número de machos y de hembras y con pesos similares que variaban entre 32 y 62 gramos [20].

Para determinar la retención proteica neta (RPN) se incluyó en los ensayos a un grupo de animales que consumían una dieta apteica, con el fin de estimar los requerimientos proteicos de mantenimiento y sumarlos a los de crecimiento [21].

Se emplearon dietas controles de caseína y caseína (10% de proteína en la dieta) y celulosa (7 g/100 de dieta). Las heces recolectadas se secaron, pesaron, molieron y se les determinó nitrógeno por el método colorimétrico descrito por Hevia y Cioccia [22].

La determinación de los aminoácidos se realizó mediante una hidrólisis ácida de las muestras con HCl 5N en autoclave por 8 h a 1,2 atm. Luego se neutralizaron las muestras a pH 7 con NaOH 5N y se evaporaron en rotavapor marca: Brinkmann Instruments, modelo Buchi. La resuspensión se hizo en 5 mL de tampón pH 2,2, se filtró y se ajustó el volumen a 50 mL con tampón pH 2,2. La identificación y cuantificación se realizó en un analizador de aminoácidos marca Biochrom 4150, Modelo 20 (Cambridge, Inglaterra).

La cuantificación de la lisina disponible se hizo usando el método reportado por Kakade y Liener [23].

Para la cuantificación de minerales se usó el método de Plasma Inducido utilizando un equipo de Plasma de Acoplamiento Inductivo (I.C.P.), Marca Spectro, modelo Spectroflame D (Kleve, Alemania).

La capacidad de retención de agua fue determinada según los métodos descritos por Wang y Zayas [13] utilizando un peso de muestra de 2,5 g.

El valor energético fue calculado según el método de Atwater [21]. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

Todos los análisis se realizaron por triplicado. Se aplicó análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de Duncan [24] para los resultados de aminoácidos, capacidad de retención de agua y ensayos biológicos.

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se aprecia que en general para las tres harinas analizadas el mayor porcentaje de partículas se encuentra distribuido entre las mallas 30 y 50. En la preparación de mezclas de harinas, la similitud en el tamaño de partícula resulta fundamental para evitar la segregación en

la mezcla. Tal como se aprecia en la Tabla 1 en la malla 30 las fracciones FF y FM el porcentaje de retención es parecido al de la harina de trigo, lo que indica que se puedan usar en la elaboración de mezclas con trigo sin necesidad de incrementar los costos de producción con moliendas adicionales.

En cuanto a la composición proximal, en la Tabla 2 se observa que la fracción fina y la fracción media son semejantes en casi todos los parámetros exceptuando el contenido de fibra dietética total y carbohidratos. Con respecto a la harina de trigo las dos fracciones tienen un mayor aporte de cenizas, grasa y fibra dietética. El elevado contenido de fibra dietética total causa una disminución del aporte energético de las fracciones respecto a la harina de trigo, por lo que estas

Tabla 1
Granulometría de las fracciones de germen de maíz desgrasado y de la harina de trigo

Malla	Tamaño poro (mm)	FF ¹	% Retención (FM) ²	HT ³
10	2,000	1,80	0	0,60
30	0,600	29,60	31,80	25,66
40	0,425	17,80	25,00	65,30
50	0,300	21,60	29,00	6,30
60	0,250	6,90	12,80	0,24
70	0,212	0,50	0,90	1,30
100	0,150	11,00	0,20	-
*Fondo	-	10,80	0,30	0,60

¹FF = Fracción Fina. ²FM = Fracción Media. ³HT = Harina de Trigo. *Fondo: base del conjunto de tamices; no tiene abertura de malla.

Tabla 2
Composición proximal y valor energético de las fracciones de germen de maíz desgrasado y de la harina de trigo

Variable	FF ¹	FM ¹	HT ¹
Humedad ²	9,82 ± 0,23	9,30 ± 0,18	12,40 ± 0,20
Cenizas ²	3,21 ± 0,38	3,10 ± 0,05	0,40 ± 0,24
Proteína ² (Nx5,7)	12,86 ± 0,21	12,86 ± 0,03	14,56 ± 0,07
Grasa cruda ²	0,82 ± 0,18	0,80 ± 0,41	0,52 ± 0,11
Fibra Dietética Total ²	24,30 ± 0,27	35,90 ± 0,35	3,25 ± 0,41
*Carbohidratos digeribles ²	48,99	38,04	68,87
Energía ³	254,78	210,80	338,40

*Calculados por diferencia. ¹FF = Fracción Fina. FM = Fracción Media. HT = Harina de trigo.

²Expresado en g/100 g ³Expresado en Kcal/100 g.

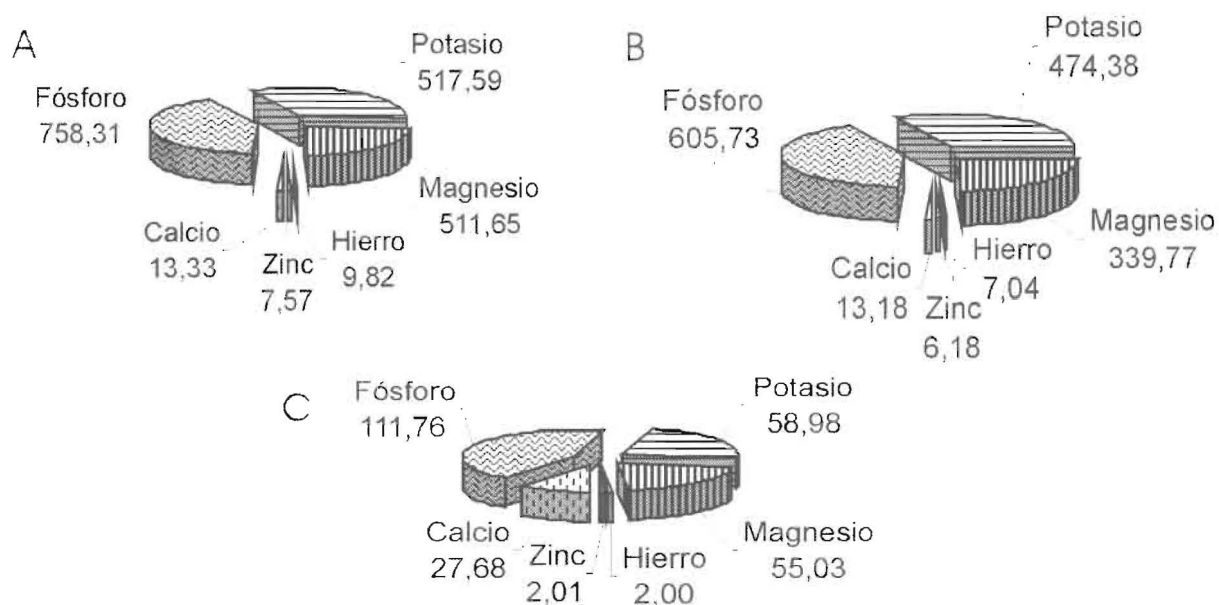


Figura 1. Contenido de minerales de las fracciones de germen de maíz desgrasado y de la harina de trigo. A: en fracción fina, B: en fracción media, C: en harina de trigo.

fracciones podrían constituirse en ingredientes potenciales susceptibles de ser incorporados a alimentos horneados que representen una fuente de fibra para la población, o a productos bajos en calorías orientados hacia segmentos especiales de la misma.

La fibra presente es básicamente insoluble según Granito y col. [25]. La celulosa, hemicelulosa, lignina y pentosanos son los componentes más importantes de la fibra insoluble. Cada uno de ellos posee características funcionales particulares tales como, mejorador de la capacidad de retención de agua, controladores de viscosidad, espesantes, inhibidores de la sinéresis, propiedades éstas fundamentales para el desarrollo de productos horneados, helados, bebidas, etc. [26].

El alto contenido de cenizas está relacionado con el aporte de minerales, el cual se aprecia en la Figura 1 (1A, 1B y 1C), para la fracciones FF, FM y para HT respectivamente. Referente al aporte de minerales en las fracciones, son particularmente importantes los contenidos de fósforo, potasio y magnesio en relación con los de harina de trigo. Resultados similares fueron reportados por Rivero y col. [2] para la FM.

Las fracciones FF y FM pueden considerarse una buena fuente de fósforo, magnesio y potasio, ya que si se incluyen como ingredientes al

menos en un 25% en alimentos de consumo tradicional para niños o adultos, o si se ingieren raciones de 30 gramos, se estaría obteniendo un aporte entre 8 y 25% de los requerimientos diarios para la población venezolana, tomando como base las recomendaciones dadas por Fundación CAVENDES, (1999) [27].

La composición de aminoácidos de las fracciones FF y FM, y de la harina de trigo se presentan en la Tabla 3. Al compararlos con el patrón [28] se observa que las fracciones aportan mayor cantidad en casi todos los aminoácidos que la harina de trigo, por lo que podrían contribuir a mejorar el aporte nutricional del alimento donde se incluyan.

De manera general se puede apreciar que el aporte de aminoácidos en HT es menor que lo obtenido para las fracciones del germen; sin embargo para los valores de isoleucina, fenilalanina e histidina no existe diferencia significativa ($p < 0,05$) al comparar las fracciones FF y FM, y HT.

Adicionalmente al reporte de aminoácidos totales de las muestras se hizo la determinación de lisina disponible, que es la que el organismo utiliza. Para la fracción FF se encontró un contenido de 3,84 g/100g en harina (base seca), similar al de 3,13 g/100 g en harina (base seca) en

Tabla 3
Contenido de aminoácidos de las fracciones del germen de maíz desgrasado y de la harina de trigo

Aminoácido g/16 g Nitrógeno	HT	FM	FF
Asp	4,47 ± 0,04 ^a	11,40 ± 0,14 ^c	10,42 ± 0,45 ^b
Tre	2,92 ± 0,81 ^a	5,79 ± 0,33 ^b	4,64 ± 0,53 ^b
Glu	29,90 ± 0,02 ^a	22,80 ± 2,03 ^b	21,83 ± 1,09 ^b
Ala	2,86 ± 0,56 ^a	9,72 ± 0,12 ^b	8,83 ± 0,40 ^b
Val	3,95 ± 0,76 ^a	7,28 ± 0,37 ^b	7,00 ± 0,40 ^b
Met	1,51 ± 0,01 ^a	0,55 ± 0,60 ^c	0,83 ± 0,01 ^b
Gli	3,09 ± 0,70 ^a	7,64 ± 0,89 ^b	6,48 ± 0,52 ^b
Ile	3,40 ± 0,70 ^a	4,56 ± 0,20 ^a	4,36 ± 0,30 ^a
Leu	6,74 ± 1,40 ^a	12,08 ± 1,02 ^b	11,45 ± 0,60 ^b
Tir	2,86 ± 0,65 ^a	4,69 ± 0,01 ^b	4,34 ± 0,35 ^b
Phe	4,82 ± 1,08 ^a	6,12 ± 0,27 ^a	5,87 ± 0,49 ^a
His	2,60 ± 0,44 ^a	4,10 ± 1,05 ^a	3,71 ± 0,51 ^a
Lis	2,88 ± 0,53 ^a	7,10 ± 1,00 ^b	6,61 ± 0,36 ^b
Arg	3,87 ± 0,86 ^a	10,39 ± 1,04 ^b	10,69 ± 0,78 ^b

Valores en una misma fila con diferentes superíndices son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

contrado para FM. Al comparar estos valores con los obtenidos para HT (0,50 g/100 g en base seca), se puede concluir que estos resultados en las fracciones son más altos. Comparando los resultados obtenidos para las fracciones del germen desgrasado de maíz con los reportados para harina precocida de maíz por Pacheco [11] y Guerra y col [29], se observa la misma tendencia.

En general tanto el contenido de proteínas como de aminoácidos y de minerales de las fracciones estudiadas, fueron superiores a los de la harina de trigo, y a los de la harina precocida de maíz reportados por Orr y Watt [28]. Estas materias primas podrían utilizarse como ingredientes ricos en nutrientes y de bajo costo en la suplementación de alimentos de consumo masivo y para mejorar la calidad nutricional de productos a base de harinas de endospermo de maíz.

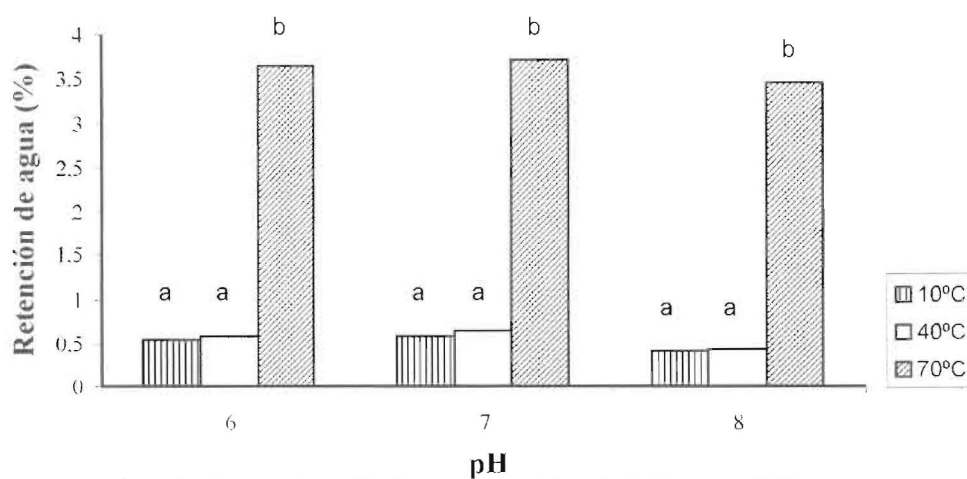
La retención de agua es un índice de la habilidad de un producto para asociarse con el agua bajo condiciones específicas de pH y temperatura [15]. De esta propiedad dependen a su vez funciones como la capacidad de hinchamiento, cohe-

sión, adhesión, dispersabilidad, viscosidad, gelación y propiedades de superficie [30].

En la Figura 2 se presenta el efecto de la temperatura sobre la retención de agua a diferentes pH en la harina de trigo, observándose que a 10 y 40°C no hay diferencia significativa ($p < 0,05$) en el rango de pH estudiado. Cuando la temperatura aumenta a 70°C si se observó un incremento significativo de la retención de agua, independientemente del cambio de pH.

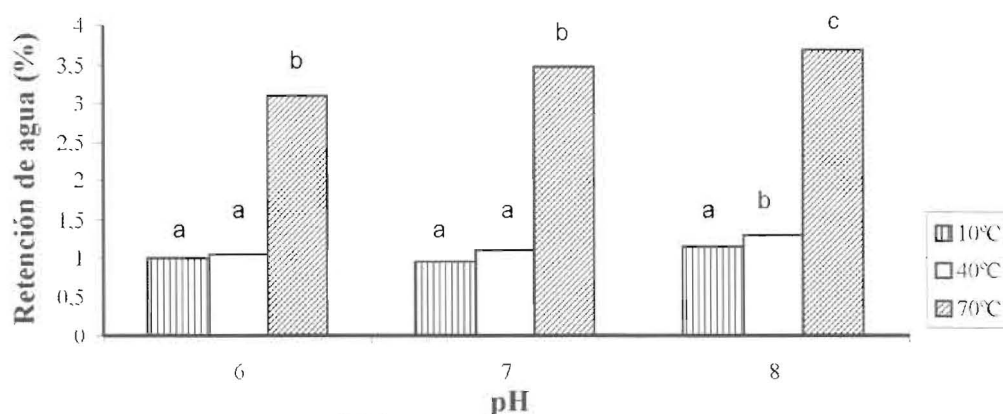
Pomeranz [26] señala que las proteínas de la harina de trigo interactúan con el almidón para formar complejos que disminuyen la salida del exudado de los gránulos y en consecuencia contribuyen con la viscosidad. El mismo autor explica que este efecto es menor a pH alcalino, lo que explicaría la tendencia observada para la harina de trigo donde pH 8 la capacidad de retención de agua fue inferior.

En la Figura 3 se aprecia que la capacidad de retención de agua para la fracción fina fue similar a 10 y 40°C, siendo el valor aproximadamente el doble del obtenido para la harina de tri-



Letras iguales a un mismo pH indican que no hay diferencia significativa ($p < 0.05$)

Figura 2. Efecto de la temperatura sobre la retención de agua a diferentes pH en la harina de trigo.



Letras iguales a un mismo pH indican que no hay diferencia significativa ($p < 0.05$)

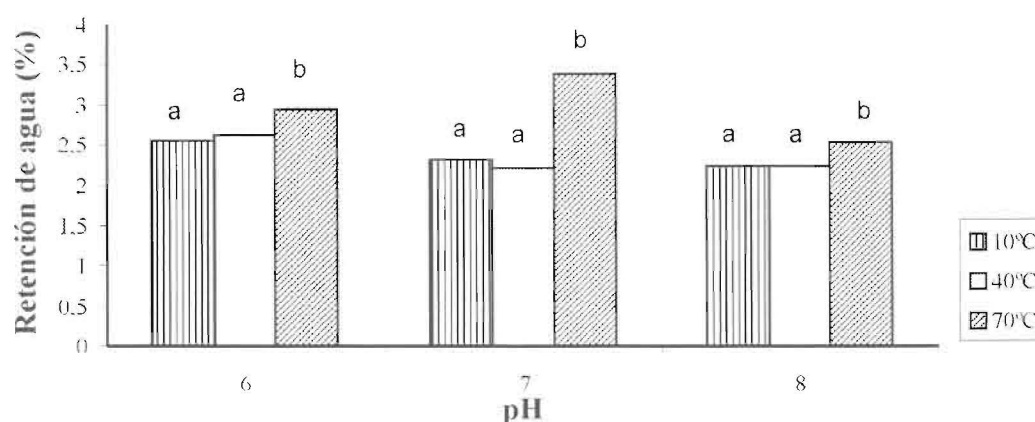
Figura 3. Efecto de la temperatura sobre la retención de agua a diferentes pH en la fracción fina.

go. Al aumentar la temperatura a 70°C, se observa un gran aumento en la capacidad de retención de agua que es significativamente diferente de las otras temperaturas ($p < 0.05$). Este comportamiento puede explicarse debido a que el almidón de maíz gelatiniza entre 62° y 72°C [30]. Los resultados obtenidos son semejantes a los de la harina de trigo, por lo tanto, se puede inferir que la retención de agua a 70°C fue originada por la gelatinización del almidón presente, más que por la presencia de fibra en la fracción fina. Resultados similares fueron reportados por Wang y Zayas [13] quienes encontraron que, para el germe desgrasado de maíz, el efecto de incubación a temperaturas cercanas a 70°C aumentaba el hinchamiento de los gránulos de almidón presentes

y su gelatinización y que este efecto prevalecía sobre el de las proteínas en lo que a capacidad de retención de agua se refiere.

Las proteínas de la harina de trigo son básicamente glutenina y gliadina, las cuales tienen su punto isoeléctrico entre pH 6-9; mientras que las del germe de maíz, son principalmente albúminas y globulinas [26]. Esta diferencia en su composición proteica podría explicar el ligero incremento en la capacidad de retención de agua observada a pH 8 para FF (Figura 3).

Para la fracción media se observa en la Figura 4 que la capacidad de retención de agua a 10° y 40°C, fue mayor que las de la fracción fina y la harina de trigo. Esto puede deberse al mayor contenido de fibra dietética total, la cual tiene



Letras iguales a un mismo pH indican que no hay diferencia significativa ($p < 0.05$)

Figura 4. Efecto de la temperatura sobre la retención de agua a diferentes pH en la fracción media.

Tabla 4
Relación de Eficiencia Proteica (REP), Retención Proteica Neta (RPN) de las fracciones de germen de maíz desgrasado y dietas de caseína y caseína/celulosa

Determinaciones N=6	FF ¹	FM	Caseína	Caseína + Celulosa
REP	2,62 ^a	2,55 ^a	3,83 ^b	3,78 ^b
RPN	2,41 ^a	2,58 ^a	4,61 ^b	4,58 ^b

Valores en una misma fila con diferentes superíndices son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

¹FF = fracción Fina. FM = Fracción Media. HT = Harina de Trigo.

una alta capacidad de retención de agua y compite con el almidón por el agua disponible [26]. Sin embargo a 70°C, la capacidad de retención de agua a pesar de ser alta, fue ligeramente inferior a la de la fracción fina y de la harina de trigo, probablemente por el menor contenido de almidón de FM en relación a FF y HT.

Las condiciones que originaron mayores capacidades de retención de agua fueron la incubación a 70°C y pH 7, sin observarse diferencia significativa ($p < 0,05$) con los otros pH. Esto indica que si se preparan productos tipo bebidas con las fracciones del germen desgrasado en el rango de pH 6-8, la absorción y la retención de agua serán afectadas por el grado de cocción del alimento, lo cual generalmente se hace a temperaturas superiores a los 70°C.

De acuerdo a lo reportado en la Tabla 4, no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el REP de la fracción fina y el de la fracción media. Ambos valores fueron significativamente inferiores a los de las dietas de caseína y caseína/celulosa. Las fracciones fina y me-

dia son subproductos de un cereal que contiene niveles apreciables de fibra dietética total, y un patrón de aminoácidos inferior al de la caseína por las deficiencias en algunos aminoácidos esenciales.

Al comparar el valor de la relación de eficiencia proteica (REP) de las fracciones (FF y FM) con respecto al de la caseína/celulosa se observa un valor de 68,41% para la fracción fina y de 66,58% para la fracción media. Estos resultados pudieran ser atribuidos al contenido de fibra dietética de las fracciones [31, 32].

Es de destacar que el REP que se obtuvo para la dieta de caseína/celulosa no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con el de la caseína. Fleming y Lee [33] al estudiar el efecto de la fibra dietética total sobre el crecimiento de las ratas reportaron que la hemicelulosa contiene xilosa, que hace que los animales consuman más cantidad de alimento para compensar el desbalance de energía y esto, en el caso de la dieta caseína/celulosa explicaría el por qué el REP es tan alto.

Los valores de REP obtenidos para las fracciones (2,55 para FM y 2,62 para FF) fueron superiores a los reportados por Guerra y col [3] para germen de maíz (valores entre 1,90 - 2,10).

Con respecto a los resultados de RPN, se observa que no hay diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las fracciones y que el valor es menor que el de la caseína reflejando los resultados obtenidos por el REP.

En particular, si se considera que en Venezuela el consumo de productos a base de harina de trigo como panes, pastas y galletas es muy alto [1], las fracciones podrían resultar una excelente opción para extender el trigo importado aportando simultáneamente proteínas de buena calidad, minerales y fibra dietética a la población.

Estas fracciones del maíz podrían tener un uso como espesantes para compotas de frutas y vegetales, productos a base de tomate, aderezos no emulsionados para ensaladas, en el desarrollo de alimentos bajos en calorías, y en general en productos donde el almidón pueda ser utilizado como espesante, para dar consistencia y textura [34]. La fracción media podría usarse para empanizar productos cárnicos, en la elaboración de pastas alimenticias, entre otros usos.

Conclusiones

Las fracciones fina (FF) y media (FM) del germen de maíz desgrasado al ser separadas por tamices presentan la mayor retención en la malla 30, donde también se obtiene aproximadamente el 25% de retención de la harina de trigo panificable.

Las fracciones fina (FF) y media (FM) del germen de maíz tienen un alto contenido de cenizas y fibra dietética al compararlas con la harina de trigo, por lo que podrían utilizarse como fuente de fibra y minerales en harinas compuestas panificables.

La capacidad de retención de agua de las fracciones fue afectada por la temperatura y el contenido de fibra, apreciándose un comportamiento más homogéneo en la fracción media que tiene un mayor contenido de fibra, con respecto a la fracción fina y a la harina de trigo.

Al medir la calidad de las proteínas de las fracciones se evidencia que tienen deficiencia en algunos aminoácidos esenciales, lo que se reflejó

en los valores de REP y RPN, los cuales resultaron significativamente inferiores a los de las dietas de caseína y caseína/celulosa.

Las fracciones fina y media del germen de maíz desgrasado son ingredientes ricos en nutrientes, que podrían ser utilizados en la suplementación de alimentos de consumo masivo, para mejorar la calidad nutricional de productos a base de harinas de trigo.

En particular, si se considera que en Venezuela el consumo de productos a base de harina de trigo como panes, pastas y galletas es muy alto, las fracciones podrían resultar una excelente opción para sustituir parcialmente el trigo importado, aportando proteínas, minerales y fibra dietética a la población.

Referencias Bibliográficas

1. I.N.N. Instituto Nacional de Nutrición. Disponibilidad de Alimentos y Nutrientes en Venezuela 1996-1997. Caracas, Venezuela, 1997.
2. Rivero F., Raca E., Martínez -Torres C., Taylor P., Leets Y., Tropper E. García- Casal M. N., Ramirez J. y Layrisse M. Fortification of precooked maize flour with coarse defatted maize germ. Arch. Lat. Nutr. 44(2): 129-132, 1994.
3. Guerra M, Mosqueda M y Padua M. Tecnología de cereales y poder adquisitivo. Los cereales en el patrón alimentario del venezolano. Cap. II, 49-64. CCIAN. Fundacavendes Polar. Ildis. Caracas, Venezuela, 1986.
4. Blessin, C. W., Deatheraghe, W. L., Cavins, J., García, W. J. Inglett, G. E Preparation and properties of defatted flours from dry milled yellow, white and high lysine corn germ. Cereal Chem. 56(2): 105-109, 1973.
5. Lucisano, M., Casiraghi, E.M. y Barbieri, R. Use of defatted corn germ flour in pasta products. J. Food Sci. 49:482, 1984.
6. Rebolledo M. A. Desarrollo de una galleta dulce rica en fibra. Tesis Magíster Ciencia de los Alimentos. Universidad Simón Bolívar, 1994.
7. Granito, M. y Guerra, M. Uso del germen desgrasado de maíz en harinas compuestas para

- panificación. Arch. Lat. Nut. 46 (1):322-328, 1996.
8. Pomeranz, Y. Curso de Tecnología de Cereales Material mimeográfico., CIEPE, San Felipe, Venezuela, 1981.
 9. Barbieri, R. y Casiraghi, M. Production of grade flour defatted corn germ meal. J. Food Technol. 18: 33-38, 1983.
 10. Bookwalter, G. N., Lyle, S. A. y Nelsen, T. C. Enzyme inactivation improves stability of self-rising corn meals. J. Food Sci. 56 (2): 494-496, 1991
 11. Pacheco, E. Obtención de concentrados proteínicos a partir de harinas de germen de maíz. Estudio de las propiedades funcionales. Rev. Fac. Agrn. Maracay IV (3-4): 169-180, 1986.
 12. Fundacredesa (Fundación Centro de Estudios sobre Crecimiento y Desarrollo de la Población Venezolana). Indicador de condiciones de vida años 1996-1997. Área Metropolitana de Caracas. Caracas - Venezuela, 1998.
 13. Wang, C. R. y Zayas, J. F. Water retention and solubility of soy proteins and corn germ proteins in a model system. J. Food Sci. 56 (2): 455-458, 1981.
 14. Lín, C. S. y Zayas, J. F. Influence of corn germ on yield and quality characteristics of comminuted meat products in a model system. J. Food Sci. 52: 545, 1987.
 15. Boneldi, V. y Zayas, J. F. Wheat germ protein solubility and water retention. J. Food Sci. 60 (4): 845-848, 1995.
 16. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC. Method 74-10 St Paul, Mn. The Association, 1983.
 17. Covenin. Comisión Venezolana de Normas Industriales. 1785-81. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de grasas (1765-81) Ministerio de Fomento, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1981.
 18. Prosky, L., Asp, N. G. Furda, I., De Vries, J., Schweizer, T. F. y Harland, B. A. Determination of total dietary fiber in foods, food products, and total diets. Interlaboratory study. J. Assoc. Anal. Chem. 67:1044, 1985.
 19. AOAC. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists 14th ed. Washington, D.C., 1988.
 20. Cilli, V. y Hevia, P. Wheat bran and whole wheat flour as sources of fiber and calories for the rat. Nutr. Rep. Int. 39 (5): 919 - 930, 1989.
 21. Tagle, M.A. Nutrición 73, Ed. Jerba, Santiago de Chile, Chile, pp: 28-67, 1973.
 22. Hevia, P. y Cioccia, A. Application of a colorimeter method to the determination of nitrogen in nutritive studies with humans and rats. Nutr. Rep. Int. 38, (6): 1129-1136, 1988.
 23. Kakade, L.M. Liener, I.H. Determinación de lisina disponible en alimentos con ácido trinitrobenzenosulfónico (TNBS). Anal. Biochem. 27: 273, 1969.
 24. Oestle, B. Estadística Aplicada. Ed. Limusa, México, 1982.
 25. Granito, M, Torres, A y Guerra, M. Elaboración de pastas a partir de la sustitución de sémola de trigo por materias primas subutilizadas. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia. 21(3): 195-203, 1998.
 26. Pomeranz, Y. Functional Properties of Food Components. Academic Press Inc. pp: 24-78, 1991.
 27. Fundación Cavendes. Tablas comparativas según E.E.U.U., F.A.O/O.M.S, I.N.C.A.P y Venezuela de recomendaciones por nutrientes y grupos de edad Documento Técnico de Apoyo N° 5. Caracas, 1999.
 28. Orr, M. L y Watt, D. K. Amino acid content of foods. Home Economis Research Report N° 4, 1968.
 29. Guerra, M, Granito, M, Pacheco, E, Schnell, M, Torres, A y Tovar, J. El germen desgrasado de maíz: materia prima potencial para la industria de alimentos. Anal. Venez. Nutr.; 11(1):12-20, 1998.
 30. Asghar, A. y Henrickeson, R. L. Chemical, biochemical, functional and nutritional characteristics of collagen in food systems. Adv. Food Res 28: 231-372, 1982.
 31. Ritu, J; Sukhwant, K.M y Charanjeet, K.H Effect of dietary fibre on protein quality and

- energy availability. *J. Food Sci. Technol.* 26(6): 364-365, 1989.
32. Ranhotra, G.S; Gelroth, J.A. y Bright, P.H. Effect of the source of fiber in bread on intestinal responses and nutrient digestibilities. *Cereal Chem.* 65(1): 9-12, 1988.
33. Fleming, S E y Lee B. Growth performance and intestinal transit time of rats fed purified and natural dietary fiber. *J. Nutr.* 113: 592, 1983.
34. Desrosier N. *Introducción a la Tecnología de Alimentos.* CECSA. México, 1994.

Recibido el 20 de abril de 1998

En forma revisada el 24 de abril de 2000