

PROPIEDADES DEL HIDROLIZADO DE GERMEN DESGRASADO DE MAÍZ (*ZEA MAYS L.*) OBTENIDO POR VÍA ENZIMÁTICA.

PROPERTIES OF THE HYDROLYSATE OF DEFFATED CORN GERM (*ZEA MAYS L.*) RETRIEVED VIA THE ENZYME.

Eumelia Gómez¹, Marisa Guerra² Osmar Morillo³ y Francisca Guerrero⁴.

¹División Control de Aguas-Evaluación y Tratamiento de Residuos Agroindustriales. Fundación Ciepe. Zona Industrial Agustín Rivero. Apdo 100. Municipio Independencia. San Felipe. Estado Yaracuy. Venezuela. Teléfonos 0058-0254-2313392/2319811. Fax 0058-0254-2319322. e.mail: *leucrigomez@hotmail.com*

²Dpto. Tecnología de Procesos. Biológicos y Bioquímicos 1er piso. Universidad Simón Bolívar. (U.S.B) Baruta. Caracas. Venezuela. Teléfonos 58-212-9063976. Fax 58-212-9063971. e.mail: *2marisaguerra@usb.ve*

³División de Cereales y Oleaginosas. Fundación Ciepe. Zona Industrial Agustín Rivero. Apdo 100. Municipio Independencia. San Felipe. Estado Yaracuy. Venezuela. Teléfonos 0058-0254-2313392/2319811. Fax 0058-0254-2319322. e.mail: *osmthom@yahoo.com*

⁴Dpto. de Edafología. Universidad Politécnica de Madrid. (U.P.M). España. Teléfono 0034-913365692 e.mail: *3francisca.guerrero@upm.es*

Recibido: 05-12-2009 / Aceptado:28-01-2010

RESUMEN

El germen desgrasado de maíz (GDM), residuo proveniente del procesamiento industrial del aceite, contiene proteínas, almidones, fibra y minerales, características apropiadas para ser utilizado en la industria de alimentos. Sin embargo, su palatabilidad y algunas propiedades funcionales limitan su uso en la alimentación; ésta dificultad se superó con la obtención de un hidrolizado previa transformación del residuo por vía enzimática. El objetivo del trabajo fue evaluar las propiedades físicas, químicas, microbiológicas y nutricionales del hidrolizado, para utilizarlo en forma adecuada. Una vez caracterizado el GDM se encontró que sus mayores componentes son: carbohidratos (68,3%), proteínas (11,6%), humedad (9,3%) y 6,11% de fibra cruda. El residuo fue hidrolizado por vía enzimática con α -amilasas, celulasas y proteasas. El hidrolizado obtenido presentó valores promedios de carbohidratos 73,34 g/100g, constituidos principalmente por almidones (58,70g/100g) que representan el 80%, los otros componentes fueron las proteínas (12,6g/100g), y las cenizas (9,3g/100g), de los minerales los más importantes: fósforo (1%), hierro (7,87 mg/100g), calcio (44,5 mg/100g) y magnesio (423,8 mg/100g). El contenido de aminoácidos expresado en g/100 g de proteínas fueron lisina (3,85), metionina (1,72) y treonina (5,41). Debido al tratamiento enzimático realizado el contenido de fibra dietética disminuyó en forma

considerable y aumentó la digestibilidad de las proteínas en un 36% y el valor energético (348,8 Kcal). En relación a sus propiedades funcionales presentó un índice de solubilidad de 44,83% y de absorción de 2,54 g/g. Con el tratamiento enzimático se logró mejorar las propiedades funcionales y la digestibilidad. Estas características permitirán utilizarlo como un ingrediente funcional en la dieta humana.

Palabras clave: residuo, germen de maíz, hidrolizado, aminoácidos.

SUMMARY

The defatted corn germ (DCG), waste from industrial processing of oil, contains proteins, starches, fiber and minerals, features appropriate for use in the food industry. However, its palatability and some functional properties limited its use in food; this difficulty was exceeded with obtaining a hydrolysed after processing the waste by enzymatic means. The objective of the present work was aimed to assess the physical, chemical, microbiological and nutrition of the hydrolysate properties to for use in an appropriate manner. Once characterized the DCG found that their major components are: carbohydrates (68.3%), protein (11.6%), humidity (9.3%) and 6.11% raw fibre. The residue was hydrolyzed by enzymatic

pathway with α -amylases, celulasas and proteases. The hydrolysate obtained presented values 73.34 g carbohydrates averages / 100 g, mainly consisting of starches (58.70 g / 100 g) represent 80%, the other components were proteins (12.6 g / 100 g), and ashes (9.3 g / 100 g), of the most important minerals: phosphorus (1%), iron (7.87 mg / 100 g), calcium (44.5 mg / 100 g) and magnesium (423.8 mg / 100 g). The amino acid content expressed in g/100 g of protein were (3.85) lysine, methionine (1.72) and threonine (5.41). Due to the enzymatic treatment given dietary fibre content declined considerably and increased 36% protein digestibility and energy value (348.8 kcal). In relation to their functional properties presented a 44.83% and 2.54 g/g absorption solubility index. Enzymatic treatment improved the functional properties and digestibility. These features will make it possible to use it as a functional ingredient in the human diet.

Keywords: *residue, hydrolysate, defatted corn germ, amino acids.*

INTRODUCCIÓN

El germen desgrasado de maíz (GDM), es un subproducto generado durante la extracción del aceite de maíz, utilizando hexano como solvente, al terminar éste proceso, el producto obtenido se calienta a altas temperaturas (100 °C) por cierto tiempo, con el fin de eliminar restos de solventes (Pernalette, 2008). Es una materia prima potencial para las industrias de alimentos, debido a que ofrece un suministro seguro durante todo el año en el país, es de bajo costo, pues representa el valor agregado de la comercialización del aceite y de la harina precocida de maíz, productos de consumo masivo en Venezuela. En cuanto a su contenido de proteínas, presenta un valor nutricional superior al endospermo de maíz, es rico en vitaminas y en minerales como el fósforo, magnesio, hierro y zinc. De igual forma este subproducto es una fuente importante de fibra dietética, de la cual el 20% es insoluble y un 4% es soluble (Guerra *et al.*, 1998). Estas propiedades nutricionales, abren las posibilidades de incorporarlo en diferentes alimentos para consumo humano, a los fines de bajar costos, disminuir importaciones y aumentar el valor nutricional. Además de minerales presenta proteínas de buena calidad, las cuales podrían suplementar las del endospermo del grano de maíz (deficiente en lisina y triptófano) y de los productos de éste (hojuelas y harinas) (Watson, 1987).

La principal dificultad para el uso directo de la torta en la formulación para alimentos, es la presencia en ella de las capas externas que constituyen el salvado, lo que afecta las propiedades funcionales del germen, la apariencia y el sabor. Esto se ha tratado de disminuir utilizando el fraccionamiento para eliminar los fragmentos de fibra de la cáscara. Este tratamiento permite mejorar la calidad de las proteínas y sus características funcionales (Hernández *et al.*, 1999). Otra forma de mejorar las propiedades organolépticas en residuos de oleaginosas es a través de la obtención de concentrados proteicos (Anderson, 1979). Sin embargo, cuando se obtuvieron estos concentrados, no fue posible la remoción de sabores amargos de las proteínas, lo que le da una baja palatabilidad (Pacheco, 1986). Este efecto se ha superado con la obtención de un hidrolizado por vía enzimática (Gómez *et al.*, 2008). Con la finalidad de completar el estudio referido, se realizó el presente trabajo, cuyo

objetivo fue evaluar las propiedades físicas, químicas, funcionales, microbiológicas y nutricionales, del hidrolizado de GDM, para utilizarlo en forma adecuada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El germen desgrasado de maíz (GDM) fue obtenido en una empresa productora de aceite de maíz. El muestreo se realizó, siguiendo los principios generales establecidos por la Norma COVENIN con 612-822. 030 kg de residuo conformados en cinco sublotos se recolectaron en envases de plástico con tapa, debidamente identificados. El hidrolizado fue preparado utilizando las condiciones descritas por Gómez *et al.* (2008), mediante hidrólisis enzimática se utilizaron enzimas de marca Sigma: α -amilasas, celulasas y proteasas (Celtek, Tecnologías, C.A.). Para la preparación del hidrolizado, el GDM fue molido, aspirado y tamizado, se hidrolizó y fue secado por atomización (Niro atomizer F 11BA06).

Evaluación del GDM y del hidrolizado.

El color se midió según la metodología de la AACC (2004) Method 14-22, utilizando un colorímetro marca Hunter-Lab, modelo Flex. La granulometría se realizó utilizando el método C-136 de la ASTM (2005) completándose con la Norma COVENIN 254-77. Los análisis funcionales como: farinografía y viscoamilograma se determinaron de acuerdo a los métodos oficiales de la AACC (2004). Los índices de absorción de agua (IAA) y de solubilidad en agua (ISA) se realizaron de acuerdo al método de Anderson (1982). Los análisis proximales y minerales (hierro, magnesio, calcio, fósforo) se realizaron de acuerdo a los métodos oficiales de la AOAC (2005). Los carbohidratos por diferencia de los proximales. Los aminoácidos (lisina, metionina y treonina) por cromatografía de alta resolución (HPLC). La digestibilidad proteica *in vitro* se realizó por el método multienzimático que incluye la tripsina, quimiotripsina y la peptidasa, descrito por Hsu *et al.* (1977). La fibra dietética se evaluó utilizando el principio descrito por Hellendorn y Slaghan (1975). El valor energético se calculó utilizando los coeficientes de Atwater, según Nielsen (1994). La presencia de Aflatoxinas se determinó por cromatografía de capa fina, método 975.35 de la AOAC (2005), basado

en las características fluorescentes que estos compuestos presentan a la luz ultravioleta. Los análisis de Coliformes totales, Aerobios mesófilos, mohos y levaduras se determinaron utilizando la metodología recomendada en el APHA (2001). La evaluación estadística de los resultados obtenidos, se realizó utilizando una hoja de cálculo bajo el programa de Microsoft Excel, según metodología ISO 5725-2:94.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El germen desgrasado de maíz (GDM) presentó un color amarillo con tonalidades rojizas (L: 92,44; a: 1,71 y b: 17,99), tendencia similar a los valores obtenidos en la fracción gruesa del germen por Guerra *et al.* (1998) y está constituido por 68,54% de partículas grandes y 31,46% de partículas finas (Cuadro 1). Del tratamiento enzimático se obtuvo un hidrolizado de germen desgrasado de maíz (HGDM), en el cual las partículas son de menor tamaño (80,1% de partículas finas) (Cuadro 1), esto indica un aumento en las mismas en comparación al GDM, con un tamaño inferior a 0,84 mm.

Cuadro 1. Resultados de la prueba de granulometría.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	GDM % DE RETENCIÓN	HGDM % DE RETENCIÓN
20	0,841	43,24	7,50
30	0,595	15,34	5,20
40	0,420	9,96	7,20
50	0,297	9,90	12,40
60	0,250	3,64	7,10
Fondo	-	17,92	60,60

Los resultados de la composición proximal de las muestras se detallan en la Cuadro 2. Estos indican que el GDM presenta valores similares a los reportados por Guerra *et al.* (1998), y a la fracción media de GDM reportado por (Granito *et al.*, 2000). El HGDM presentó menor contenido de humedad que el GDM, debido al tratamiento de secado, lo cual favorece su conservación. Comparando este valor con los reportados en la Tabla de Composición de Alimentos (TCA) (1999) para la harina de maíz (HM) observamos un valor superior 11,2%, debido a los diferentes métodos de secado. El mayor componente en el hidrolizado al igual que en el GDM, son los carbohidratos constituidos por almidones que representan el

80% de los mismos. Se aprecia una disminución aproximada de 15% en relación al contenido de almidón del GDM. Reducción baja, comparada con la reportada por Hernández (2001) (29%). En el contenido de proteínas, no hubo variaciones comparando con el GDM, ya que al hidrolizar lo que se hace es una ruptura de la estructura. La fibra cruda se redujo en un 37%, lo cual enriquece el hidrolizado, ya que uno de los productos de la hidrólisis de la fibra son los azúcares reductores (Gómez *et al.*, 2008), fuentes importantes de energía. Las cenizas en el hidrolizado aumentaron, esto se puede atribuir a que los minerales unidos a la fibra, se separaron durante la hidrólisis. De estos los de mayor nivel son fósforo, hierro, calcio y magnesio, en ambas muestras (Cuadro 3), esto aumentan el valor nutricional del germen y del hidrolizado.

Cuadro 2. Composición proximal, contenido de almidón y energía del GDM y del HGDM.

PARÁMETROS	GDM		HGDM	
	BH	BS	BH	BS
Humedad (%)	9,3± 0,72	-	4,6± 0,10	-
Cenizas (%)	4,1± 0,26	4,6	8,9± 0,00	9,3
Proteínas (%) N x 6, 25	11,6± 0,36	12,8	12,0± 0,00	12,6
Fibra cruda (%)	6,1± 0,20	6,6	4,0± 0,00	4,2
Grasa (%)	0,6± 0,20	0,7	0,53± 0,02	0,56
Almidón (%)	62,0± 1,39	68,6	56,0± 0,00	58,7
Carbohidratos (%)	68,3± 0,44	75,3	69,97± 0,02	73,34
Valor Energético (Kcal/100g)	320,59		348,80	

Cuadro 3. Contenido de minerales del germen desgrasado de maíz y del hidrolizado.

PARÁMETROS	GDM		DMHG	
	BH	BS	BH	BS
Calcio (mg/100g)	40,4±1,73	44,50	49,61±0,00	52,00
Magnesio (mg/100g)	384,4±1,00	423,80	397,34± 0,00	416,50
Hierro (mg/100g)	7,14±0,53	7,87	7,25± 0,00	7,60
Fósforo (mg/100g)	900,00±0,10	1000	1300± 0,00	1400

Al estudiar la calidad de las proteínas del GDM, los valores de lisina, metionina y treonina expresados en g aa /100 g de proteínas fueron: 3,68; 1,84 y 4,74 respectivamente, semejantes a los reportados por Dondero y Meneses (1981), de 3,83; 1,81 y 4,76. Guerra *et al* (1998), para lisina reportaron 2,50; 3,84 y 3,13 g aa /100 g de proteínas, en diferentes fracciones del GDM. El contenido de estos aminoácidos en el

hidrolizado (3,85; 1,72 y 5,41 g aa /100 g de proteínas) son superiores a los de la HM reportados por Orr y Watt (1968). En la Figura 1 se presentan datos comparativos de digestibilidad proteica in vitro, fibra dietética y valor energético de ambas muestras. El valor de digestibilidad obtenido en este trabajo para el GDM fue de 62%, menor a la de las harinas precocidas, debido al alto contenido de fibra de este residuo (Hernández *et al.*, 1999). Valores de digestibilidad entre 63,08% a 88,20% en GDM fueron reportados por Mosqueda *et al* (1986). Al obtener el hidrolizado, se mejoró la disponibilidad de las proteínas, ya que aumentó la digestibilidad en un 36%, por la acción hidrolítica de las enzimas utilizadas sobre las proteínas. Esto favorece las propiedades funcionales (textura, viscosidad, color, etc.) del hidrolizado y la disponibilidad de los aminoácidos y péptidos en la dieta humana. El valor de fibra dietética en el germen fue de 32,50%, Granito *et al* (2000), reportaron niveles de 35,9% en la fracción gruesa del GDM. La fibra dietética disminuyó considerablemente (11,11%) debido a la hidrólisis del almidón, proteínas y celulosas, por lo que el valor energético aumenta (348,8 Kcal/100g). Comparando el contenido de fibra dietética del hidrolizado con los valores reportados en la TCA para HM (2,5%), éste es mayor, dado que el GDM presenta capas externas que aumentan el contenido de fibra.

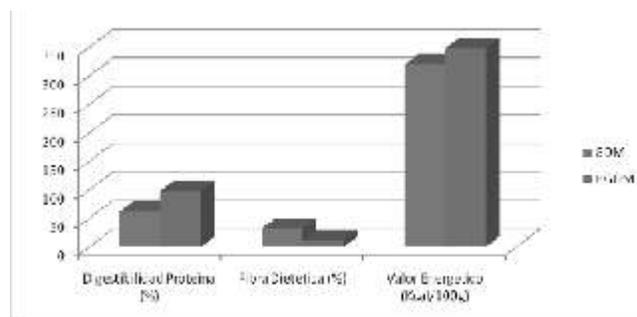


Figura 1. Digestibilidad proteica in vitro, fibra dietética y valor energético del germen desgrasado y del hidrolizado.

En relación a sus propiedades funcionales el HGDM presentó un ISA de (44,83%) esto indica que se solubiliza 3,5 veces más que la harina de trigo (13,3%) y 18,5 veces más que la harina precocida de maíz (2,34%) (Guerra *et al.*, 1998); atribuible a la acción hidrolítica que reduce parte de los compo-

mentos del germen a moléculas más pequeñas que tienen mayor interacción con el agua, debido a esto, puede ser utilizado en los productos de panadería, galletas y pastas como un complemento en la elaboración. Sin embargo, debido a su índice de absorción 2,54 %, el hidrolizado puede ser utilizado en la elaboración de bebidas instantáneas, con alto valor nutricional.

Cuadro 4. Viscoamilograma.

Puntos de Análisis	Unidad	Resultado
Pico de viscosidad máxima (87,5 °C)	cps	37,42
Viscosidad al final del calentamiento (92,5 °C)	cps	30,62
Viscosidad al final de la temperatura constante (92,5 °C)	cps	20,41
Viscosidad al final del enfriamiento (55 °C)	cps	17,01
Viscosidad al final de la temperatura constante (55 °C)	cps	17,01
Temperatura de gelatinización	°C	87,5

En la Cuadro 4 se indican los puntos evaluados en el viscoamilograma del hidrolizado, en la cual se puede observar que, a mayor temperatura, los valores de viscosidad resultaron ligeramente mayores. La curva registra un comportamiento diferente a las harinas con alto contenido de almidones nativos, según William *et al* (1982), ha ocurrido una modificación enzimática de los almidones, traduciendo todo esto en un amplio uso del hidrolizado hacia la elaboración de bebidas instantáneas. La evaluación microbiológica señala que ocurrió una reducción en Aerobios mesófilos, Mohos y Levaduras, en el HGDM, debido a las temperaturas (50 °C - 90 °C) utilizadas durante la hidrólisis. No hubo crecimiento de Coliformes totales y fecales. Lo que indica una manipulación adecuada del GDM durante la hidrólisis.

De acuerdo a la prueba estadística de las evaluaciones físicas, químicas y nutricionales realizadas al GDM y al hidrolizado, en los parámetros existe baja o no existe dispersión entre sus réplicas y en las determinaciones microbiológicas no existen diferencias significativas (al 95% de probabilidad) entre sus réplicas.

CONCLUSIONES

El HGDM evaluado es un producto de color claro con alto valor energético y de proteínas de buena digestibilidad, aminoácidos esenciales, carbohidratos, almidón, minerales, bajo en grasa y de alta solubilidad, estas características permitirían utilizar al hidrolizado como ingrediente funcional en diferentes

alimentos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Investigación (FONACIT) Proyecto N° 2001001770 y al Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE), quienes financiaron la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC 2004. American Association of Cereal Chemists. Approved methods of american association of cereal chemists, 10 th Ed. St Paul, MN. Method. 66-50.
- Anderson, R., Rackis, J.J y Tallent, W.H. 1979. Biologically active substances in soy products. In: "Soy protein and human nutrition". Ed Wileke, H.L., Hopkins, D.T. y Waggle, D.H., Academic Press. New York. P. 209.
- Anderson, R. A. 1982. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. Cereal Chem. (59):265-269.
- AOAC 2005. Official methods of analysis association of official analytical chemists. 21th ed. Washington, DC. EEUU. pp 1192.
- APHA 2001. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. pp 1-695.
- ASTM 2005. American Society for Testing and Materials. C-136.
- COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. 1977. Cedazos de ensayos. Norma 254. Fondonorma. Caracas. Venezuela.
- COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. 1982. Cereales, leguminosas, oleaginosas y productos derivados. Muestreo. Norma 612. Fondonorma. Caracas. Venezuela.

- Dondero, M. y Meneses, R. 1981. *Obtención de un concentrado proteico a partir del germen desgrasado de maíz. (Zea mays)*, Alimentos, 6(3):19-24.
- Granito, M.; Guerra, M., Torres, A. 2000. *Caracterización física, química y nutricional del germen de maíz desgrasado*. Rev. Tec. Ing. Univ. Zulia. 23(3):216-226
- Guerra, M.; Granito, M.; Schnell, M.; Torres, A., Tovar, J. 1998. *El germen desgrasado de maíz: materia prima potencial para la industria de alimentos*. Anales Venezolanos de Nutrición. 11(1):12-20.
- Gómez, E.; Morillo O.; Guerra, M. 2008. *Obtention and characterisation of a hydrolysed product from defatted corn germ*. Abstracts. 14th World Congress of Food Science & Technology. pp415.
- Hellendorn, E.; Noodhff, M. y Slaghan, J. 1975. *Residuo indigerible*. J.Sci. F.D. Agri.26:1461-1468.
- Hernández, B; Guerra, M. y Rivero, F. 1999. *Efecto del fraccionamiento sobre las características del germen de maíz desgrasado*. Ciênc. Tecnol. Aliment. Vol.19 n.1. Campinas Jan/Apr.
- Hernández, H. 2001. *Concentración y purificación de proteínas a partir del germen desgrasado de maíz*. Tesis de Maestría. Universidad Experimental Simón Rodríguez. Venezuela.
- Hsu, H.W.; Vavak, L.D.; Satterlee; Miller G.A. 1977. *A multienzyme technique for estimating protein digestibility*. J Food Sci. 42:1269-1273.
- International Organization for Standardization. 1994. ISO-5725-2. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic methods for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.
- Mosqueda, M.; Padua, M. y Guerra, M. 1986. *Tecnología de cereales y poder sustitutivo*. En: Los cereales en el patrón alimentario del venezolano. Comisión de Investigaciones en Alimentos y Nutrición. CCIAN. 2: 49-63.
- Nielsen, S.S. 1994. *Introduction to the chemical analysis of foods*. Editorial Sales and Customer service offices. Boston, USA. 517 pp.
- Orr, M.L. y Watt, D.K.1986. *Amino acid content of foods*. Home Economics Research Report N°4
- Pacheco, E. 1986 *Concentrados Proteínicos de Palma Africana. Proceso de Extracción y Propiedades Funcionales*. Arch. Latinoamericano de Nutrición, 35:509-518.
- Pernalette, G. 2005. *Datos de disponibilidad del residuo germen desgrasado de maíz*. Informe del laboratorio de control de calidad. Refinadora de Maíz, C.A (REMAVENCA).
- Tabla de Composición de Alimentos. 1999. Instituto Nacional de Nutrición (INN). Serie Cuadernos Azules. Publicación N° 52. Caracas.
- Watson, S. 1987. *Structure and composition. Corn Chemistry*. Published by the American Association of Chemists. Inc. Minnesota, U.S.A.
- William, C y Keith, H. 1982. *The Amilograph Handbook*.