

**ENRIQUECIMIENTO DE HARINA PRECOCIDA
DE MAIZ BLANCO (*Zea mays*) CON HARINA
DE SEMILLA DE AMARANTO (*Amaranthus* sp.)**

Emperatriz Pacheco de Delahaye¹ y Mercedes Portillo²

**Universidad Central de Venezuela
e
Instituto Nacional de Nutrición
Caracas, Venezuela**

RESUMEN

Se elaboraron tres mezclas de harina precocida de maíz blanco con harina procesada de amaranto granífero a los niveles de sustitución del 10, 20 y 30%. Los índices de sedimentación y consistencia de las mezclas variaron respecto a los de la harina de maíz blanco, pero sin alterar la capacidad de formación de masa para elaboración de las arepas. Las tres mezclas acusaron aumentos graduales de contenido de fibra, grasa y cenizas en relación a la harina precocida de maíz blanco. Las propiedades funcionales de absorción de agua y aceite se incrementaron en un 20% y 10%, respectivamente. Durante tres meses de almacenamiento, el contenido de proteína y grasa no se vio alterado. Se llevaron a cabo pruebas de aceptabilidad de las arepas, encontrándose que las mezclas con los niveles de 10% y 20% de sustitución son aceptables desde el punto de vista sensorial. La calidad proteínica fue analizada en términos de eficiencia proteínica (PER) y resultó ser superior a la de la harina de maíz blanco comercial (PER 1.93) y la digestibilidad "aparente" fue de 92%. En cuanto al ~~contenido de lisina en las arepas~~ provenientes de las mezclas con sustitución del 10% (1.8 g lisina/100 g de proteína) y 20% (2.0 g lisina/100 g de proteína) también resultaron ser superiores al de las arepas elaboradas con harina de maíz blanco comercial (0.7 g lisina/100 g de proteína).

Manuscrito modificado recibido: 6-11-90.

- 1 Profesora Agregada y Jefe de la Cátedra Análisis de Productos Agrícolas II, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Apartado 5081, Maracay, Aragua, Venezuela.
- 2 Miembro del personal de Investigación del Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela, Caracas, Venezuela.

En base a las consideraciones precedentes, se recomienda el enriquecimiento de la harina de maíz blanco comercial con harina de amaranto granífero para la posterior elaboración de arepas, producto de consumo masivo en la dieta del venezolano.

INTRODUCCION

El enriquecimiento de harina de maíz con amaranto tiene varios aspectos prometedores, ya que el uso generalizado de las harinas precocidas asegura un amplio consumo por parte de la población más necesitada e inclusive de los niños, siempre que se logre eficazmente sustituir la harina normal por la enriquecida para tal fin. De esta manera se evita la compleja tarea de distribución directa de los alimentos suplementarios por canales oficiales. El reemplazo de las proteínas convencionales depende de la disponibilidad de las proteínas no convencionales, con propiedades funcionales adecuadas, las cuales facilitan su incorporación en la industria de alimentos (1). Las propiedades funcionales de harinas de amaranto cruda y precocida fueron estudiadas por Pacheco (2) y resultaron ser comparables a la harina de soya, por lo que es posible utilizarla en productos de panadería y como extensor de carnes. En Venezuela, la arepa (pan de maíz) se considera un producto de consumo tradicional, y el 95% se elabora a partir de harina precocida de maíz blanco, producto con un bajo contenido de lisina (3). Estudios informados por Sánchez y Maya (4) señalan que las mezclas de harina integral y fracciones de la molienda de semillas crudas de amaranto con harina comercial de maíz amarillo en las proporciones 80:10; 80:20 y 50:50 son las adecuadas para la confección de tortillas, y las de 80:20 y 50:50, para la elaboración de arepas. Por otra parte, las harinas de semilla de amaranto presentan un contenido de lisina tres veces mayor que la del maíz, por lo que se complementa bien con maíz, arroz y trigo, cereales que son deficientes en lisina (5).

En la presente investigación se estudió el efecto del agregado de la harina de semilla de amaranto a la harina comercial de maíz blanco en niveles de 10%, 20% y 30% de sustitución, efectuándose pruebas físicas y químicas. Se evaluó el valor nutritivo de las arepas mediante el índice de eficiencia proteínica (PER), digestibilidad aparente (DA) y contenido de lisina disponible. Además se realizaron pruebas sensoriales.

MATERIAL Y METODOS

Se prepararon harinas de semilla integral de amaranto (*A. cruentus*) a partir de semillas de un maíz híbrido mexicano-africano (K112) cosechado en los campos experimentales de FUSAGRI, Instituto ubicado en la región central de Venezuela. Las semillas sin el agregado de agua fueron sometidas a autoclave a 120°C por 10

minutos, a 16 lb de presión; luego fueron molidas y cernidas a través de un tamiz de 40 mallas. La harina precocida de maíz blanco utilizada en esta investigación fue adquirida en comercios locales. Para la elaboración de arepas se prepararon mezclas de harinas de maíz blanco y harina de semilla de amaranto en proporciones variables de 90:10; 80:20 y 70:30%. La composición química de las harinas y las arepas se determinó según las técnicas descritas por la AOAC (6). Seguidamente se analizó el contenido de almidón (7) en las harinas; en las mezclas de harinas de maíz blanco-amaranto se determinó el índice de sedimentación por el método 5660-5661 y el índice de consistencia empleando el consistómetro de Adams según la American Association of Cereal Chemists (8). Los cambios en las propiedades funcionales de las harinas fueron evaluados, específicamente, absorción de agua (9) y absorción de aceite (10).

Obtención de Arepas

La cantidad de agua en las mezclas utilizadas se estableció de acuerdo a los índices de sedimentación (IS). El tiempo de amasado fue de 20 minutos, y el tiempo de reposo de la masa, tres minutos. Se toman aproximadamente 120 g de masa, se le da forma redondeada y se procede a su cocción en plancha durante cinco minutos cada lado, y posteriormente se colocan en el horno a 250°C por 20 minutos.

Evaluación Nutricional

El valor biológico se determinó midiendo el índice de eficiencia proteínica (PER) conforme Yañez *et al.* (11) y la digestibilidad aparente (12). Se utilizaron ratas de la colonia del Bioterio del Instituto Nacional de Nutrición, recién destetadas, de 45 gramos de peso. Las dietas fueron preparadas al 10% de proteínas y se suministraron *ad libitum* al igual que el agua, por el término de 21 días. La lisina disponible se analizó siguiendo la metodología empleada por Kakade (13).

En el Instituto Nacional de Nutrición se efectuaron dos pruebas de evaluación sensorial de las arepas, utilizando cada vez un panel no entrenado de 12 personas, y aplicando a los datos análisis de varianza de una vía.

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición Química

En la Tabla 1 se compara la composición proximal de la harina precocida de maíz blanco (HPMB), de la harina procesada de semilla de amaranto (HSA) y de las mezclas 90% HPMB + 10% HSA; 80% HPMB + 20% HSA y 70% HPMB + 30% HSA. La composición química tanto de la harina precocida de maíz blanco como de la

TABLA 1

**COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LA HARINA DE MAIZ COMERCIAL, DE AMARANTO
Y HARINAS COMPUESTAS DE MAIZ Y AMARANTO**

Muestra 5	g/100 g muestra					Fracción libre de nitrógeno*
	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas	
Harina de maiz comercial	9.8	7.8	1.4	0.4	0.3	30.3
Harina de amaranto	7.2	16.9	10.5	3.7	3.5	58.2
Harina de maiz-amaranto 90:10	9.6	9.7	2.6	0.6	0.5	77.0
Harina de maiz-amaranto 80:20	9.7	10.1	3.1	0.8	0.8	75.2
Harina de maiz-amaranto 70:30	9.6	11.3	3.8	1.1	1.2	73.0

* Calculado por diferencia.

harina de semilla de amaranto, es muy similar a las informadas en la literatura (14-16).

Se observó un aumento gradual del contenido proteínico de 7.8% en la HPMB hasta 11.3% en la mezcla de 70% HPMB + 30% HSA, 20% de sustitución; el incremento fue de 32%, y en la mezcla 90% HPMB + 10% HSA el aumento fue de 26%. El contenido de grasa, fibra y cenizas ascendió gradualmente a medida que se incrementaba el porcentaje de sustitución de HPMB por HSA. En cambio, la Tabla 2 indica que el contenido de almidón disminuye cuando el contenido de amaranto en la mezcla aumenta.

TABLA 2

CONTENIDO DE ALMIDON DE LA HARINA PRECOCIDA DE MAIZ BLANCO (HPMB) Y LAS MEZCLAS DE HPMB Y HARINA DE SEMILLA AMARANTO (HSA)

Muestra	HPMB	90% HPMB + 10% HSA	80% HPMB + 20% HSA	70% HPMB + 30% HSA	HSA
Almidón %	80	78	75	71	55

El incremento de grasa en las mezclas motivó el estudio de la variación de humedad, proteína (N x 6.25) y grasa durante tres meses de almacenamiento a temperatura ambiente, empleando el mismo empaque comercial de harina precocida de maíz blanco, que es de celofán.

Se puede apreciar, en la Tabla 3, que no hubo cambios en el contenido de proteína, humedad ni grasa durante el período de almacenamiento, y tampoco se produjeron sabores ni olores extraños, por lo que se deduce que el incremento de grasa en las mezclas de harina maíz blanco-amaranto no ocasiona problemas de rancidez.

Propiedades Funcionales

Los índices de sedimentación y consistencia de las mezclas variaron respecto a los de la harina precocida de maíz blanco, pero sin inducir cambios apreciables en la capacidad de formación de masa para la preparación de arepas (Tabla 4).

La absorción de agua se incrementó gradualmente a medida que se aumentaba el porcentaje de amaranto, mientras que la absorción de aceite sólo aumentó en un 10% en todas las mezclas. Cabe mencionar que en Venezuela las arepas se consumen horneadas o fritas, por lo que es importante estudiar la variación del contenido de retención de agua y aceite de las harinas de maíz blanco, al incorporar la harina de semilla de amaranto.

TABLA 3

VARIACION DE LAS PROTEINAS, GRASA Y HUMEDAD
DE LAS HARINAS MAIZ-AMARANTO DURANTE
EL ALMACENAMIENTO (g%)

Análisis	Maíz-amaranto 90:10	Maíz-amaranto 80:20	Maíz-amaranto 70:30	
Proteína:	0 mes	9.7	10.1	11.3
	1 mes	9.6	10.1	11.2
	2 meses	9.7	10.0	11.3
	3 meses	9.6	10.1	11.3
Grasa:	0 mes	2.6	3.1	3.8
	1 mes	2.5	3.0	3.8
	2 meses	2.6	3.0	3.7
	3 meses	2.6	3.0	3.8
Humedad:	0 mes	9.8	9.8	9.8
	1 mes	9.7	9.6	9.6
	2 meses	9.5	9.6	9.6
	3 meses	9.6	9.5	9.6

TABLA 4

INDICE DE SEDIMENTACION (IS), INDICE DE CONSISTENCIA (IC)
ABSORCION DE AGUA (AA) Y ABSORCION DE ACEITE
DE MAIZ-AMARANTO

Harina	IS	IC	Absorción de agua %	Absorción de aceite %
Maíz-amaranto 90:10	43	8.0	290	140
Maíz-amaranto 80:20	42	8.9	300	140
Maíz-amaranto 70:30	41	10.9	300	140
Maíz comercial	50	7.2	260	130
Amaranto—	—	380	180	

Cualquier alimento nuevo o modificado debe contar con buena aceptación gustativa para que su efectividad sea garantizada. En este sentido, se efectuaron dos pruebas de aceptabilidad entre el personal del Instituto Nacional de Nutrición (INN). Para el caso, se utilizó un panel no entrenado de 12 personas y se aplicó a los datos el método de análisis de varianza de una vía. El resultado fue una preferencia por parte de los panelistas por las arepas elaboradas

con la mezcla 80% HPMB + 20% HSA, y un rechazo de las arepas elaboradas con 30% de harina de amaranto, por presentar éstas un color oscuro y sabor parecido al afrecho. Así, pues, las arepas con 30% de sustitución no fueron sometidas al análisis nutricional en este estudio.

Evaluación Nutricional

El índice de eficiencia proteínica fue evaluado en las arepas obtenidas a partir de harinas precocidas de maíz blanco (HPMB), y las elaboradas con la mezcla 80% HPMB + 20% HSA (Tabla 5). La adición de harina de semilla de amaranto a las arepas produjo un aumento gradual en el peso de los animales, lo que indujo como consecuencia, un incremento significativo de este índice desde 1.2 a 1.9 que representa un aumento porcentual del 42% en el PER. La digestibilidad aparente (92.1% de las arepas con 20% de amaranto), resultó muy buena, indicando que no se formó lisinoalanina o racenización de aminoácidos, ya que estos compuestos originan una disminución de la digestibilidad, según las investigaciones de Friedman (17).

TABLA 5

**INDICE DE EFICIENCIA PROTEINICA (PER) Y LA DIGESTIBILIDAD
"APARENTE" DE LA HARINA DE MAIZ-AMARANTO 80:20**

Muestra	PER	Digestibilidad (%)
Harina de maíz	1.2 ± 0.2	
Harina de maíz-amaranto 80:20	1.9 ± 0.2	92.1%
Caseína	3.0 ± 0.2	

Lisina Disponible

En la Tabla 6 se aprecian las determinaciones de lisina disponible en las harinas y en las arepas con 10% y 20% de amaranto en las cuales se duplicó el contenido de lisina respecto a la harina y arepas de maíz blanco. Los datos obtenidos revelaron que el horneado disminuye en 17% el contenido de este aminoácido esencial.

A partir de los resultados de este estudio, es evidente que la calidad nutricional de las arepas de harina precocida de maíz blanco, el alimento de base de la dieta del venezolano, puede suplementarse con harina precocida de semilla de amaranto hasta un nivel de sustitución del 20%.

TABLA 6
LISINA DISPONIBLE EN LAS HARINAS Y AREPAS
DE MAIZ-AMARANTO

Harinas de:	Lisina g/100 g de proteína
Maíz	0.87 ± 0.2
Maíz-amaranto 90:10	1.78 ± 0.2
Maíz-amaranto 80:20	2.27 ± 0.2
Arepas de:	Lisina g/100 g de proteína
Maíz	0.73 ± 0.2
Maíz-amaranto 90:10	1.62 ± 0.2
Maíz-amaranto 80:20	2.04 ± 0.2

SUMMARY

ENRICHMENT OF WHITE CORN FLOUR (*Zea mays*) WITH AMARANTH (*Amaranthus* sp.) SEED FLOUR

Three mixtures of precooked white corn flour with 10, 20 and 30% amaranth flour were prepared. The sedimentation and consistence of the mixtures differed from those of the white corn flour, but without altering the capacity of dough formation to prepare arepas. The protein, fiber, and ash contents were higher than those of the precooked white corn flour. The functional properties of water and oil absorption increased in 20 and 10%, respectively.

During the three-month storage, the protein and fat contents were not altered. Acceptability tests of the arepas were carried out and results indicated that those mixtures prepared with 10% and 20% substitution levels were acceptable from the sensory point of view. The protein quality was analyzed in terms of protein efficiency ratio (PER), which proved to be higher than that of the commercial white corn flour (PER 1.93), and the apparent digestibility was 92%. As far as lysine is concerned, results showed that arepas prepared with the mixture containing 10% amaranth (1.6 g lysine/100 g protein) and 20% (2.0 g lysine/100 g protein) also proved to be higher than the commercial white corn flour arepas (0.7 g lysine/100 g protein).

Based on the above findings, enrichment of commercial white corn flour with grain amaranth flour, prior to the preparation of arepas, a product of high consumption in Venezuela as part of the habitual diet, is recommended.

BIBLIOGRAFIA

1. Kinsella, Y.F. Functional properties of soy proteins. *JAACS*, **56**: 242-249, 1979.
2. Pacheco de Delahaye E. Estudio de las propiedades funcionales de la harina de semilla de amaranto. Presentado en: Convención Nacional de la ASOVAC, *Acta Científica Venezolana*, XXXV: 219, 1985.
3. Seminario "Enriquecimiento de Harina de Maíz con Soya". CONICIT, 19 de enero de 1976.
4. A. Sánchez Marroquín & B. Maya. Industrial corn flour enrichment with whole amaranth flour and milling fractions in corn-based products. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **35**(3): 518-535, 1985.
5. Becker, % R.M. Saunder. *Amaranthus*: A potencial food and feed resource. *Adv. Cereal Sci. Technol.*, **6**, Cap. 6, 1983.
6. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 12th. ed. Washington, D.C., The Association, 1975.
7. Mc. Creaty, R.M., Y. Guggolz, V. Silveira & H.W. Owens. Determination of starch and amylase in vegetables. *Anal. Chem.*, **22**: 1156-1161, 1950.
8. American Association of Cereal Chemists. *Approved Methods of the AACC*. St. Paul Minn., The Association, 1983.
9. Wang, J.C. & J.F. Kinsella. Functional properties of novel proteins: Alfalfa leaf protein. *J. Food Sci.*, **286**: 289, 1976.
10. Lin, M.J.Y., E.S. Humbert & F.W. Sosulski. Certain functional properties of sunflower meal products. *J. Food Sci.*, **39**: 368-370, 1974.
11. Yañez, E., D. Ballester, H. Wuth, W. Orrego, V. Gattás & S. Estay. Potato flour as partial replacement of wheat flour in bread, baking studies and nutritional value of bread containing graded levels of potato flour. *J. Food Tech.*, **16**(3): 291-298, 1981.
12. Allison J.B. Biological evaluation of protein. *Physiol. Rev.*, **35**: 664-669, 1965.
13. Kakade, M.L. & I.E. Liener. Determination of available lysine in proteins. *Anal. Biochem.*, **27**: 273-280, 1969.
14. Bressani, R. Calidad proteínica de la semilla de amaranto cruda y procesada. *El Amaranto y su Potencial*, Boletín N° 3, 1983.
15. Odtojan, R.C. El Amaranto: una cosecha promisoriosa descuidada. *El Amaranto y su Potencial*. Boletín N° 4, 1983.
16. Sánchez, A. Dos cultivos olvidados de importancia agroindustrial: El amaranto y la quina. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **32**(1): 11-33, 1983.
17. Friedman, M., J.C. Zahnoley & P.M. Masters. Relationship between *in vitro* digestibility of casein and its content of lisinoalnine and D-amino acids. *J. Food Sci.*, **46**: 127-134, 1981.