Publicación INCAP PCE/018

Mejoramiento de la calidad proteínica del sorgo reventado con grano de soya

Ricardo Bressani¹ y Edgar Tuna²

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
(INCAP) Guatemala, Guatemala, C.A.

Oficina Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud - Washington, D.C.

RESUMEN. En el presente estudio se evaluó la composición química y la calidad proteínica del sorgo reventado por un proceso térmico en seco. Los resultados químicos indicaron pérdidas en extracto etéreo y un aumento en fibra cruda. Asimismo, se encontraron pérdidas en los aminoácidos esenciales, lisina y triptófano, del orden del 26 y del 45%, respectivamente. Esta pérdida en aminoácidos fue confirmada a través de pruebas biológicas, en las cuales, la calidad de la proteína del sorgo crudo con base en PER fue del 32% del valor de caseína y del 8% para el sorgo expandido (reventado). Se encontró también, que la digestibilidad aparente y verdadera fueron menores para el sorgo reventado que para el crudo. Con el fin de corregir esta pérdida de calidad proteínica, el sorgo expandido fue suplementado con 5, 10 y 15% de soya tostada. Aunque no se detectó un incremento en calidad evaluado por NPR, sí se encontró un aumento en peso conforme aumentaba el nivel de soya. Esto fue atribuido a que la proteína en la dieta aumentó con respecto al nivel de soya en ésta. En un ensayo biológico adicional, con 15% de grano de soya tostada, se encontró un aumento estadísticamente significativo en NPR, equivalente a 74.5% del valor de caseína; mientras que para el sorgo expandido sin suplemento, el valor relativo a caseína fue del 30%. Con base en estos resultados, se formuló una mezcla de 36% de sorgo reventado, 10.5% de soya entera tostada, 3.5% de ajonjolí sin cáscara y 50% de azúcar morena. Este producto es superior al producto comercial en cantidad, calidad de proteína y en contenido energético.

SUMMARY. Improvement of the protein quality of popped sorghum with soybean grain. The present study was carried out to evaluate the chemical composition and protein quality of popped sorghum by thermic dry processing. The chemical results indicated losses in the ether extract and increases in crude fiber. Likewise, losses were found in the essential amino acids, lysine and tryptophan, of 26 and 45%, respectively. The loss in these amino acids was confirmed by biological studies in which the protein quality of the raw sorghum, based on a PER was 32% of the casein value and of 8% for the popped sorghum (expanded). It was also found that the apparent and true digestibilities were lower for the popped sorghum than for the raw grain. In order to correct this loss in protein quality, the popped sorghum was supplemented with 5, 10 and 15% of roasted soybeans. Although no increase in quality was observed as evaluated by NPR, an increase in weight was found, as the soybean level in the diet was increased. This was attributed to the fact that the protein in the diet increased with respect to the soybean level. In an additional biological assay carried out with 15% of roasted soybean, a statistical significant increase in PER was found, equivalent to 74% of the casein value, while for the expanded sorghum without supplement, the relative casein value was of 30%. On the basis of these results an «alboroto» was formulated with 36% of popped sorghum, 10.5% whole roasted soybean, 3.5% dehulled sesame grain and 50% brown sugar. This product is superior to the commercial product in protein quality and quantity, as well as in energy content

INTRODUCCION

El sorgo blanco se utiliza en varios países centroamericanos para extender el maíz como tortilla (1,2), cuando este último

escasea. Asimismo, el sorgo como harina se utiliza en pequeños porcentajes para panificación (1) y el grano reventado y mezclado con azúcar o panela y otras semillas, principalmente ajonjolí, se usa para la preparación de un bocadillo dulce conocido como «alboroto». Otras aplicaciones han sido el uso de este cereal en la preparación de alimentos de alto valor nutritivo (3). En un estudio anterior (4) se encontró que el proceso de reventado del sorgo destruye la calidad de la proteína, reduciendo los niveles de lisina, el aminoácido

1. Coordinador de la Investigación en Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.
2. Estudiante de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Este estudio fue parte del trabajo de tesis previo a optar a una Licenciatura, 1990.

esencial más limitante en este cereal (5). Con esto en mente, el propósito del presente estudio fue el de desarrollar un producto similar al alboroto, que contuviese mejor contenido de nutrientes y superior calidad proteínica.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó una mezcla de muestra de sorgo blanco en grano de estudios anteriores (4,6). El material fue luego dividido en dos partes, usando una tercera parte como sorgo crudo y dos terceras partes para procesarlo como sorgo reventado. El sorgo reventado se preparó de acuerdo con el método de expansión que ya fuera publicado (4). Se tomaron 4 muestras de sorgo crudo y 4 de sorgo reventado para fines de análisis proximal llevado a cabo según la metodología de la AOAC (7). Además, se analizaron lisina disponible (8) y triptófano (9).

El resto del material fue utilizado para pruebas de calidad proteínica por medio del método de NPR (10) y para fines de suplementación con soya. La soya utilizada fue primero humedecida durante 2 a 3 horas y luego se sometió a un tratamiento térmico a 150°C por 15 minutos. Esto permitió la separación de la cáscara y dejó el cotiledón para fines de suplementación.

Para la evaluación de la calidad proteínica del sorgo crudo y reventado, se utilizaron las dietas descritas en la Tabla 1. La cantidad de harina de sorgo para las dietas con sorgo crudo y reventado se calculó para que contuvieran la misma cantidad de proteína (8.4%).

TABLA 1
DESCRIPCION DE LAS DIETAS PARA LA
EVALUACION BIOLOGICA DEL SORGO NO
REVENTADO EN COMPARACION CON EL
REVENTADO

Ingredientes	Dietas			
	1	2	3	4*
Harina con sorgo crudo (g)	3600	—	—	—
Harina con sorgo reventado (g)	—	3280	—	—
Aceite vegetal (ml)	200	200	200	50
Minerales (g)	160	160	160	40
Aceite de bacalao (ml)	40	40	40	10
Almidón (g)	—	320	3231	900
Caseína (g)	—	—	369	—
Total (g)	4000	4000	4000	1000
Solución vitamínica (ml)	200	200	200	50

* Dieta libre de nitrógeno

El efecto suplementario de la soya al sorgo reventado se evaluó mediante las dietas descritas en la Tabla 2, usando 0, 5, 10 y 15% de soya tostada. No se intentó en este primer ensayo preparar dietas isoproteícas. Sin embargo, en un segundo ensayo, se suplementó el sorgo reventado con 15% de harina de soya tostada ajustando la proteína en la dieta a un 8.5%. En todos los ensayos biológicos se utilizaron 8 ratas por grupo de 22 días de edad de la colonia del INCAP. Las ratas fueron colocadas en jaulas individuales con alimentación y agua *ad libitum*. Se pesó el alimento a ser consumido y el aumento en peso cada 7 días por un total de 14 días. La digestibilidad de la proteína fue evaluada durante los últimos 7 días del ensayo de Utilización Proteica Neta (NPR) o índice de Eficiencia Proteica (PER), recolectando los materiales fecales producidos durante ese período.

TABLA 2
DESCRIPCION DE LAS DIETAS PARA LA
EVALUACION BIOLOGICA SORGO+SOYA

Ingredientes	1	2	3	4	5	6*
Harina con sorgo crudo (g)	1800	1700	1600	1500	—	—
Soya tostada (g)	—	100	200	300	—	—
Aceite vegetal (ml)	100	100	100	100	100	100
Minerales (g)	80	80	80	80	80	80
Aceite de bacalao (ml)	20	20	20	20	20	20
Almidón (g)	—	—	—	1580	1800	1800
Caseína (g)	—	—	—	—	220	—
Total (g)	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Solución vitamínica (ml)	100	100	100	100	100	100

* Dieta libre de nitrógeno

Con base en los resultados de los estudios biológicos y en la composición química de muestras de alboroto comercial, se formuló un alimento con sorgo reventado, ajonjolí, grano de soya y panela (azúcar morena). Los resultados de los estudios fueron analizados estadísticamente utilizando el paquete estadístico SAS versión 604, por medio de análisis de varianza y prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSION

El efecto del proceso de reventado sobre la composición química proximal, lisina disponible y triptófano se describen en la Tabla 3. El proceso de reventado redujo el contenido de agua, lo cual se esperaba debido al proceso térmico aplicado. Además se observó un aumento significativo ($P < 0.05$) en fibra cruda que podría ser el resultado de las reacciones entre proteína y carbohidratos catalizado por la temperatura del proceso. Este efecto es de un interés nutricional que amerita ser estudiado con mayor detalle en el futuro. Tanto la lisina

TABLA 5
EFECTO SUPLEMENTARIO DE LA SOYA TOSTADA
AL SORGO EXPANDIDO

Nivel de soya % dieta	Alimento ingerido promedio g	Aumento en peso promedio g	NPR
0	83±14.0	1.5±2.98	1.87±0.30
5	93±8.3	6±3.6	1.95±0.41
10	106±13.5	12±4.0	1.88±0.18
15	112±13.1	17±4.6	1.93±0.19
Caseína	200±25.7	62±12.9	3.53±0.54

Promedio ± D.E.

TABLA 6
CALIDAD PROTEINICA DEL GRANO REVENTADO
DE SORGO CON 15% DE
GRANO DE SOYA TOSTADA*

Producto	Alimento consumido promedio g	Aumento en peso promedio g	NPR
Sorgo expandido	84±13.9	2±2.7	1.18±0.22
Sorgo expandido + 15% soya tostada	154±16.1	35±6.7	2.98±0.25
Caseína	159±11.6	47±8.2	4.00±0.45

Proteína en dietas: 8.7%

Con base en los resultados anteriores, se formuló un alimento con 72 g de sorgo reventado, 21 g de soya tostada y 7 g de ajonjolí. La relación 3 a 1 entre la soya el ajonjolí ha sido de mejor calidad proteínica que sólo soya o sólo ajonjolí (11). La proteína del ajonjolí es deficiente en el aminoácido lisina; sin embargo, es buena fuente de aminoácidos azufrados. Por el contrario, la soya es fuente rica en lisina. El sorgo reventado puede usarse entero o molido. A un peso de la mezcla de sorgo reventado, soya y ajonjolí se le adicionó el mismo peso de panela (azúcar morena), previamente disuelta en agua. Después de mezclado y moldeado, el producto se deshidrata con aire caliente. Esto aglutina las materias primas dándoles la estructura deseada. La composición química del producto actualmente en el mercado, está indicada en la Tabla 7, en donde también se muestra el producto elaborado en este estudio. El producto del mercado contiene sólo ajonjolí, aumentando de esta manera el contenido de grasa y de proteína, pero no mejora la calidad de ésta. Por el contrario, el producto formulado contiene soya y ajonjolí, con lo que se contribuye a un mayor contenido de proteína, energía y mejor calidad proteínica. Estos análisis indican que son productos nutricionalmente adecuados en contenido energético y canti-

dad de proteína. Aunque no se evaluó biológicamente el producto comercial, se puede deducir de su composición de ingredientes, que la calidad proteínica no es tan buena como la del producto elaborado en el presente estudio.

TABLA 7
COMPOSICION QUIMICA DEL ALBOROTO
COMERCIAL Y DEL DESARROLLADO
EN EL PRESENTE ESTUDIO*

	Comercial	Producto este estudio
Humedad	8.7	(8.5)
Extracto etéreo	2.6	(5.0)
Fibra cruda	1.6	(1.5)
Proteínas	3.5	(7.8)
Cenizas	2.2	(2.0)
Carbohidratos (por diferencia)	81.4	(75.2)

* Fórmula: 72% sorgo reventado, 21% de soya y 7% de ajonjolí. Partes iguales de esta fórmula se mezclaron con panela.

REFERENCIAS

- Bressani, R. El sorgo en alimentación humana. En: Memoria de la Reunión Anual de la Comisión Latinoamericana de investigación de Sorgo organizada por la Comisión Latinoamericana de Investigación de Sorgo. Guatemala, 1985, p 1-37.
- Serna-Salvidar, S.O., D.A. Knabel, L.W. Rooney, T.D. Tanksley, Jr. & A.M. Sproule. Nutritional value of sorghum and maize tortillas. *J. Cereal Sci.* 7:83-94, 1988.
- Bressani, R., A. Aguirre & N. S. Scrimshaw. All-vegetable protein mixtures for human feeding. II. The nutritive value of corn, sorghum, rice and buckwheat substituted for lime-treated corn in INCAP vegetable Mixture eight. *J. Nutr.* 69:351-355, 1959.
- Tuna, E. & R. Bressani. Composición química de 11 variedades de sorgo antes y después del reventado. *Arch. Latinoamer* 42, 291-300. 1992
- Jansen, G.R. The amino acid fortification of cereals. En: *New protein foods*. Vol. 1A Technology. A.M. Altschul (Ed.). New York. Academic Press, Inc. 1974, p 39-120.
- Bressani, R & E. Tuna. Diferencias varietales en capacidad de reventado del sorgo (*Sorghum vulgare*). *Arch Latinoamer Nutr.* 42, 275-282: 1992
- AOAC. Official Methods of Analysis. 11 ed. Washington D.C., The Association, 1976.
- Hurell, R.F., P. Lerman & K.J. Carpenter. Reactive lysine in foodstuffs as measured by a rapid dye binding procedure. *J. Food Sci.*, 44:1221-1228, 1979.
- Villegas, E., E. Ortega & R. Bauer. Métodos químicos usados en el CIMMYT para determinar la calidad de proteína de los cereales. El Batán, México, CIMMYT, 1982.
- Bender, A.E. & B.H. Doell. Biological evaluation of proteins: a new aspect. *Brit. J. Nutr.* 11:140-148, 1957.
- Bressani, R. Suplementación de cereales con mezclas de soya y ajonjolí. Datos no publicados.
- Kirleis, A. W. The prolamines of sorghum: Their role in protein digestibility. In: Conference on The Nutritional Improvement of Sorghum. West Lafayette, IN, Purdue University, 1990.

disponible como el triptófano se redujeron significativamente ($P<0.05$). La reducción en lisina fue de 26%, mientras que para el triptófano la pérdida fue del 45%. Estas pérdidas indudablemente se traducen en una calidad proteínica inferior. Esto está indicado en los resultados de la Tabla 4 en donde se observa que las ratas en la dieta de grano reventado consumen menor cantidad de alimento, tuvieron menor ganancia en peso y menor PER y NPR ($P<0.05$). Con respecto a la digestibilidad de la proteína, tanto la aparente como la verdadera fueron superiores en el sorgo crudo que en el reventado. El análisis estadístico demostró que existen diferencias significativas ($P<0.05$) entre la dieta con el grano no reventado, la dieta con el grano reventado y lo mismo sucede en la comparación contra la caseína, teniendo, según la prueba de Tukey, mayor eficiencia proteica el sorgo crudo (0.80) que el reventado (0.26), ambas por debajo de la caseína que tuvo un valor de 2.46 ($P<0.05$).

TABLA 3
COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL.
COMPARACION ENTRE GRANO DE
SORGO CRUDO Y REVENTADO DE SORGO

	Grano	
	Crudo g/100g	Reventado g/100 g
Humedad	11.68±0.03	8.30±1.46
Proteína	9.32±0.63	9.18±0.70
Extracto etéreo	3.44±0.82	2.76±0.50
Fibra cruda	2.47±0.38	4.45±0.68
Ceniza	1.51±0.13	1.45±0.18
Carbohidratos*	71.56	73.87
Lisina disponible	0.227±0.03	0.169±0.04
Triptófano	0.047±0.006	0.026±0.006

* Por diferencia

TABLA 4
CALIDAD PROTEINICA Y DIGESTIBILIDAD DEL
SORGO CRUDO Y SORGO REVENTADO

Producto	Alimento ingerido promedio g	Aumento en peso promedio g	PER	NPR	Digestibilidad	
					Aparente %	Verdadera %
Sorgo crudo no reventado	222±11.6	17±2.9	0.80±0.11	1.62±0.12	86.6±1.64	91.0±1.69
Sorgo reventado	168±20.8	2±4.3	0.26±0.16	1.23±0.50	79.2±1.82	84.9±1.75
Caseína	406±24.1	108±13.0	2.46±0.18	3.12±0.28	92.9±0.83	94.5±0.78

Promedio ±D.E.

Lo mismo fue evidente con respecto al NPR. El análisis estadístico encontró diferencias significativas ($P<0.05$) entre las dietas. De acuerdo con la prueba de Tukey, el grano crudo tiene mayor NPR (1.62) sobre el grano reventado, que tiene 1.10 y ambos por debajo de la caseína, que tiene 3.42. Las pérdidas en lisina y en triptófano son responsables por la baja calidad proteínica del sorgo reventado.

Con respecto a la digestibilidad aparente (DA) estadísticamente se encontraron diferencias significativas entre las dietas ($P<0.05$). De acuerdo con la prueba de Tukey, la mayor DA fue de la dieta de caseína con 92.96%; luego la dieta con sorgo no reventado, con 86.58% y por último, la dieta preparada con sorgo reventado con 79.18% ($P<0.05$). Esto se repitió, como era de esperarse, con respecto a la digestibilidad verdadera. Estadísticamente, existen diferencias significativas ($P<0.05$) entre las dietas, teniendo el mayor valor, según la prueba de Tukey, la dieta preparada con sorgo no reventado (90.97%), seguido por la de sorgo reventado (84.93%), ambas por debajo de la de caseína, que tuvo 94.52% de digestibilidad verdadera.

La baja digestibilidad del sorgo reventado térmicamente, está probablemente asociada al incremento en fibra cruda. Sin embargo, se ha sugerido que la gamma-kafirina forma uniones químicas difíciles de digerir al tratar el sorgo térmicamente (12).

Los resultados del primer ensayo de suplementación con soya tostada se describen en la Tabla 5. La información indica que a mayor nivel de soya se incrementó el consumo de alimento y el aumento en peso ($P<0.05$). El análisis estadístico indicó con respecto al NPR que de las cinco dietas únicamente caseína, la dieta con el valor más alto, presentó diferencias significativas ($P<0.05$) según la prueba de Tukey. No se encontraron diferencias estadísticas entre las cuatro dietas con sorgo ($P<0.05$). Asimismo, el consumo de alimento y el aumento en peso varió significativamente entre dietas. Sin embargo, no hubo un claro incremento en la calidad proteínica. Esto podría atribuirse a que existe un efecto en la calidad proteínica causado por el nivel proteínico en la dieta. El contenido de proteína en la dieta aumentó conforme incrementaba el nivel de soya. Es posible también que el proceso de tostado redujese la capacidad suplementaria de la soya. Por consiguiente, se realizaron otros ensayos biológicos cuyos resultados se describen en la Tabla 6. En este caso la presencia de 15% de soya entera tostada se tradujo en un aumento estadísticamente significativo, en peso y en calidad proteínica, la cual fue de 74% del valor de caseína en comparación con 30% del valor de caseína del sorgo expandido no suplementado.