Composición química de once variedades de sorgo (*Sorghum vulgare*) antes y después del reventado del grano

Edgar Tuna¹ y Ricardo Bressani²

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 el efecto del proceso de reventado del grano de sorgo sobre su composición química proximal y sobre el contenido de lisina y triptófano. Se utilizaron 11 variedades de sorgo de grano de color crema, sometidos a expansión por calor en un equipo utilizado para reventar maíz. La composición química proximal en las 11 variedades fue modificada por el proceso, sin afectar el contenido de proteína, pero reduciendo el del extracto etéreo (3.43 a 2.75%) y aumentando significativamente el de la fibra cruda (2.47 a 4.45%). El contenido de lisina disponible y el de triptófano en el grano crudo se redujo significativamente en el grano expandido. Las pérdidas en lisina variaron de 9 a 57% mientras que las de triptófano de 26 a 64%. También se observó una pérdida significativa en amilosa como porcentaje del almidón, que parece coincidir con el aumento en fibra cruda y con las pérdidas de aminoácidos. Aunque no se puede generalizar, el proceso de reventado redujo significativamente la digestibilidad in vitro con las excepción de tres variedades.

SUMMARY. Chemical composition of eleven sorghum varieties before and after the popping process. The effect of the popping process on the chemical composition, on lysine and tryptophan and on the in vitro protein digestibility of eleven sorghum varieties was evaluated. The popping of the grain was conducted in a popcorn popper previous adjustment of conditions. There were statistically significant differences in chemical composition both, in the raw grain and in the processed grain. The chemical composition was affected by the process and with the exception of protein content, it reduced the content of ether extract (3.43 to 2.75%) and increased significantly the level of crude fiber (2.47 to 4.45%). The concentration of available lysine and of tryptophan in the raw grain was reduced significantly by the process, with lysine losses of 9 to 57% and for tryptophan of 26 to 64%. A decrease was also observed in amylose as percentage of starch. In a number of samples the popping process significantly reduced in vitro protein digestibility.

INTRODUCCION

En Guatemala se producen dos tipos de grano de sorgo. Uno es de grano blanco utilizado principalmente en alimentación humana, y el otro de grano pigmentado, que se utiliza totalmente en concentrados para aves, cerdos y otras especies. Además es importante el uso del follaje, tanto verde como seco, como forraje para la alimentación de rumiantes. En ciertas regiones de Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, regiones principalmente secas, el sorgo blanco se utiliza por la población en forma de tortilla, solo o combinado con maíz (1, 2). Sin embargo, tiene otras formas de consumo, como en mezclas con trigo para preparar diversos productos, como también en forma de atole y como alboroto con miel. La producción en Honduras, El Salvador y Guatemala es de 45.1, 122.7 y 100.4 mil TM, respectivamente.

La composición química y el valor nutritivo de las variedades de sorgo cultivadas en la región centroamericana han sido muy poco estudiadas, a pesar de su importancia en alimentación y nutrición. Bressani y Ríos (1) en una evaluación de 25 selecciones, informaron que en promedio el sorgo contenía cantidades similares de proteína y carbohidratos que el maíz, 9.4 y 68.0% y 9.1 y 69.8%, respectivamente. Asimismo, el sorgo contenía niveles más bajos en extracto etéreo y más altos en fibra cruda y cenizas que el maíz. Con respecto al contenido de aminoácidos esenciales, la proteína del sorgo contiene cantidades significativamente mayores de triptófano que el maíz y cantidades similares de lisina (3). Es un hecho conocido que la proteína de maíz es deficiente en lisina y triptófano (4), mientras que en el caso del sorgo los aminoácidos limitantes son la lisina y la treonina (3). El valor proteico del sorgo es ligeramente inferior al del maíz (2), y se ha informado que la digestibilidad de la proteína del sorgo cocido en agua es inferior que cuando se ofrece crudo (5). Se informó que la digestibilidad de la proteína de sorgo es muy baja en estudios metabólicos llevados a cabo en niños (6, 7). Estos mismos autores más tarde informaron que el sorgo procesado por extrusión o el sorgo fermentado, tenían una proteína de mayor digestibilidad

¹ Estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Parte de este trabajo es de la tesis previo a optar al grado de Ingeniero Agrónomo. Guatemala, 1990.

² Coordinador de Investigación de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP, Guatemala, C.A.

que la del sorgo cocido (7). Este problema ha llamado la atención de varios investigadores (5), quienes han estado tratando de encontrar una explicación a este fenómeno. Un proceso a menudo utilizado para convertir el sorgo en un producto alimenticio es mediante la expansión del grano aplicando calor. En un artículo previo, se estudió la posible relación entre algunas características físicas del grano y su grado de expansión (8). En el presente artículo se informa sobre el efecto del proceso de expansión sobre la composición química de 11 variedades de sorgo.

MATERIALES Y METODOS

Muestras de sorgo

Las muestras de sorgo fueron proporcionadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) de Guatemala, y corresponden a la cosecha de 1987. Estas fueron descritas en un artículo anterior (8), y representan muestras de variedades criollas producidas por los agricultores de la región oriental del país para consumo humano principalmente.

Análisis químico

El estudio químico proximal completo antes y después del proceso de reventado se obtuvo por medio de los métodos de la AOAC (9). La lisina disponible se estableció por el método de Hurrell y col. (10), el triptófano por el método de Villegas y col (11) y el contenido de amilosa por el método propuesto por Juliano (12). La digestibilidad in vitro se evaluó con el método de Pederson y Eggum (13). Todos los análisis fueron en duplicado.

Proceso de reventado

Este fue llevado a cabo cuatro veces por muestra de acuerdo con las indicaciones descritas en un artículo anterior (8), usando cantidades de 62 g de grano por prueba, puestos en un reventador de maíz a 225° C, con un flujo de aire de 1.08 m³/min. Los granos expandidos fueron separados de los no-expandidos, estableciendo el porcentaje de granos reventados.

Análisis estadístico

Con el fin de formar grupos similares en cantidad del nutriente específico, se utilizó el paquete estadístico SAS (6.03) y el de varianza y pruebas de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición química proximal del grano crudo

Los datos de composición química proximal se pre-

sentan en la Tabla 1. Los valores obtenidos caen dentro de la variación informada (1). Estadísticamente existen diferencias altamente significativas en el contenido de proteína entre las variedades estudiadas. En la prueba de Tukey las variedades con el mayor contenido de proteína y similares fueron las 2, 3, 8, 9 y 11 con valores que están entre 9.81 y 10.60% y las variedades con el menor contenido de proteína iguales fueron las 5, 6 y 7 con valores entre 8.39 y 9.15% de proteína. Estadísticamente también existen diferencias altamente significativas entre variedades con respecto al extracto etéreo. Según la prueba de Tukey las variedades que presentaron el mayor contenido de grasa fueron la 5 y la 11 con valores de 4.37 y 5.15%, mientras que las variedades 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 9 fueron las que tuvieron el menor valor similar con un rango entre 2.29 y 3.82% de grasa. Estadísticamente existen diferencias altamente significativas entre variedades en fibra cruda. La prueba de Tukey caracterizó a las variedades 2, 6, 9 y 11 como similares y con el mayor valor, con un rango que osciló de 2.82 a 3.03%. Las variedades 1, 3, 4, 5, 7, 8 y 10 dieron el mayor contenido con un rango de 1.96 a 2.37%.

Estadísticamente existen diferencias altamente significativas entre las variedades con respecto al contenido de ceniza.

Según la prueba de Tukey las variedades que presentaron el mayor contenido de ceniza y que eran similares entre sí fueron las 2, 3, 4, 6, 7 y 11 con valores que oscilaron entre 1.54 y 1.70%. El menor contenido lo presentaron las variedades 1, 8 y 10 con valores entre 1.28 y 1.37% de ceniza. El contenido de carbohidratos se obtuvo por diferencia. La variedad 7 presentó el mayor contenido de carbohidratos con un valor de 73.88%, mientras que la variedad 11 presentó el menor contenido con 68.21%. Los datos de composición química indican diferencias varietales y caen dentro del rango publicado por otros autores (1, 2).

Los datos de contenido de lisina, triptófano y amilosa se presentan en la Tabla 2.

Estadísticamente existen diferencias altamente significativas entre variedades con respecto al contenido de lisina disponible. La prueba de Tukey dio como las variedades con mayor contenido de lisina disponible y similares las 2, 3, 5 y 11, con valores que variaron entre 0.298 y 0.246%. El menor valor lo presentaron las variedades 1, 4, 6, 7, 8, 9 y 10 con valores que oscilaron entre 0.188 y 0.231% de lisina disponible.

TABLA 1
COMPOSICION QUIMICA EN GRANO DE SORGO
(Con base en la humedad indicada)

Variedad*	Nº	Humedad %	Proteina %	Ext. Etéreo %	Fibra Cruda %	Ceniza %	Carbohidratos** %
Par 1	1	11.40 ± 0.00de***	8.88 ± 0.00de***	3.80 ± 0.29bc***	2.14 ± 0.09d***	1.37 ± 0.01de***	72.39
Par 2	2	11.10 ± 0.00e	9.87 ± 0.08ab	3.36 ± 0.13bcd	2.92 ± 0.18ab	1.61 ± 0.02ab	71.12
Par 3	3	11.60 ± 0.14bcd	9.81 ± 0.00ab	3.02 ± 0.26cd	2.16 ± 0.04d	1.64 ± 0.04ab	71.76
Par 4	4	11.75 ± 0.07bcd	9.15 ± 0.099cd	3.21 ± 0.37cd	2.37 ± 0.06bcd	1.70 ± 0.01a	71.80
V 5	5	11.75'± 0.07bcd	8.70 ± 0.18de	4.37 ± 0.36ab	1.96 ± 0.01d	1.49 ± 0.01bed	71.71
Par 6	6	11.50 ± 0.14cd	8.40 ± 0.08e	2.94 ± 0.12cd	2.88 ± 0.28abc	1.64 ± 0.07ab	72.63
V 7	7	11.65 ± 0.07bcd	8.39 ± 0.26e	2.29 ± 0.25d	2.33 ± 0.07cd	1.45 ± 0.07cd	73.88
Par 8	8	11.95 ± 0.07ab	10.06 ± 0.00a	2.55 ± 0.19d	2.19 ± 0.08d	1.36 ± 0.01de	71.88
Par 9	9	11.95 ± 0.07ab	9.93 ± 0.18ab	3.26 ± 0.18bcd	2.82 ± 0.03abc	1.49 ± 0.04bcd	70.51
MITLAN	10	11.80 ± 0.14bc	9.44 ± 0.17bc	3.85 ± 0.45bc	2.36 ± 0.11cd	1.28 ± 0.07e	71.26
OTRO	11	12.00 ± 0,14A	9.87 ± 0.09ab	5.14 ± 0.28a	3.03 ± 0.27a	1.59 ± 0.01abc	68.21
	DMS	0.39	0.54	1.11	0.56	0.16	

* Proporcionado por el ICTA, Guatemala.

** Carbohidratos por diferencia
Promedio ± D.E.

*** Prueba de Tukey

DMS = Diferencia Mínima Significativa

TABLA 2
 CONTENIDO DE LISINA, TRIPTOFANO Y AMILOSA EN GRANO DE SORGO CRUDO
 (Con base en la humedad del grano)

Variedad*	Lisina %	Triptófano %	Amilosa %	Amilosa, g/100g de carbohidratos
1	0.21 ± 0.004cd**	0.052 ± 0.004ab**	14.37 ± 0.09abc**	19.28 ± 0.12abc**
2	0.289 ± 0.006a	0.051 ± 0.004ab	13.29 ± 0.36bcd	17.95 ± 0.49bc
3	0.269 ± 0.002ab	0.047 ± 0.001abc	14.63 ± 0.63a	19.80 ± 0.85a
4	0.231 ± 0.008bcd	0.043 ± 0.001bc	14.44 ± 0.54ab	19.47 ± 0.74ab
5	0.246 ± 0.002abc	0.044 ± 0.003bc	13.80 ± 0.18abcd	18.89 ± 0.25abc
6	0.207 ± 0.029cd	0.049 ± 0.003abc	14.69 ± 0.00a	19.46 ± 0.00ab
7	0.202 ± 0.003cd	0.039 ± 0.003c	11.64 ± 0.36e	15.25 ± 0.47d
8	0.188 ± 0.003d	0.053 ± 0.004ab	13.23 ± 0.27bcd	17.85 ± 0.36bc
9	0.208 ± 0.021cd	0.045 ± 0.002bc	12.91 ± 0.00de	17.60 ± 0.00c
10	0.191 ± 0.001d	0.039 ± 0.002c	13.10 ± 0.09cd	17.80 ± 0.12bc
11	0.251 ± 0.002abc	0.056 ± 0.001a	12.78 ± 0.36de	17.95 ± 0.51bc
DMS	0.36	0.011	1.31	1.77

Promedio ± D.E.

** Prueba de Tukey

DMS = Diferencia Mínima Significativa

Asimismo, estadísticamente existen diferencias altamente significativas en el contenido de triptófano entre variedades. La prueba de tukey dio como similares y con el mayor contenido de triptófano las variedades 1,2,3,6,8 y 11 con valores que estuvieron entre 0.047 y 0.057%. La variedad con menor valor fue la número 7 con 0.039%. Con respecto al contenido de amilosa, estadísticamente todas las variedades presentan diferencias altamente significativas entre ellas. La prueba de Tukey distinguió las variedades 1, 3, 4, 5 y 6 como las de mayor contenido de amilosa y similares con valores que estuvieron entre 13.80 y 14.69% y con el menor valor de contenido las variedades 7, 9 y 11 con valores entre 11.64 y 12.91%.

Referente al contenido de amilosa en g/100 g de carbohidratos, estadísticamente existen diferencias altamente significativas entre variedades. La prueba de Tukey dio las variedades 1, 3, 4, 5 y 6, con el mayor valor y similares entre sí, con valores entre 18.89 y 19.80%, mientras que el menor valor lo tuvo la variedad 7 con 15.25% de amilosa.

Composición química proximal en grano reventado

Los resultados para grano reventado se describen en la Tabla 3. Estadísticamente existen diferencias entre variedades en el contenido de humedad residual. Asimismo, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas en el contenido de proteína. Según la prueba de Tukey el mayor valor lo tienen las variedades 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9 y 11 con valores que están entre 8.80 y 10.20%, teniendo el menor valor la variedad 7, con 8.1% de proteína.

Estadísticamente existen diferencias altamente significativas entre variedades con respecto al contenido de extracto etéreo. Según la prueba de Tukey un mayor contenido de grasa se encontró en la variedad 2 con 4.06% y el menor valor en la variedad 1 con 2.31% de grasa.

Estadísticamente existen diferencias altamente significativas entre variedades, en lo que se refiere al contenido de fibra cruda. Según la prueba de Tukey las variedades 1, 2, 7, 10 y 11 tenían un mayor contenido de fibra cruda, con valores que estuvieron entre 4.67 y 5.56% mientras que la variedad 9 tuvo el menor contenido de fibra cruda con 3.45%.

Estadísticamente no hay diferencias en cuanto al contenido de cenizas se refiere entre las variedades estudiadas, con valores que van de 1.21 a 1.63%.

El mayor contenido de carbohidratos después del proceso de reventado lo presenta la variedad 9 con 76.34%, y el menor la variedad 11 con 69.59%. Los carbohidratos se obtuvieron por diferencia.

Contenido de lisina, triptófano y amilosa en grano reventado

Los resultados de contenido de lisina, triptófano y amilosa se presentan en la Tabla 4.

Existen diferencias altamente significativas en lisina disponible entre variedades. De acuerdo con la prueba de Tukey, el mayor contenido de lisina se encontró en las variedades 3, 4 y 11 con valores que oscilan entre 0.197 y 0.228%, mientras que la variedad que tuvo el menor valor fue la 6 con 0.090% de lisina disponible.

También, estadísticamente existen diferencias altamente significativas entre variedades en el contenido de triptófano. La prueba de Tukey marcó un contenido similar y mayor de triptófano en las variedades 4, 6, 8, 9, 10 y 11 con valores que oscilan entre 0.026 y 0.035%, mientras que el menor valor lo tuvo la variedad 5 con 0.016%.

Con respecto al contenido de amilosa, estadísticamente existen diferencias entre variedades. De acuerdo con la prueba de Tukey un mayor contenido y similares entre sí se encontró en las variedades 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10 y 11 con valores entre 8.76 y 10.44%, mientras que el menor valor lo tuvo la variedad 5 con 7.59%.

Existen diferencias altamente significativas entre variedades en amilosa en g/100 g de carbohidratos, siendo según la prueba de Tukey similares entre sí y con el mayor valor las variedades 1, 2, 3, 4, 8, 10 y 11 con valores que oscilan entre 11.41 y 13.49% mientras que el menor valor lo presentó la variedad 5 con 9.46% de amilosa por 100 g de carbohidratos.

Cambios en la composición química debidos al reventado

En los análisis químicos realizados en las muestras antes y después del proceso de reventado se encontró que en algunos casos hubo diferencias y en otros no hubo variación, como se puede observar en las Tablas anteriores. Se hizo una comparación estadística utilizando el análisis de varianza para observar estos cambios y la significancia de los mismos.

TABLA 3
COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL EN GRANO DE SORGO REVENTADO
 (Con base en la humedad de la muestra)

Variedad*	Humedad residual %	Proteína %	Ext. Etéreo %	Fibra Cruda %	Ceniza %	Carbohidratos*
1	6.65 ± 0.07g**	8.80 ± 0.14abcd**	2.31 ± 0.06c**	4.72 ± 0.09abcd**	1.24 ± 0.09abcd**	76.28
2	6.75 ± 0.07g	8.74 ± 0.19bcd	4.06 ± 0.35a	4.92 ± 0.25abc	1.32 ± 0.04a	74.20
3	8.30 ± 0.00de	9.47 ± 0.36abcd	3.19 ± 0.06b	3.72 ± 0.09de	1.63 ± 0.25a	73.67
4	9.55 ± 0.21bc	9.43 ± 0.62abcd	2.84 ± 0.16bc	3.97 ± 0.26cde	1.45 ± 0.04a	75.82
5	6.80 ± 0.00g	8.81 ± 0.06abcd	2.74 ± 0.04bc	4.38 ± 0.35bcde	1.45 ± 0.04a	75.82
6	9.35 ± 0.07c	9.92 ± 0.01ab	2.39 ± 0.11c	4.42 ± 0.25bcde	1.60 ± 0.13a	72.31
7	7.60 ± 0.14ef	8.10 ± 0.60d	2.51 ± 0.04c	4.67 ± 0.21abcde	1.43 ± 0.05a	75.63
8	8.50 ± 0.14d	9.58 ± 0.46abc	2.40 ± 0.08c	3.83 ± 0.08cde	1.63 ± 0.12a	74.04
9	6.85 ± 0.07fg	9.55 ± 0.08abc	2.59 ± 0.12c	3.45 ± 0.03e	1.21 ± 0.08a	76.34
10	10.65 ± 0.35a	8.33 ± 0.25cd	2.51 ± 0.16c	5.29 ± 0.11ab	1.33 ± 0.26a	71.88
11	10.30 ± 0.42ab	10.20 ± 0.06a	2.77 ± 0.18bc	5.56 ± 0.71a	1.57 ± 0.04a	69.59
DMS	0.76	1.40	0.59	1.14	0.51	

* Carbohidratos por diferencia

Promedio ± D.E.

*** Prueba de Tukey

DMS = Diferencia Mínima Significativa

TABLA 4
 CONTENIDO DE LISINA, TRIPTOFANO Y AMILOSA EN GRANO REVENTADO
 (Con base en la humedad de la muestra)

Variedad*	Lisina %	Triptófano %	Amilosa %	Amilosa, g/100 g de carbohidratos
1	0.174 ± 0.004cd	0.021 ± 0.001cd	9.71 ± 0.68ab	11.99 ± 0.83ab
2	0.128 ± 0.013ef	0.021 ± 0.00cd	9.46 ± 0.99ab	11.94 ± 1.25ab
3	0.228 ± 0.006a	0.024 ± 0.00bcd	10.44 ± 0.29a	13.49 ± 0.37a
4	0.197 ± 0.008abc	0.032 ± 0.004ab	8.76 ± 0.35abc	11.41 ± 0.45abc
5	0.178 ± 0.003cd	0.016 ± 0.002d	7.59 ± 0.01c	9.46 ± 0.01c
6	0.090 ± 0.011g	0.029 ± 0.003bc	8.54 ± 0.33bc	11.13 ± 0.43bc
7	0.184 ± 0.006bcd	0.023 ± 0.004bcd	9.02 ± 0.00abc	11.22 ± 0.00bc
8	0.123 ± 0.006f	0.031 ± 0.004abc	8.90 ± 0.17abc	11.42 ± 0.21abc
9	0.180 ± 0.004cd	0.031 ± 0.001abc	9.01 ± 0.33abc	11.30 ± 0.42bc
10	0.159 ± 0.003de	0.026 ± 0.001abc	9.24 ± 0.33abc	11.99 ± 0.44ab
11	0.214 ± 0.011ab	0.035 ± 0.004a	9.48 ± 0.00ab	12.62 ± 0.01ab
DMS	0.21	0.012	1.69	2.13

Promedio ± D.E.

DMS = Diferencia Mínima Significativa

TABLA 5
DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE ONCE VARIEDADES DE SORGO
 (Base seca)

Variedad*	Crudo %	Cocido %	Germinado %	Fermentado %	Expandido %
1	64.2 ± 0	35.0 ± 0.78	38.9 ± 2.40	28.2 ± 0.78	34.6 ± 1.05
2	49.8 ± 0.71	33.4 ± 1.63	43.4 ± 2.33	36.2 ± 0.35	35.9 ± 2.10
3	42.9 ± 1.55	29.4 ± 2.33	44.4 ± 3.96	32.1 ± 0.78	38.7 ± 1.21
4	35.4 ± 2.40	35.7 ± 0.42	39.6 ± 0.49	35.0 ± 6.29	41.5 ± 2.80
5	40.7 ± 1.84	29.0 ± 3.04	36.1 ± 2.26	42.6 ± 2.33	26.4 ± 1.15
6	47.4 ± 1.55	33.9 ± 0.78	45.8 ± 5.37	39.6 ± 0.28	39.6 ± 1.15
7	43.8 ± 2.19	23.8 ± 3.04	38.7 ± 0.42	31.4 ± 1.48	27.3 ± 1.97
8	42.3 ± 0.42	33.6 ± 0.78	41.6 ± 1.48	35.4 ± 0.99	39.0 ± 1.15
9	47.2 ± 0.78	34.7 ± 0	42.2 ± 0.71	33.2 ± 0.42	41.7 ± 3.08
10	44.6 ± 0.35	35.2 ± 1.63	38.0 ± 1.98	33.2 ± 1.20	46.2 ± 1.00
11	42.5 ± 2.40	22.6 ± 0.35	38.2 ± 0.78	29.0 ± 0	40.4 ± 1.34

Los valores se dan en porcentaje con respecto al caseinato de sodio.

Promedio ± D.E.

De esa forma se encontró que el contenido de humedad se redujo significativamente de 11.69% en grano crudo a 8.5% en grano tratado; lo que indica que durante el proceso se pierde humedad del grano y por consiguiente, peso.

Por otro lado, uno de los parámetros de este estudio que no varió de grano crudo a procesado fue la cantidad de proteína del grano, concordando este resultado con el experimento de Riggs y col. (14), en el que se hace referencia a la no-variación del contenido de proteína, antes y después del proceso. Este es un parámetro que a primera vista está bien, ya que parecería que al no variar el contenido de proteína, se tiene un producto con iguales características nutritivas antes del proceso que después de él, pero como se observa más adelante, la calidad sí varía, siendo esto mucho más importante que la cantidad de proteína que pudiera encontrarse en un producto. En cuanto al contenido de grasa de las variedades, éste se redujo de una manera significativa con 3.44% en grano crudo a 2.76% en el grano ya tratado. Este resultado es similar al informado por Riggs y col. en 1970 (14) y aquí se tuvo otro parámetro más para la pérdida de peso en el grano ya procesado, pero se necesitaría hacer un estudio más profundo para conocer las repercusiones que la pérdida del contenido de grasa podría ocasionar al nuevo producto.

Contrariamente a lo que había informado Riggs y col. (14) el contenido de fibra cruda para las variedades en estudio aumentó en una forma altamente significativa de 2.47% en grano crudo a 4.45% en grano procesado. Este aumento en fibra cruda dará al producto mejores características físicas; sin embargo, posiblemente influirá en la digestibilidad.

Para finalizar con los parámetros del análisis proximal, se encontró que el contenido de ceniza disminuyó de 1.51 a 1.45% en grano crudo y reventado, respectivamente.

Como se dijo anteriormente, el contenido de proteína no varió con el proceso térmico a que se sometió el grano, pero es bien sabido que el sorgo es de por sí pobre en contenido de lisina y un tratamiento con calor reducirá aún más la cantidad de este importantísimo aminoácido, lo que sucedió en este caso. Se observó que la lisina disminuyó de una manera altamente significativamente, con lo cual se perdió gran parte de la calidad proteínica del grano de sorgo. Las pérdidas variaron entre 9 y 57% para las 11 variantes. Lo mismo ocurrió con respecto al conte-

nido de triptófano con pérdidas que variaron entre 26 y 64% para las diferentes variedades. Las pérdidas en lisina y en triptófano indudablemente reducen el valor proteínico del sorgo reventado. Estos últimos resultados concuerdan con los datos referentes a la expansión del grano de amaranto (15) y es un efecto normal del proceso térmico en seco para reventar los cereales. Los datos también muestran pérdidas significativas en amilosa expresada como porcentaje de los carbohidratos. Es posible que esta pérdida este asociada al incremento en fibra cruda y en las pérdidas en aminoácidos. En estudios con amaranto, se han encontrado aumentos en fibra dietética soluble causados por el proceso de reventado (14).

Finalmente, la Tabla 5 resume las digestibilidad in vitro tanto del sorgo crudo como del expandido. Esta Tabla también presenta datos de digestibilidad in vitro de las muestras de sorgo cocido en agua durante 45 minutos, de las muestras germinadas durante 48 horas y las mismas 11 muestras fermentadas por 48 horas. Los datos muestran que el proceso de expansión redujo significativamente la digestibilidad in vitro, con la excepción de tres muestras donde hubo un incremento difícil de explicar. Asimismo, el proceso de cocción en agua redujo la digestibilidad in vitro, como ya fuera demostrado (5). Los otros procesos, germinación y fermentación, mejoran la digestibilidad in vitro en comparación con los valores de los materiales cocidos, pero no arriba de los valores de los sorgos en crudo.

De los datos del presente estudio se concluye que el proceso de reventado del grano de sorgo induce cambios en composición química, principalmente en extracto etéreo, fibra cruda y en lisina y triptófano. Las pérdidas en la lisina fueron significativas lo que posiblemente reduce la calidad nutritiva de la proteína del producto expandido.

REFERENCIAS

1. Bressani, R. & B.J. Rios. The chemical and essential amino acid composition of twenty - five selections of grain sorghum. *Cereal Chem.*, 39:50-58, 1962
2. Serna - Saldívar, S. W., D. A. Knabel, L. W. Rooney, T. D. Tanksly Jr. & A. M. Sproule. Nutritional value of sorghum and maize tortillas *J. Cereal Sci.*, 7:83-94, 1988.
3. Howe, E.E., G.R. Jansen & E.W. Filfillan. Amino acid supply. *Am. J. Nutr.*, 16:315-30, 1965.
4. Bressani, R., L. G. Elías & J. E. Braham. Suplementación con aminoácidos, del maíz y de la tortilla. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 18:123-134, 1968.

COMPOSICION QUIMICA DE ONCE VERIEDADES DE SORGO (*Sorghum vulgare*)

5. Axtell, J.D., A.W. Kirleis, M.M. Hassen, N.D'Cruz Mason, E.T. Mertz & L. Munck. Digestibility of sorghum proteins. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 78: 1333-1335, 1981.
6. Maclean Jr., W.C., G. López de Romaña, A. Gastañaduy & G. G. Graham. Effect of decortication and extrusion on the digestibility of sorghum by preschool children. J. Nutr., 113:2071-2077, 1983
7. Maclean Jr., W. C., G. López de Romaña, R. P. Placko & G.G. Graham. Protein quality and digestibility of sorghum in preschool children. Balance studies and plasma - amino acids. J. Nutr., 111:1928-1936, 1981
8. Bressani, R. & E. Tuna. Relación entre algunas características físicas de variedades de sorgo (*Shorghum vulgare*) y su capacidad de reventado. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 42, 3, 1992.
9. A.O.A.C. Official Methods of Analysis of the Association of Agricultural Chemists. 11th Edition. Washington, D. C., the Association, 1970, 126 p.
10. Hurrell, 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.
11. Villegas, E., E. I. Ortega & R. Baur. Métodos Químicos Usados en CIMMYT para Determinar la Calidad de Proteína de los Cereales. El Batán México, CIMMYT, 1982.
12. Juliano, B. O. A simplified assay for milled - rice amylose. Cereal Sci. Today, 16:334-340, 360, 1977.
13. Pedersen, B & B.O. Eggum Z. Tierphysiol. Tierernahrg. v. Futtermittelkde, 49:265-277, 1983.
14. Riggs, J. K., J. W. Sorenson, Jr., J. L. Adame & L. M. Scajake. Popped sorghum grain for finishing beef cattle. J. Animal Sci., 30:634-638, 1970
15. Bressani, R., L. S. Kalinowski, M. A. Ortiz & L. G. Elías. Nutritional evaluation of roasted, flaked and popped *A. caudatus*. Arch. Latinoamer. Nutr., 37:525-531, 1987.