

Cambios en algunos factores antifisiológicos y nutritivos de las semillas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) durante la germinación

Raúl Alvarez Venegas¹, Rutilo Castellanos Molina², Fernando Martínez Bustos² y Carlos Cruz Mondragón²

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. México

RESUMEN. Este estudio tuvo por objeto la evaluación de los efectos de germinación sobre la calidad nutricional en dos variedades comerciales de sorgo bajo en taninos: sorgo rojo sin testa (ICSY-LM 89513) y sorgo blanco (ISIAP Dorado). Después de 24 horas de germinación la concentración de taninos condensados (equivalentes de catequina) se redujo en 60% y 40% para el sorgo rojo y blanco respectivamente. Sin embargo los niveles de taninos se incrementaron a 100% a las 96 horas de germinación. La concentración de ácido fítico disminuyó cerca del 90% a las 96 horas para ambas variedades. El contenido de lisina se incrementó en 110% (72 horas de germinación) y 129% (48 horas) para el sorgo blanco y rojo respectivamente. Los contenidos de tiamina, niacina y riboflavina se incrementaron en 73, 200 y 353% respectivamente para el sorgo rojo a las 72 h de germinación y 15,44 y 93% respectivamente para el sorgo blanco a las 48 horas de germinación. La digestibilidad enzimática «*in vitro*» se incrementó a las 72 h en 39.3% para el sorgo rojo y en 100% para el sorgo blanco. La concentración de albúminas fue incrementada a las 72 horas en 80% y 74% para el sorgo rojo y blanco respectivamente. La Relación de Eficiencia Proteica Calculada indica mejoras nutricionales con la germinación, resultando este proceso un método práctico y sencillo que provee mejores propiedades nutricionales a las semillas de sorgo para ser usado como alimento humano.

SUMMARY. Antiphysiological and nutritional factors changes in sorghum (*Sorghum bicolor* L Moench) seeds during germination. The purpose of this work was to evaluate the effects of germination on the nutritional quality of two commercial varieties of low tannin content Sorghum: brown sorghum without testa (ICSY-CM89513) and white sorghum (ISIAP Dorado). After 24 hours of germination the condensed tannin concentration (catechin equivalent) was reduced 60% and 40% for brown and white sorghum respectively. However, tannin levels increased up 100% at 96 h germination. Phytic acid concentration decreased about 90% in 96 hours for both varieties. The lysine concentration increased up 110% (72 h germination) and 129% (48 h) for white and brown sorghum respectively. The thiamine, niacin and riboflavin contents increased 73, 200 and 353% respectively for brown sorghum in 72 h and 15, 44 and 93% respectively for white sorghum in 48 h. The «*in vitro*» enzymatic digestibility was increased 39.3% (72 h) for brown sorghum and 100% for white sorghum. The albumin concentration increased 80% and 74% (72 h) for brown and white sorghum respectively. The Calculated Protein Efficiency Ratio indicated nutritional improvements with germination. The sprouting was a practical and simple process for providing better nutritional properties in sorghum seeds to be used as human food.

INTRODUCCION

Debido al acelerado crecimiento poblacional, uno de los objetivos principales de las áreas dedicadas a la producción de alimentos es elevar la productividad agrícola para coadyuvar a satisfacer las necesidades alimentarias. Se sabe que los cereales aportan de 30 a 50% de las proteínas para consumo humano y entre 68-98% en los países en vías de desarrollo (1). Sin embargo es importante considerar no sólo la cantidad sino también la calidad de los alimentos. La importancia de los cereales como satisfactores de requerimientos proteicos y energéticos ha generado diferentes métodos y tecnologías para mejorar la calidad nutricional de los granos. Algunos de estos métodos son el mejoramiento genético, preparación de aislados y concentrados proteínicos, complementación con aminoácidos, fermentación y germinación (2,3).

La germinación de semillas para fines alimentarios ha sido una práctica común durante siglos en países orientales; sin embargo, esta práctica comienza a popularizarse en países occidentales.

Durante el proceso de germinación, la concentración de los constituyentes de la semilla cambian con el tiempo y los materiales de reserva son convertidos en formas más útiles para las plantas y en ciertos casos para el hombre cuando lo usa como alimento (4). En muchos países en vías de desarrollo el sorgo es el principal cereal en dietas de sectores poblacionales de bajos ingresos. Sin embargo, la calidad proteica del sorgo es pobre debido a un bajo contenido de lisina y aminoácidos azufrados.

Wu y Wall (5) informaron importante incremento en la calidad de la fracción proteica (como albúminas y globulinas) y en la concentración de aminoácidos esenciales durante la germinación de variedades de sorgo con regular y alto contenido de lisina. Wang y Field (6) observaron significativo incremento en el Valor Nutritivo Relativo y la Relación de Eficiencia Proteica (PER) cuando el sorgo fue germinado a 30 °C por seis días; estos resultados fueron obtenidos en ensayos con *Tetrahymena pyriformis*. Algunos factores antifisiológicos como los polifenoles y taninos decrecieron marcadamente en 120 h de germinación (7).

Este estudio tiene por objeto la evaluación del efecto del proceso de germinación en un tiempo óptimo, sobre la calidad nutricional de variedades mexicanas de sorgo. Las variedades estudiadas fueron el sorgo rojo y blanco bajo en taninos.

1 Tesista de Maestría en Biotecnología de Alimentos.

2 Profesor Investigador CINVESTAV.

La germinación fue efectuada a 25 °C por 5 días. La calidad nutricional fue evaluada en términos de concentración de taninos, ácido fítico, aminoácidos, vitaminas y fracción proteica relevante, así como la determinación de digestibilidad «*in vitro*» y PER calculado.

MATERIALES Y METODOS

Sorgo: Dos diferentes variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) bajos en taninos: sorgo blanco (ISIAP Dorado), y sorgo rojo sin testa (ICSY-LM 89513) fueron proporcionados por el «International Crops Research for Semi Arid Tropic» (ICRISAT) ubicado en el Centro de Investigación para el Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT), El Batán, Edo. de México, México.

Germinación: Se utilizaron semillas libres de plaguicidas, sin fracturas y no infectadas, viables y con un porcentaje mínimo de germinación del 98%. Previo a la germinación, las semillas fueron desinfectadas con solución al 0.4% de formaldehído (1,3 peso/volumen) durante 20 minutos para prevenir crecimiento de hongos. Posteriormente las semillas fueron lavadas con agua destilada hasta eliminar los residuos del desinfectante. Seguidamente las semillas fueron colocadas en remojo en agua destilada (1,3 p/v) durante 2 hrs a temperatura ambiente.

La germinación fue efectuada en condiciones de oscuridad a 25 °C, añadiendo regularmente agua destilada (1:2 p/v). Las muestras fueron colectadas cada 24 h y secadas por liofilización en una liofilizadora New Brunswick Scientific Co. Mod. V13. Las muestras secas fueron molidas y tamizadas (malla 40, 0,42 mm). Todas las muestras fueron analizadas por triplicado.

Taninos condensados: Los taninos condensados fueron determinados de acuerdo a la técnica de Burns (8) la cual se basa en la extracción de los taninos con metanol y la medición espectrofotométrica del color producido por la reacción de los taninos con vainillina acidificada.

Ácido fítico: La concentración de ácido fítico fue determinada por HPLC como es descrito por Tangendjaja et al (9).

Cuantificación de aminoácidos: Estas determinaciones fueron efectuadas por cromatografía de intercambio iónico en un analizador de aminoácidos (Beckman Instrument, modelo I 18 CL, serie número 757) de acuerdo al procedimiento descrito en el manual de instrucción (10). Para estas determinaciones, las muestras desengrasadas fueron hidrolizadas con HCl 6 N durante 24 h a 105 °C; una vez eliminado el ácido por aplicación de vacío, el hidrolizado seco fue disuelto en buffer de citrato de pH 3,25 y posteriormente filtrado para inyectar alícuotas en el analizador.

Vitaminas: Para la determinación de tiamina, niacina y riboflavina, se siguió la metodología descrita por Fellman (11). A 1 g de muestra liofilizada y finamente molida (diámetro de partícula menor de 0.42 mm), se le adicionaron 15 ml de HCl 6 N, y fue calentada en autoclave a 121 °C y 15 libras de presión durante 15 minutos, posteriormente se ajustó el pH a 4,2 con acetato de sodio 2N y se adicionaron 5 ml de solución acuosa de takadiastasa al 6% para ser incubada a 45 °C durante 3 h. Después de este tiempo se le adicionaron 2ml de ácido tricloroacético al 50%, se filtró (Millipore 0.4 µm) y al filtrado se le ajustó el pH a 3,5, con acetato de sodio 2N,

finalmente se llevó a 50 ml con agua destilada. La cuantificación de las vitaminas se realizó empleando un cromatógrafo de líquidos de alta presión marca Tracor, modelo 970 A con detector UV de longitud variable fija a 235 nm, columna Lichrosorb ODS-2 (25 cm, 5 µ), a una temperatura de 45 °C, como fase móvil se empleó KH₂PO₄ 0.005M (pH 4.4)-acetonitrilo (22:78) a un flujo de 1.1 ml/min.

Digestibilidad enzimática «*in vitro*»: Para esta determinación se siguió el método descrito por Akesson y Stahmann (12) usando pepsina y pancreatina.

Nitrógeno total: La determinación de nitrógeno se llevó a cabo según el método de Kjeldahl siguiendo los lineamientos de la A.O.A.C. método N° 14.026- (13).

Fraccionamiento por solubilidad de las proteínas: El fraccionamiento fue efectuado según la metodología descrita por Betschart (14) basado en la solubilidad que presentan las proteínas en diferentes solventes.

Relación de eficiencia proteica calculada (REP-C): Con base en el método descrito por Satterlee et al (15) que consiste en relacionar la digestibilidad «*in vitro*» con la concentración de aminoácidos esenciales de la muestra y de la caseína utilizada como referencia.

RESULTADOS Y DISCUSION

La concentración de taninos condensados decrece durante el tratamiento de desinfección (formaldehído al 0,4%), el remojo y en las primeras 24 h de germinación. Después de este tiempo, el contenido de taninos se incrementa considerablemente para ambas variedades de sorgo (Tabla 1) a las 96 hrs. de germinación.

TABLA 1
Efecto de la germinación en el contenido de taninos y ácido fítico en semillas de sorgo¹

Variedad de sorgo	Período de germinación (horas)	Taninos ² g/100 g	Ácido fítico g/100 g
Sorgo Rojo	0	0,25	0,21
	D-R. ³	0,16	nd ⁴
	24	0,10	n.d.
	48	0,20	0,11
	72	0,22	0,04
	96	0,50	0,02
Sorgo Blanco	0	0,20	0,15
	D-R.	0,15	n.d.
	24	0,12	n.d.
	48	0,10	0,06
	72	0,22	0,03
	96	0,40	0,01

1 Germinación a 25 °C

2 Equivalentes de catequina

3 Desinfección y remojo

4 Valores no determinados

La aparente disminución de la concentración de taninos durante la desinfección con formaldehído puede ser explicada por la reacción entre compuestos fenólicos y el formaldehído en medio ácido o alcalino (16,17). Este hecho puede reducir la completa reacción de la vainillina con el formaldehído. Sin embargo el contenido de taninos determinado en las muestras de este trabajo, fue relativamente bajo y no se esperan efectos deteriorantes en la dieta (16).

Acido fítico: La presencia de ácido fítico en los alimentos se ha relacionado con la disminución en la biodisponibilidad de minerales esenciales y con el descenso en la solubilidad de las proteínas (18), sin embargo, se ha usado como un preservativo en espaguetis (19), el pan integral contiene 0,6% de ácido fítico (18). Las concentraciones de ácido fítico en las variedades de sorgo rojo y blanco estudiadas en este trabajo se muestran en la misma Tabla 1 y los valores obtenidos no representan problema para la dieta de los animales monogástricos. A las 72 h de germinación, el contenido de ácido fítico fue reducido en 80%. Esta disminución puede atribuirse al uso de la fitina por las semillas como fuente de fósforo para sintetizar otros compuestos esenciales fosfatados durante la germinación (20).

Aminoácidos: En las Tablas 2 y 3 se presentan la composición de aminoácidos de las proteínas del sorgo blanco y rojo, respectivamente durante la germinación y con fines comparativos se expresan los valores para la proteína de referencia de FAO-1973 (22).

La lisina fue el principal aminoácido limitante en semillas de sorgo no germinado. Estos resultados concuerdan con los datos manifestados por Guiragossian et al (21).

Después de la germinación, el contenido de lisina en el sorgo blanco se eleva en 111% a las 72 horas (Tabla 2), similarmente en el sorgo rojo la concentración se incrementa en 129% a las 48 h (Tabla 3). El aumento de la concentración de lisina durante la germinación se efectúa por mecanismos de transaminación según los estudios de Chavan y Kadam (3).

TABLA 2

Efecto de la germinación en la composición de aminoácidos en sorgo blanco

Aminoácidos ^a	Tiempo de germinación (h)			F.A.O. ^b
	0	48	72	
Lisina	2,01	3,77	4,24	5,5
Histidina	2,49	2,17	2,94	
Arginina	4,02	1,60	2,00	
Acido aspártico	7,19	5,02	6,00	
Treonina	3,83	2,28	2,47	4,0
Serina	5,56	3,88	3,89	
Acido glutámico	22,52	13,35	16,14	
Prolina	3,93	4,56	5,41	
Glicina	3,55	3,08	3,18	
Alanina	9,68	7,42	10,48	
Valina	4,50	7,30	8,48	5,0
Metionina + Cistina	No	hay	resolución	3,5 ^c
Isoleucina	3,06	2,85	1,88	4,0
Leucina	13,03	10,27	11,54	7,0
Tirosina+ Fenilalanina	8,62	8,56	7,42	6,0 ^d

a g a./100 g proteína

b F.A.O. 1973 (22)

c Metionina + Cistina

d Tirosina + Fenilalanina

TABLA 3

Efecto de la germinación en la composición de aminoácidos en sorgo rojo

Aminoácidos ^a	Tiempo de germinación (h)			F.A.O. ^b
	0	48	72	
Lisina	1,98	4,54	3,87	5,5
Histidina	2,77	4,18	3,39	
Arginina	4,45	0,48	0,48	
Acido aspártico	6,63	10,16	9,80	
Treonina	3,66	5,98	4,84	4,0
Serina	5,64	7,30	6,66	
Acido glutámico	23,15	24,04	21,55	
Prolina	6,92	7,53	6,90	
Glicina	3,96	5,02	3,99	
Alanina	10,78	9,81	10,17	
Valina	4,85	4,90	5,81	5,0
Metionina + Cistina	No	hay	resolución	3,5 ^c
Isoleucina	3,56	3,71	4,84	4,0
Leucina	14,45	14,11	12,10	7,0
Tirosina+ Fenilalanina	9,10	8,97	7,75	6,0 ^d

a g a./100 g proteína

b F.A.O. 1973 (22)

c Metionina + Cistina

d Tirosina + Fenilalanina

En base al contenido de lisina considerado como el principal aminoácido limitante, el cómputo químico de las proteínas de ambas variedades de sorgo no germinado fueron similares, con valores cercanos a 36,0. Con la germinación, el cómputo químico se incrementó notablemente a 68,5 y 77,1 para el sorgo blanco y a 82,6 y 70,5 para el sorgo rojo a las 48 y 72 horas respectivamente, lo cual representa una mejoría de la calidad nutricional de las proteínas (22).

Vitaminas: Las vitaminas determinadas en este trabajo incrementaron su concentración con el tiempo de germinación (Tabla 4). Esta tendencia concuerda con lo reportado por Finney (23). En general, el incremento del contenido de las vitaminas vía germinación fueron más altos para el sorgo rojo que para el sorgo blanco.

TABLA 4

Efecto de la germinación en la concentración de tiamina, niacina y riboflavina en semillas de sorgo

Variedad de sorgo	Período de germinación (horas)	Tiamina mg/100 g	Niacina mg/100 g	Riboflavina mg/100 g
Sorgo rojo	0	0,30	1,06	0,07
	48	0,48	2,20	0,23
	72	0,52	3,18	0,34
	120	0,58	3,82	0,56
Sorgo blanco	0	0,50	2,65	0,29
	48	0,58	3,84	0,56
	72	0,56	3,58	0,45
	120	0,60	4,15	0,64

El contenido de tiamina en el sorgo rojo aumentó en 73% a las

72h de germinación llegando a 93% a las 120h. Los resultados correspondientes para el sorgo blanco fueron más modestos, mostrando un incremento de tiamina de sólo 20% a las 120 h. El aumento en niacina fue de 260% y 56% a las 120h para el sorgo rojo y blanco respectivamente.

El sorgo rojo germinado contiene 200% más riboflavina (a 120h de germinación) que el sorgo sin germinar, mientras que los resultados correspondientes para el sorgo blanco, indica solamente el 120% de incremento.

Cambios en las fracciones de proteínas: La Tabla 5 muestra el efecto de la germinación en diferentes fracciones proteicas (albúminas, globulinas y prolaminas). Se puede observar que la fracción albúmina se incrementa para ambas variedades de sorgo en aproximadamente 80% a las 72h de germinación. Estos resultados confirman los datos que muestran las Tablas 2 y 3, en virtud que la fracción albúmina es rica en lisina y tiene una alta calidad nutricional (24). El incremento de la concentración de albúmina puede ser explicado por el aporte de compuestos nitrogenados provenientes de las otras fracciones proteicas (5).

TABLE 5
Análisis por solubilidad de las proteínas de sorgo a diferentes tiempos de germinación

Variedad de sorgo	Período de germinación (horas)	Fracción proteica g/100 g de proteína total (Nx6.25)			
		Albúminas	Globulinas	Prolaminas	Glutelinas
Sorgo rojo	0	16,42	10,22	5,58	20,45
	24	17,75	10,10	4,56	16,28
	48	24,11	11,52	10,28	16,84
	72	29,59	8,53	9,75	10,09
	120	29,45	10,19	5,99	15,50
Sorgo blanco	0	16,41	13,40	8,73	5,91
	24	15,53	13,46	10,18	9,31
	48	16,75	13,48	9,10	13,40
	72	28,68	11,24	11,05	10,46
	120	31,21	7,46	4,80	15,60

Por otro lado los datos sugieren que la máxima actividad enzimática en este trabajo fue alcanzada a las 72h de germinación, lo cual concuerda con los resultados de Aissen, (26). El encontró que la actividad de las enzimas endógenas es mínima durante las primeras 48h de germinación, alcanzando el máximo a las 72h y posteriormente comienza a decrecer. La prueba de Tukey aplicada a los valores de digestibilidad a 48, 72 y 120h para sorgo rojo y a 72 y 120 h para sorgo blanco no mostraron diferencias significativas a un nivel de significancia del 5% (Tabla 6).

Es posible sugerir que un período de 72h de germinación es el tiempo óptimo de germinación para el mejoramiento de la digestibilidad y calidad de las proteínas.

Digestibilidad enzimática «in vitro», de las proteínas: Un marcado incremento de la digestibilidad proteica con el curso de la germinación se observa para ambas variedades de sorgo (Tabla 6). Los valores máximos de digestibilidad fueron alcanzados a las 72h de germinación. El incremento de la digestibilidad fue de 40% y 100% para el sorgo rojo y blanco respectivamente. Estos resultados pueden

ser explicados por la hidrólisis de las proteínas de reserva efectuada por proteasas endógenas generadas durante la germinación (25). El incremento de la digestibilidad parece estar asociado con el incremento de la fracción de albúmina.

TABLE 6
Efecto de la germinación en la digestibilidad de proteína «in vitro» y relación de eficiencia proteica calculada (REP-C) en las semillas de sorgo¹

Variedad de sorgo	Período de germinación (horas)	Digestibilidad ^{2,3} %	C-PER
Sorgo rojo	0	46,17 ± 3,13	0,16
	24	44,72 ± 4,71	nd. ⁴
	48	63,86 ± 2,36	1,48
	72	64,33 ± 1,80	1,44
	120	63,63 ± 2,60	n.d.
Sorgo blanco	0	33,84 ± 1,24	0,47
	24	45,11 ± 0,67	n.d.
	48	54,40 ± 0,20	0,58
	72	67,78 ± 1,19	0,68
	120	67,41 ± 1,18	n.d.

1 Germinación a 25 °C

2 Media desviación estándar

3 Diferencia media significativa a 5 % = 5,47

4 Valores no determinados

Relación de eficiencia proteica calculada (C-PER): Con objeto de evaluar los cambios de la calidad de la proteína durante la germinación, fue estimado el C-PER de las variedades de sorgo en base a la digestibilidad «in vitro» y el contenido de aminoácidos esenciales (15).

El valor de C-PER para el sorgo blanco sin germinar (tiempo 0) resulta superior al del sorgo rojo (Tabla 6), sin embargo el C-PER se incrementa durante el curso de la germinación y alcanza los máximos valores de 0,68 a las 72 h y 1,48 a las 48 h para el sorgo blanco y rojo respectivamente. Estos resultados concuerdan con los trabajos de otros autores (2, 3, 4, 5, 6, 23 y 25) quienes encontraron un incremento de la calidad nutricional de las proteínas de las semillas por efecto de la germinación. El incremento del PER aunado con los cambios en la composición de aminoácidos, así como el incremento de vitaminas y de la digestibilidad anteriormente mencionados, confirman que la germinación es un método efectivo para el mejoramiento del valor nutricional de las semillas de sorgo.

REFERENCIAS

- Casas Campillo C. El problema de las proteínas alimenticias y sus perspectivas. Memorias del Colegio Nacional, Vol VIII, Núm 2. México, 1976.
- Hamad AH. & Fields ML. Evaluation of the protein quality and available lysine of germinated and fermented cereals. J Food Sci 44(2):456-459, 1979.
- Chavan JK & Kadam SS. Nutritional improvement of cereals by sprouting. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 28(5):401-437, 1989.

4. Lorenz K. Cereal sprouts; composition, nutritive value, food applications CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 13:353-385, 1980.
5. Wu YV. & Wall JS. Lysine content of protein increased by germination of normal and high-lysine sorghums. J Agric Food Chem 28(2):455-458, 1980.
6. Wang YD. & Fields ML. Germination of corn and sorghum in the home to improve nutritive value. J Food Sci 43:1113-1115, 1978.
7. Chavan JK., Kadam SS & Salunkhe DK. Changes in tannin, free amino acids, reducing sugars, and starch during seed germination of low and high tannin cultivars of sorghum. J Food Sci. 46:638-639, 1981.
8. Burns RE. Method for estimation of tannin in grain sorghum. Agronomy J 63:511-512, 1971.
9. Tangendjaja B., Buckle KA. & Wootton M. Analysis of phytic acid by high-performance liquid chromatography. J of Chromatography 197:274-277, 1980.
10. Beckman Instruments. Instruction Manual. Amino acid analyzer Model 118CL. Published by Spinco Division of Beckman Instruments, Inc. Palo Alto, California USA. 1977.
11. Fellman JK., Artz WE., Tassinari PD., Cole CL. & Augustin J. Simultaneous determination of thiamin and riboflavin in selected foods by HPLC. J Chrom 47:2048-2051, 1982.
12. Akesson WR. & Stahlmann AM. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. J Nutrition 83:257-261, 1964.
13. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the A.O.A.C. 14th ed, Arlington VA. USA. p.252. 1984.
14. Betschart AA. Factors influencing the extractability of safflower protein (*Carthamus tinctorius* L.). J Food Sci 40:1010-1013, 1975.
15. Satterlee LD, Marshall HF. & Tennyson JM. Measuring protein quality. J Am Oil Chemists Soc. 56:104-109, 1979.
16. Deshpande SS., Cheryan M. & Salunkhe DK. Tannin analysis of food products CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 24(4):401-449, 1986.
17. McGrath RM., Kaluza WZ., Daiber KH., Van Der Riet WB. & Glennie CW. Polyphenols of sorghum grain, their changes during malting, and their inhibitory nature J Agric Food Chem 30(3):450-456, 1982.
18. Maga JA. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance and methods of analysis. J Agric Food Chem 30(1):1-9, 1982.
19. Cheryan M. Phytic acid interactions in food systems. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 13(4):297-335, 1980.
20. Bewley JD & Blanck M. Seeds: physiology of development and germination. New York. USA. Plenum Press, 1985.
21. Guiragossian V., Chibber BAK., Van Scoyoc S., Jambunathan R., Mertz ET. & Axtell JD. Characteristics of proteins from normal, high lysine, and high tannin sorghums. J Agric Food Chem 26(1):219-223, 1978.
22. Bender AE. Chemical score and availability of amino acids. En: Proteins in human nutrition. JWG. Porter & BA. Rolls (Eds. London U.K. Academic Press. 1973.
23. Finney PL. Effect of germination on cereal and legume nutrient changes and food or feed value: a comprehensive review. En: Nozzolillo C., Lea PJ. and Loewus FA. (editors). Mobilization of reserves in germination. (Recent Advances in Phytochemistry, v. 17). Plenum Press. New York, USA. 1983.
24. Rooney LW. A review of the physical properties, composition and structure of sorghum grain as related to utilization. En: Industrial uses of cereal. Y. Pomeranz (Ed). St. Paul, MN: American Association of Chemists, Inc. 316-339, 1973.
25. Bhise JV., Chavan JK. & Kadam SS. Effects of malting on proximate composition and in vitro protein and starch digestibilities of grain sorghum. J Food Sci Technol. 25:327-329, 1988.
26. Aisien AD. Enzymatic modification of sorghum endosperm during seeding growth and malting. J Sci Food Agric. 33:754-759, 1982.

Recibido: 15-06-1996

Aceptado: 25-03-1997