

CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DE SORGO (*Sorghum bicolor*) PROCESSADAS EM MOINHOS DE MILHO E TRIGO II — QUALIDADE PROTÉICA^{1/}

Marilene Pinheiro Euclides^{2/}
Roberto Gonçalves Junqueira^{2/}
Lúcia Maria Maffia^{2/}
Godfrey Kalagi Kibuuka^{3/}

1. INTRODUÇÃO

O sorgo, como os demais cereais, dispõe de valor nutritivo limitado, quando utilizado como fonte única de alimento (6). Conforme estudos feitos por DEYOE (8), MILLER *et alii* (19) e JONES e BECKWITH (15), seu conteúdo protéico modifica-se conforme a variedade, condições de solo, clima e práticas culturais. DEOSTHALE *et alii* (7) analisaram 322 variedades e encontraram níveis protéicos que variaram de 4,7 a 17%. Segundo HAIKERWALL *et alii* (12), das frações do grão de sorgo, a que contém mais proteína é o germe, seguido pelo grão integral, pelo endosperma e pelo pericarpo. NORMAND *et alii* (21) e SECKINGER *et alii* (27) verificaram que, dentro do endosperma, a concentração protéica varia, decrescendo em direção ao centro. WATSON *et alii* (31) isolaram frações do endosperma periférico que continham de 29 a 40% de proteína, portanto, bastante acima da do germe.

A proteína predominante no grão de sorgo é a prolamina, que contém 83% da proteína do endosperma, seguida pela glutenina (30). Pelas determinações do conteúdo de aminoácidos das frações protéicas feitas por VIRUPAKSHA *et alii* (30), a prolamina do sorgo é deficiente em lisina, aminoácidos sulfurados e treonina, mas

^{1/} Parte da tese de mestrado apresentada pelo primeiro autor.

Recebido para publicação em 17-1-1983.

^{2/} Departamento de Nutrição da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Departamento de Tecnologia de Alimentos da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

dispõe de elevadas concentrações de ácido glutâmico, leucina, prolina e alanina. Já as albuminas e as globulinas, proteínas de melhor qualidade, encontram-se em menor quantidade, ocorrendo principalmente no germe do grão de sorgo (12).

Além de dispor de proteína deficiente, o sorgo conta com a presença do tanino, que compromete ainda mais seu valor nutritivo. A concentração de tanino no sorgo é variada e tem sido associada à coloração do grão, sendo as classes mais pigmentadas as que dispõem de maior teor (4). Do ponto de vista agrônomo, a ocorrência de tanino dá ao grão resistência ao ataque de pássaros e fungos; do ponto de vista nutricional e tecnológico, sua presença é indesejável, chegando mesmo a limitar sua utilização como alimento animal ou humano (26).

ARMSTRONG *et alii* (2) determinaram a digestibilidade protéica «in vitro» de grãos de sorgo com diferentes teores de tanino e observaram que a digestibilidade dos grãos com baixo teor foi bem mais elevada.

LAMB *et alii* (17), em experimentos com ratos, demonstraram a inferioridade do sorgo, em relação ao trigo, em termos de valor nutritivo. NAWAR e CLARK (20) avaliaram a qualidade protéica de 10 variedades de sorgo e demonstraram que apenas duas delas atingiram metade da eficiência da caseína para manter o crescimento e a retenção de nitrogênio em ratos.

São escassos os estudos com seres humanos, mas DANIEL *et alii*, citados por HAHM (11), confirmaram a necessidade de sua suplementação com lisina e treonina.

Esses resultados demonstraram que, para a utilização do sorgo na alimentação humana, é indispensável que se façam pesquisas para obter variedades de bom valor nutritivo. Entretanto, conhecendo a estrutura e a composição das diferentes partes do grão de sorgo, supõe-se que, dependendo do processamento utilizado, seja possível obter produtos de valor nutritivo variado.

O objetivo do presente estudo foi, portanto, utilizar o moinho de milho convencional, que pode fornecer farinhas de granulometrias diferentes, visando a obter um produto de bom valor nutritivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se o sorgo granífero (*Sorghum bicolor*), variedade E-57, cultivado na U.F.V.

Através de processamento em moinho de milho convencional foram obtidos 4 tipos de farinhas, sendo o tipo I a farinha integral e os tipos II, III e IV numerados em ordem crescente de tamanho de partículas. A farinha tipo V foi obtida no moinho de trigo Brabender Quadromatic Senior. Utilizou-se, para comparação, uma farinha de trigo comercial.

2.1. Análises Químicas

Umidade: Segundo a AACC, N.º 44-15 (1), à temperatura de 130°C, por uma hora, em estufa com circulação mecânica de ar.

Proteína: O nitrogênio total foi determinado pelo método N.º 46-13 (1). Foram usados os fatores 6,25 (25), para o cálculo da proteína das farinhas de sorgo, e 5,70 (16), para o cálculo da proteína da farinha de trigo.

Aminoácidos: Segundo SPACKMAN *et alii* (28).

Tanino: A determinação de tanino foi feita pela reação com vanilina ou método de BURNS (5), seguindo modificações, durante a extração, propostas por MAXON e ROONEY (18) e PRICE *et alii* (24).

2.2. Avaliação Nutricional da Proteína das Farinhas

Capacidade Aparente das Farinhas para Suprir o Requerimento Protéico Estabelecido

Foi calculada pelo conteúdo protéico, em 100 g de farinha, considerando a necessidade diária de um homem adulto de 65 Kg, conforme recomendação da FAO/OMS, 1973. Os resultados foram expressos com base na proteína do ovo, cujo NPU (Utilização Protéica Líquida) é 100% (22).

Composição em Aminoácidos das Farinhas, em relação ao Padrão de Referência da FAO/OMS, 1973 (22)

Os valores foram obtidos pela relação:

$$\frac{\text{mg de aminoácidos/g de proteína-teste}}{\text{mg de aminoácidos/g de proteína no padrão de referência}}$$

O valor calculado para o aminoácido limitante forneceu o escore de aminoácidos (E.A.).

Digestibilidade «in vitro» (D.I.V.)

Determinado segundo o método de AKESON e STAHMANN (3), modificado pela determinação de nitrogênio protéico digerido.

Utilização Protéica Líquida (NPU)

Calculada pela equação de PELLET (23):

$$\text{NPU} = 0,67 (\text{E.A.} \times \text{D.I.V.}) + 18,8, \text{ em que:}$$

E.A. — escore de aminoácidos
D.I.V. — digestibilidade «in vitro»

2.3. Desenho Experimental e Análise Estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e constou de seis tratamentos (seis farinhas) e quatro repetições. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de TUKEY, ao nível de 1% de probabilidade.

3. RESULTADOS

O Quadro 1 apresenta o conteúdo protéico, em 100 g, das diferentes farinhas e sua contribuição aparente ao requerimento diário de um homem adulto padrão, expresso com base na proteína do ovo, cuja NPU é igual a 100% (22). Conforme se observou, as farinhas mais ricas em proteínas foram os Tipos I (integral), e IV (residual), que forneceram em torno de 30 e 29%, respectivamente, do requerimento protéico diário estabelecido. Já as farinhas Tipo II e V, que são as de conteúdo protéico mais baixo, forneceram aproximadamente 23%. Todas essas contribuições são inferiores à da farinha de trigo, que é de 37%, aproximadamente. Esses resultados são aparentes, porque consideram apenas o conteúdo de proteína, sem analisar a eficiência de sua utilização.

QUADRO 1 - Conteúdo protéico e contribuição aparente das farinhas de sorgo e trigo ao requerimento diário, estabelecido pela FAO/OMS (1973)

FARINHAS		PROTEÍNA (%)	CONTRIBUIÇÃO APARENTE AO REQUERIMENTO* (%)
Tipo	I.	11,17 a	30,19
Tipo	II	8,46 b	22,86
Tipo	III	9,74 c	26,32
Tipo	IV	10,80 d	29,19
Tipo	V	8,68 b	23,46
Farinha de Trigo		13,71 e	37,05

* Calculado considerando a proteína do ovo e a recomendação da FAO/OMS (22).

Pela análise de aminoácidos (Quadro 2), pode-se observar que o teor de lisina, arginina e glicina decresceu da farinha II para a IV. Também os demais aminoácidos sofreram aumentos progressivos e acentuados, principalmente a leucina, o ácido glutâmico e a prolina, além de aumentar a relação leucina-isoleucina. Verificou-se, portanto, que há diferença na composição em aminoácidos entre as farinhas, devido, possivelmente, às diferentes proteínas que elas contêm, uma vez que são oriundas de diferentes partes do grão de sorgo. Supõe-se que as farinhas Tipo II e III, por serem mais ricas em lisina, tenham maior proporção de albuminas e globulinas, que, segundo HAIKERWAL e MATHIESON (12), concentram-se no germe do grão de sorgo. A farinha Tipo IV, que procede das frações mais externas do grão, em que predominam as prolaminas e as gluteninas, encontra justificativa para seu elevado conteúdo de leucina, ácido glutâmico, prolina e outros. Por outro lado, a farinha Tipo V, que apresentou concentração protéica estatisticamente igual à da farinha Tipo II, diferiu dela em termos de composição em aminoácidos, principalmente no que diz respeito à lisina. Essa diferença, provavelmente, ocorreu em razão da ausência do germe nessa farinha.

Pela diferença entre o conteúdo de aminoácidos essenciais das proteínas das farinhas e o padrão de referência da FAO/OMS (22) (Quadro 3), verificou-se que o primeiro aminoácido limitante foi a lisina, com 30% da concentração no padrão, seguido pelos aminoácidos sulfurados e pela treonina, 47% e 73%, respectivamente, resultados que coincidem com os obtidos por JAMBUNATHAN e MERTZ (14), ao avaliarem 522 variedades de sorgo. Por outro lado, as farinhas classificadas pelo moinho de milho apresentaram relação inversa entre o conteúdo protéico e a intensidade de limitação. Assim, a farinha Tipo II, que é a de menor teor protéico, foi a que apresentou maior quantidade de lisina, 42% do

QUADRO 2 - Composição em aminoácidos das farinhas de sorgo e trigo

AMINOÁCIDOS*	FARINHA					FARINHA					FARINHA				
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V
Lisina	16,51	23,33	21,21	16,51	15,66	16,51	23,33	21,21	16,51	15,66	16,51	23,33	21,21	16,51	15,66
Leucina	168,81	121,11	148,48	171,56	155,42	168,81	121,11	148,48	171,56	155,42	168,81	121,11	148,48	171,56	155,42
Isoleucina	34,86	30,00	34,34	35,78	34,94	34,86	30,00	34,34	35,78	34,94	34,86	30,00	34,34	35,78	34,94
Metionina-Cistina	16,51	14,44	15,15	17,43	21,69	16,51	14,44	15,15	17,43	21,69	16,51	14,44	15,15	17,43	21,69
Fenilalanina-Tirosina	88,99	75,55	84,84	89,91	86,74	88,99	75,55	84,84	89,91	86,74	88,99	75,55	84,84	89,91	86,74
Treonina	29,36	27,78	30,30	29,36	27,71	29,36	27,78	30,30	29,36	27,71	29,36	27,78	30,30	29,36	27,71
Valina	44,04	40,00	44,44	44,95	45,78	44,04	40,00	44,44	44,95	45,78	44,04	40,00	44,44	44,95	45,78
Histidina	17,43	18,89	19,19	18,35	18,07	17,43	18,89	19,19	18,35	18,07	17,43	18,89	19,19	18,35	18,07
Arginina	33,03	41,11	39,39	33,94	32,53	33,03	41,11	39,39	33,94	32,53	33,03	41,11	39,39	33,94	32,53
Ácido Aspártico	66,97	67,78	69,70	72,48	62,65	66,97	67,78	69,70	72,48	62,65	66,97	67,78	69,70	72,48	62,65
Serina	44,04	36,67	43,43	43,12	43,37	44,04	36,67	43,43	43,12	43,37	44,04	36,67	43,43	43,12	43,37
Ácido Glutâmico	268,81	203,33	241,41	269,72	287,95	268,81	203,33	241,41	269,72	287,95	268,81	203,33	241,41	269,72	287,95
Prolina	77,06	63,33	72,73	79,82	86,75	77,06	63,33	72,73	79,82	86,75	77,06	63,33	72,73	79,82	86,75
Alanina	111,93	84,44	100,00	111,93	98,80	111,93	84,44	100,00	111,93	98,80	111,93	84,44	100,00	111,93	98,80
Glicina	30,28	34,44	34,34	30,28	28,92	30,28	34,44	34,34	30,28	28,92	30,28	34,44	34,34	30,28	28,92

* mg/g de proteína

QUADRO 3 - Composição em aminoácidos das farinhas, em relação ao padrão de referência da FAO/OMS/1973.

AMINOÁCIDOS	FARINHA					FARINHA					FARINHA				
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V
Lisina**	0,30	0,42	0,38	0,30	0,28	0,30	0,42	0,38	0,30	0,28	0,31				
Leucina	2,41	1,73	2,12	2,45	2,22	2,41	1,73	2,12	2,45	2,22	1,07				
Isoleucina	0,87	0,75	0,86	0,89	0,87	0,87	0,75	0,86	0,89	0,87	0,79				
Metionina-Cistina	0,47	0,41	0,43	0,50	0,62	0,47	0,41	0,43	0,50	0,62	0,72				
Fenilalanina-Tirosina	1,48	1,26	1,41	1,50	1,44	1,48	1,26	1,41	1,50	1,44	1,27				
Treonina	0,73	0,69	0,76	0,73	0,69	0,73	0,69	0,76	0,73	0,69	0,62				
Valina	0,88	0,80	0,89	0,90	0,92	0,88	0,80	0,89	0,90	0,92	0,73				

*Valores obtidos pela relação $\frac{\text{mg de aminoácido/g da proteína-teste}}{\text{mg de aminoácido/g de proteína no padrão de referência}}$.

**O cálculo, considerando o aminoácido mais limitante (lisina), fornece o escore de aminoácido (E.A.).

padrão. Observou-se ainda elevado conteúdo de leucina nas proteínas das farinhas, em relação ao padrão, que decresceu da farinha mais grossa (Tipo IV) para mais fina (Tipo II). Segundo CLARK (6), o elevado conteúdo de leucina, em relação à isoleucina, tende a interferir negativamente na utilização de ambas.

Com o objetivo de conhecer o valor protéico real, foram determinados o teor de tanino e a digestibilidade das farinhas. Como se vê no Quadro 4, das farinhas de sorgo, a que apresentou melhor digestibilidade foi o Tipo V, o que, provavelmente, se deve, em parte, à ausência do tanino e, também, à sua constituição. Supõe-se que durante o processamento dessa farinha a separação do farelo implique a retirada da testa, local em que se concentra o tanino (25). Além disso, houve a retirada de quase toda a fibra (9) e, talvez, de parte do endosperma periférico. Assim, o que restou foi, em grande parte, endosperma central, região que, segundo WATSON *et alii* (31), dispõe de menor conteúdo protéico e de proteínas mais livres, menos ligadas ao amido, permitindo seu melhor contato com as enzimas e favorecendo, portanto, a hidrólise. As demais farinhas de sorgo apresentaram digestibilidade inferior, seguindo ordem decrescente, da mais fina para a mais grossa, ou seja, do Tipo II para o tipo IV. Esses dados apresentaram correlação altamente significativa ($P < 0,01$) com o teor de tanino ($r = 0,80$) e com a fibra ($r = 0,89$). A correlação digestibilidade-tanino é citada por ARMSTRONG *et alii* (2), que atribuem o efeito antinutricional do tanino à sua capacidade de complexar-se tanto com a proteína, diminuindo sua digestibilidade, como também com as enzimas, diminuindo a efetividade do processo digestivo. O mecanismo por que a fibra influencia a digestibilidade não é, até o momento, bem conhecido. Segundo SPILLER *et alii* (29), a fibra deve exercer certos efeitos físico-químicos que alteram a atividade enzimática.

Esses dois aspectos, tanino e fibra, aliados à forma em que a proteína se encontra nas diversas frações do grão, tornando-se menos complexa da periferia para o centro (31), explicariam as diferentes digestibilidades das farinhas.

A partir dos dados da digestibilidade «in vitro» e do aminoácido limitante, que fornece o escore de aminoácidos, calculou-se o NPU (Quadro 4), pelo método de PELLET (23). O NPU da farinha de sorgo integral foi de 33,14, e o maior foi o da farinha Tipo II (40,71), seguido pelo da Tipo III (38,08), ambos superiores ao da farinha de trigo (35,88). Observou-se que, apesar de a digestibilidade «in vitro» da farinha Tipo V ter sido superior à do Tipo II ($P < 0,01$), o NPU foi aproximadamente o mesmo, porque esta apresentou maior quantidade do aminoácido limitante, lisina.

Há escassez de informações na literatura sobre o valor biológico da proteína do sorgo. Danieel, citado por HAHN (11), encontrou NPU de 49,3, quando tratou um grupo de jovens com dieta de proteína de sorgo. A literatura (10) registra NPU de 55,8, quando ratos foram alimentados com sorgo cozido e seco a 50°C. Os dados obtidos com o experimento realizado parecem baixos, mas, segundo Bender, citado por HEGSTED (13), se o aminoácido limitante for a lisina e os escores próximos de 0,40, o valor do NPU calculado ficará subestimado, porque, quando a lisina é deficiente, o organismo passa a utilizá-la com mais eficiência, diminuindo a velocidade de sua oxidação e permitindo, portanto, melhor utilização biológica da proteína como um todo.

O NPU permite determinar a capacidade real das farinhas para satisfazer a necessidade protéica de um indivíduo adulto padrão, conforme se vê na Figura 1.

A capacidade aparente das farinhas para suprir o requerimento protéico apenas por seus teores da proteína indica que os Tipos I, III e IV são superiores aos Tipos II e V e inferiores à farinha de trigo. Entretanto, quando se levou em consideração a utilização líquida da proteína (NPU), a capacidade superior dessa

QUADRO 4 - Tanino, digestibilidade "in vitro" e utilização protéica líquida (NPU) das farinhas de sorgo e trigo

FARINHA	TANINO (E.C.) %	DIGESTIBILIDADE "in vitro" (%)	NPU CALCULADO
Tipo I	0,04 a	71,37 a	33,14
Tipo II	0,01 b	77,87 b	40,71
Tipo III	0,01 b	75,74 c	38,08
Tipo IV	0,06 c	71,74 a	33,22
Tipo V	0,00	80,99 d	33,99
Farinha de Trigo	0,02 d	82,26 d	35,88

E.C. Equivalente catequina.

NPU (Utilização Protéica Líquida), calculado pela Equação de PELLET (68): $NPU = 0,67 (E.A. \times D.I.V.) + 18,8$

As médias ou valores seguidos da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

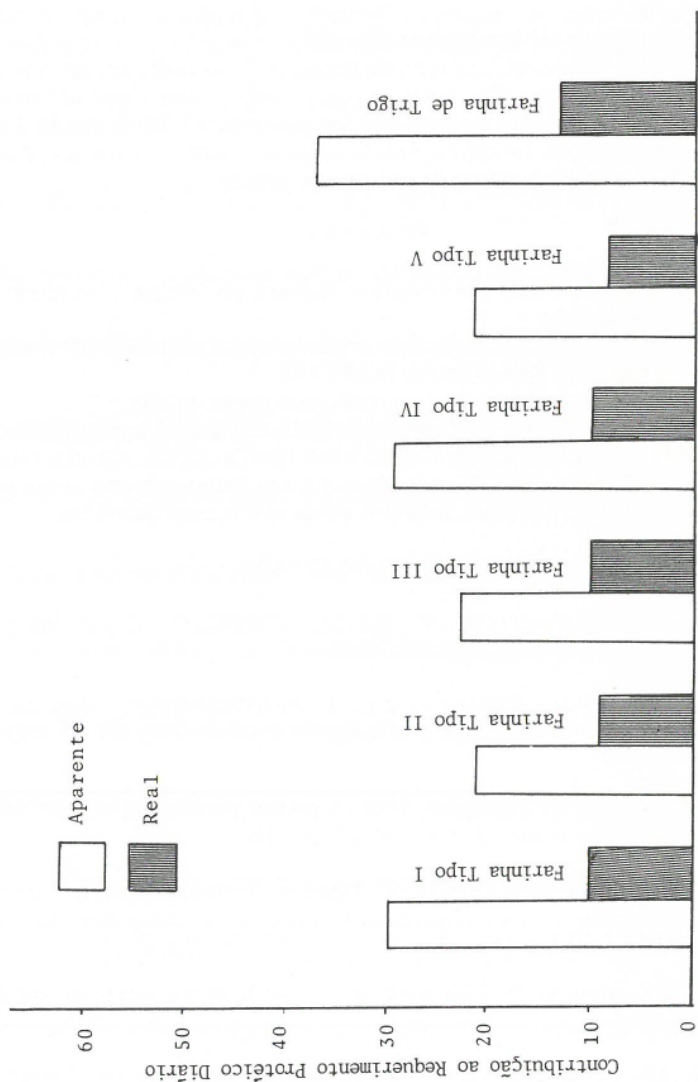


FIGURA 1 - Conteúdo protéico das farinhas de sorgo e trigo, expresso como percentagem aparente e real do requerimento diário. (Conforme recomendação da FAO/OMS).

farinha para suprir o requerimento foi menos acentuada e não houve grandes diferenças entre as farinhas de sorgo.

4. RESUMO

O trabalho foi realizado com o objetivo de obter, por meio de processamento, uma farinha de sorgo de boa qualidade nutricional.

Foram analisados 4 tipos de farinhas de diferentes granulometrias, obtidas do processamento do sorgo no moinho convencional de milho, e um tipo obtido no moinho de trigo Brabender Quadromatic Senior.

Pela avaliação das propriedades nutricionais, pode-se verificar que, apesar de haver diferença significativa ($P < 0,01$) na composição protéica, quando se consideram a digestibilidade, o teor de aminoácidos essenciais e o NPU, não há diferença entre as farinhas com relação à sua capacidade protéica para satisfazer as necessidades diárias de nitrogênio de um homem adulto.

5. SUMMARY

The purpose of this study was to obtain, through processing, a sorghum flour of good nutritional quality.

Four types of flour were obtained in a conventional mill used for corn; and, one type by a Brabender Quadromatic Senior Mill.

The flours were analyzed for their protein nutritional quality.

A significant difference ($P < 0,01$) was found in the proteic composition of the flours. Despite the proteic difference, when considered as to digestibility, essential amino acid composition and NPU, no difference was found in terms of the ability of the proteins to satisfy the daily nitrogen needs of a young male adult.

6. LITERATURA CITADA

1. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. *Cereal laboratory methods*. 7.^a ed. St. Paul, Minnesota, 1969.
2. ARMSTRONG, W.D.; ROGLER, J.C. & FEATHERSTON, W.R. In vitro studies of the protein digestibility of sorghum grain. *Poultry Sci.*, 53:2224-2277. 1974.
3. AKESON, W.R. & STAHMANN, M.A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. *J. Nutr.*, 83:257-261. 1964.
4. BATE-SMITH, E.C. & RASPER, V. Tannins of grain sorghum: Luteoforal (Leucoluteolinidin) 3', 4,4', 57-pentahydroxyflavan. *J. Food Sci.*, 34:203-209. 1969.
5. BURNS, R.E. Method for estimation of tannin in grain sorghum. *Agron. J.*, 63:511-512. 1971.
6. CLARK, H.E. Cereal-based diets to meet protein requirements of adult man. *Wld. Rev. Nutr. Diet.*, 32:27-48. 1978.
7. DEOSTHALE, Y.G.; MOHAN, V.S. & VISWESWARA RAO, K. Varietal differences in protein, lysine, and leucine content of grain sorghum. *J. Agr. Food Chem.*, 18:644-646. 1970.

8. DEYOE, C.W. Amino acids and proteins in sorghum grain. *J. Agr. Food Chem.*, 13:446-450. 1965.
9. EUCLYDES, M.P.; JUNQUEIRA, R.G.; MAFFIA, L.M. & KIBUUKA, G.K. Caracterização de farinhas de sorgo (*Sorghum bicolor*) processadas em moinho de milho e trigo. I — Composição Centesimal. *Rev. Ceres* (aceito para publicação).
10. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Amino acids content of foods: biological data on proteins*. Roma, Food Policy and Food Science Service, Nutrition Division, 1970. 285 p. (Nutritional Studies, 24).
11. HAHN, R.R. Dry milling and products of grain sorghum In: Wall, J.S.; Ross, W.M. (ed.) *Sorghum production and utilization*. Westport, Connecticut, The AVI Publishing Company, 1970. p. 573-601.
12. HAIKERWAL, M. & MATHIESON, A.R. The protein content and amino acid composition of sorghum grain. *Cereal Chem.*, 48:690-699.
13. HEGSTED, D.M. Proteins. In: Beaton, G.H., McHenry, E.W. (ed.). *Nutrition — A comprehensive Treatise*. New York Academic Press, 1964. p. 129-139.
14. JAMBUNATHAN, R. & MERTZ, E.T. Relationship between tannin levels, rat growth, and distribution of proteins in sorghum. *J. Agr. Food Chem.*, 21:692-696. 1973.
15. JONES, R.W. & BECKWITH, A.C. Proximate composition and proteins of three grain sorghum hybrids and their dry-mill fractions. *J. Agr. Food Chem.*, 18:33-36. 1970.
16. KENT, N.L. *Technology of cereals with special reference to wheat*. 2.^a ed. Oxford, Pergamon Press, 1975. 306 p.
17. LAMB, M.W.; MICHIE, J.M. & RIVERS, J.M. A comparison of the nutritive value of three sorghum grains with that wheat. *Cereal Chem.*, 43:447-456. 1966.
18. MAXSON, E.D. & ROONEY, L.W. Evaluation of methods for tannin analysis in sorghum grain. *Cereal Chem.*, 49:719-729. 1972.
19. MILLER, G.D.; DEYOE, C.W.; WALTER, T.L. & SMITH, F.W. Variations in protein levels in Kansas sorghum grain. *Agron. J.*, 56:302-304. 1964.
20. NAWAR, I.A. & CLARK, H.E. Protein quality of selected lines of *Sorghum vulgare* for the growing rat. *Nut. Rep. International*, 1(1):75-81. 1970.
21. NORMAND, F.L.; HOGAN, J.T. & DEOBALD, H.J. Protein content of successive peripheral layers milled from wheat, barley, grain sorghum, and glutinous rice by tangential abrasion. *Cereal Chem.*, 42:359-367. 1965.
22. ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. *Manual sobre necesidades nutricionales del hombre*. Ginebra, FAO/OMS, 1975. 74 p.

23. PELLET, P.L. Protein quality evaluation revised. *Food Technol.*, 32:60-79. 1978.
24. PRICE, M.L.; SCOYOC, S.V. & BUTLER, L.G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.*, 26:1214-1218. 1978.
25. ROONEY, L.W. A review of the physical properties, composition and structure of sorghum grain as related to utilization. In: Pomeranz, Y.C. ed: *Industrial uses of cereals*. St. Paul, Minnesota, American Association of Cereal Chemists, 1973. p. 316-339.
26. ROONEY, L.W.; JOHNSON, J.W. & ROSENOW, D.T. Sorghum quality improvement: types for food. *Cereal Science Today*, 15:240-243. 1970.
27. SECKINGER, H.L. & WOLF, M.J. Sorghum protein ultrastructure as it relates to composition. *Cereal Chem.*, 50:455-465. 1973.
28. SPACKMAN, D.H.; STEN, W.H. & MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Anal. Chem.*, 30:1190-1206. 1958.
29. SPILLER, G.A. & SHIPLEY, E.A. Perspectives in dietary fiber in human nutrition. *Wld. Rev. Nutr. Diet.*, 27:105-131. 1977.
30. VIRURAKSHA, T.K. & SASTRY, L.V.S. Studies on the protein content and amino acid composition of grain sorghum. *J. Agr. Food Chem.*, 16:199-203. 1968.
31. WATSON, S.A.; SANDERS, E.H.; WAKELY, R.D. & WILLIAMS, C.B. Peripheral cells of the endosperms of grain sorghum and corn and their influence on starch purification. *Cereal Chem.*, 32:165-185. 1955.