

AValiação QuÍmica e BiolÓgica da ProteÍna do Grão em Cultivares de Milho de Alta Qualidade Protéica¹

Maria Margareth Veloso Naves², Maria Sebastiana Silva²,
Fernanda Menezes Cerqueira² e Maria Cristina Dias Paes³

ABSTRACT

CHEMICAL AND BIOLOGICAL EVALUATION OF GRAIN PROTEIN IN QUALITY PROTEIN MAIZE

Quality protein maize (QPM) cultivars developed by *Embrapa Milho e Sorgo* (Brazil) were evaluated for profiles of essential amino acids and protein utilization using weanling male Wistar rats. Seven groups of six animals were kept in standard environmental conditions for ten days, and fed with either: a) a control diets (10% casein and 7% protein level), b) a non-protein diet, c) maize based diets with 7% protein (yellow QPM – BR 473, white QPM – BR 451 and common maize – BR 136), d) a mixed rice and bean diet with 10% protein (1:1 in protein base). Protein of QPM BR 473 and QPM BR 451 maize cultivars showed similar quality, which was superior ($p < 0.05$) to that of common maize, according to NPR (Net Protein Ratio – 3.37, 3.54 and 2.58, respectively to BR 473, BR 451 and BR 136) and NPU (Net Protein Utilization – 56%, 58% e 43%, respectively) indexes. Since QPM Brazilian cultivars have high protein value (an average of 83% compared to a reference protein) and show similar quality to the protein found in a rice and bean diet, its use should be encouraged in official Brazilian programs that aim to reduce malnutrition, particularly among poor children.

KEY WORDS: Corn, quality protein maize, protein value, QPM.

RESUMO

Cultivares de milho de alta qualidade protéica (QPM) desenvolvidos pela Embrapa Milho e Sorgo foram avaliados quanto ao conteúdo de aminoácidos essenciais e aproveitamento biológico da proteína, em ratos Wistar machos, recém-desmamados. Sete grupos de seis animais foram mantidos durante dez dias sob condições ambientais padronizadas, recebendo cada grupo uma das seguintes rações: a) controle a 10% e a 7% de proteína (caseína), b) aprotéica, c) experimentais com milho a 7% de proteína (QPM amarelo – BR 473, QPM branco – BR 451 e milho comum – BR 136), d) mistura arroz-feijão a 10% de proteína (1:1 em base protéica). A qualidade protéica do milho BR 473 foi semelhante à do milho BR 451 e significativamente superior ($p < 0,05$) à do milho BR 136, segundo os índices NPR (*Net Protein Ratio* – 3,37; 3,54 e 2,58, respectivamente para BR 473, BR 451 e BR 136) e NPU (*Net Protein Utilization* – 56%, 58% e 43%, respectivamente). Os milhos QPM possuem valor protéico elevado (média de 83% em relação à proteína de referência), similar ao da mistura arroz-feijão, constituindo-se em alimentos promissores para uso em programas de combate à desnutrição no Brasil, em especial para crianças de baixa renda.

PALAVRAS-CHAVE: Proteína, QPM, qualidade protéica, valor protéico.

INTRODUÇÃO

Os cereais constituem a base da alimentação humana, contribuindo com cerca da metade da ingestão energética e protéica do ser humano (Young & Pellett 1994). O milho, por sua vez, é o cereal mais consumido pela maioria das populações de vários países da América Latina, África e Ásia, constituindo-se a principal fonte energético-protéica desses povos (National Research Council 1988, Bressani 1991).

No Brasil, o arroz é o cereal de consumo mais generalizado, sobretudo na forma da mistura arroz com feijão, sendo o milho e seus derivados mais largamente consumidos na zona rural e na região nordeste do país (Dutra-de-Oliveira *et al.* 1996). Apesar do milho não ser o cereal-base da alimentação da maioria dos brasileiros, constitui-se num alimento de grande importância para a nossa cultura e culinária, sendo tradicionalmente utilizado em uma enorme

1. Trabalho recebido em nov./2003 e aceito para publicação em mai./2004 (registro nº 586).

2. Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Goiás, Rua 227 quadra 68 s/nº, Setor Universitário, Caixa Postal 131, CEP 74605-080. Goiânia-GO. E-mail: mnaves@fanut.ufg.br

3. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35970-001. Sete Lagoas-MG.

variedade de pratos salgados e doces (Naves *et al.* 2004).

O milho é um alimento essencialmente energético, uma vez que seus grãos são constituídos principalmente de carboidratos. Esse cereal é também considerado fonte de proteína, pois o nutriente representa cerca de 10% do grão (Fufa *et al.* 2003). Contudo, a proteína do milho é deficiente em alguns aminoácidos essenciais, sendo a lisina e o triptofano considerados o primeiro e o segundo aminoácidos limitantes, respectivamente, o que confere à sua proteína valor biológico de aproximadamente 50% em relação a uma proteína de referência (Bressani 1991, Young & Pellett 1994).

O valor protéico de um alimento é determinado pela sua composição em aminoácidos essenciais, sendo que o aproveitamento biológico dos aminoácidos (biodisponibilidade) depende também da digestibilidade da proteína. Sendo assim, o perfil aminoacídico fornece boa indicação da qualidade de proteínas alimentares (Bressani 1991, Young & Pellett 1994). Para se avaliar a composição de proteínas em aminoácidos, a Organização Mundial de Saúde preconiza, como padrão de referência, as necessidades de aminoácidos essenciais de crianças em idade pré-escolar (dois a cinco anos). O metabolismo protéico de crianças menores requer uma quantidade relativamente maior de determinados aminoácidos, entre os quais lisina e triptofano, quando comparado ao de escolares (crianças de seis a doze anos de idade). Estes, por sua vez, possuem maior demanda relativa desses aminoácidos que os adultos (OMS 1985). As necessidades de aminoácidos podem ser supridas com a ingestão de proteínas de origem vegetal, desde que haja um equilíbrio entre os aminoácidos (complementação aminoacídica) das fontes consumidas (Young & Pellett 1994).

Devido à importância do milho como fonte energético-protéica para as populações mais pobres no mundo, estabeleceu-se no meio científico, no início da década de sessenta, o compromisso pelo desenvolvimento de genótipos de milho com teores mais elevados de lisina e de triptofano. Desde então, melhoristas de plantas vêm pesquisando fontes de germoplasma com essa característica. A descoberta do mutante do milho *opaco-2*, ainda na mesma década, contendo maior teor dos referidos aminoácidos, foi fundamental para a geração de variedades de milho com perfil aminoacídico superior (Mertz *et al.* 1964). Porém, somente na década de oitenta, com o entendimento dos genes modificadores de textura de endosperma, é que foi possível desenvolver genótipos

de milho com conteúdo elevado de lisina e de triptofano e com características agronômicas desejáveis. Esses genótipos foram denominados "milhos de alta qualidade protéica" ou QPM (*Quality Protein Maize*) (National Research Council 1988, Villegas *et al.* 1992, Vasal 2001). No Brasil, o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo), tem desenvolvido cultivares de milho QPM com o objetivo de gerar cultivares comerciais destinados à alimentação humana, com características de produção desejáveis e elevado valor nutricional.

Este trabalho teve por objetivo investigar a qualidade nutricional da proteína de dois cultivares de milhos QPM desenvolvidos pela Embrapa Milho e Sorgo, através da avaliação do perfil de aminoácidos essenciais e do aproveitamento biológico.

MATERIAL E MÉTODOS

Ingredientes e rações

No preparo das rações foram usados fubás de milho QPM amarelo (BR 473), QPM branco (BR 451) e milho comum (BR 136), fornecidos pela Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas-MG). O arroz branco polido e o feijão (Carioca – tipo 2) foram adquiridos no comércio local da cidade de Goiânia, GO. O arroz foi triturado cru. O feijão foi macerado por 12 horas, cozido em panela de pressão de uso doméstico durante vinte minutos, e desidratado em estufa com circulação forçada de ar (Fanem, 315 SE) por 48 horas a 50°C. Em seguida, foi triturado em moinho (Tecnal, tipo Willye – TE-650).

Os ingredientes (caseína, milho, arroz e feijão) foram analisados quanto aos teores de umidade, lipídios totais (extrato etéreo), fibra bruta e resíduo mineral fixo (cinzas) conforme técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (1985). Analisou-se o nitrogênio total segundo o método de Kjeldahl (AOAC 1990) e a conversão em proteína bruta foi feita utilizando-se, para cada alimento, respectivamente, os fatores 6,38; 6,25; 5,95 e 6,25 (FAO 1970). As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Análise de Alimentos da Faculdade de Nutrição, da Universidade Federal de Goiás (UFG). Os carboidratos foram estimados por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos para umidade, proteínas, lipídios, fibra bruta e cinzas. Na Tabela 1 está descrita a composição centesimal dos alimentos-fonte de proteína usados no preparo das rações utilizadas no ensaio biológico.

Foram preparadas sete rações, sendo duas rações-controle (caseína), uma aprotéica (sem adição

Tabela 1. Composição centesimal aproximada dos alimentos-fonte de proteína das rações usadas no ensaio biológico

Fonte protéica	Composição centesimal (g/100g) ¹					
	umidade	proteínas	lipídios	fibras	cinzas	carboidratos
Caseína	7,75	81,50	0,67	0,13	5,08	4,87
Milho QPM (BR 473)	9,80	9,23	1,51	1,07	0,34	78,05
Milho QPM (BR 451)	9,60	8,49	2,33	1,40	0,76	77,42
Milho comum (BR 136)	9,30	10,47	4,01	2,47	1,05	72,70
Arroz	9,80	7,52	0,50	0,71	0,26	81,21
Feijão	5,02	23,08	1,01	5,41	2,61	62,87

¹ - Valores constituem médias de três repetições.

de proteína) e quatro experimentais. Nas rações-controle foi utilizada caseína em pó pura à concentração protéica de 10% (CAS 10) e de 7% (CAS 7). As rações experimentais foram formuladas com diferentes fontes e teores protéicos, sendo três rações com 7% de proteína, preparadas a partir dos fubás dos milhos QPM amarelo (BR 473), QPM branco (BR 451) e milho comum (BR 136), e uma ração com 10% de proteína da mistura arroz-feijão (AF), 1:1 em base protéica. As rações foram formuladas de acordo com a composição básica preconizada pela AOAC (1995), contendo 10 % de proteína (teor padrão para avaliação de qualidade protéica) ou 7% (teor possível em rações à base de milho), 8% de óleo, 5% de mistura mineral, 1% de mistura vitamínica, 1% de celulose microcristalina (rações-controle e aprotéica) e amido de milho em quantidade suficiente para atingir 100%.

Perfil de aminoácidos essenciais

A composição em aminoácidos essenciais da proteína no grão dos cultivares estudados foi determinada na Embrapa Milho e Sorgo, por meio de cromatografia de troca iônica, como descrito por Spackman *et al.* (1958), após hidrólise; exceção feita aos aminoácidos triptofano e lisina, os quais foram quantificados mediante técnica colorimétrica seguindo o protocolo indicado por Hernandez & Bates (1969). Foi estimado o escore de aminoácidos essenciais (EAE), que corresponde à proporção do aminoácido mais limitante (primeiro limitante) do alimento-teste em relação às necessidades de aminoácidos essenciais de crianças de dois a cinco anos de idade (pré-escolares), usadas como padrão de referência de acordo com OMS (1985). A partir dos valores de EAE, calculou-se o valor protéico dos milhos por meio do PDCAAS – *Protein Digestibility-Corrected Amino*

Acid Score (Young & Pellett 1994), método preconizado pela FAO (1991) e que corresponde ao produto do EAE pela digestibilidade verdadeira da proteína – Dv (Dv da proteína de milho – cerca de 85%, segundo OMS 1985), isto é:

$$\text{PDCAAS (\%)} = (\text{EAE} \times \text{Dv}) / 100$$

Avaliação biológica

Foram utilizados 42 ratos albinos, machos, da linhagem Wistar, recém-desmamados (21 a 23 dias de idade), com pesos entre 46,6 g e 63,3 g (média de $55,2 \pm 4,3$ g). Esses foram criados no Laboratório de Nutrição Experimental (Lanute), da Faculdade de Nutrição da UFG, a partir de matrizes SPF (*Specific Pathogen Free*) provenientes do Centro de Bioterismo da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp (Campinas-SP). Os animais foram distribuídos nos grupos conforme delineamento por blocos casualizados, contendo sete tratamentos e seis repetições. Os ratos foram mantidos no Lanute em gaiolas individuais por doze dias, sendo os dois primeiros dias de adaptação e dez dias de experimento, em ambiente com temperatura entre 20°C e 25°C, umidade variando de 40% a 70% e ciclos claro-escuro de doze horas. As rações e água filtrada foram oferecidas *ad libitum*. O consumo de ração foi monitorado, assim como o peso dos animais, que foi aferido em balança eletrônica digital nos dias 0, 4, 7 e 10 do experimento.

A qualidade nutricional das rações foi avaliada por meio de diferentes índices biológicos. Para se avaliar a capacidade da proteína em manter o peso e promover o crescimento dos animais, determinou-se o índice NPR – *Net Protein Ratio* (Pellett & Young 1980):

$$\text{NPR} = \frac{\text{Ganho de peso do grupo teste (g)} + \text{Perda de peso do grupo aprotéico (g)}}{\text{Proteína ingerida do grupo teste (g)}}$$

Calculou-se o NPR relativo (RNPR) para expressar o valor protéico dos alimentos testados, usando-se como padrão de referência o valor de NPR da caseína a 7% (para o milho) e da caseína a 10% (para a mistura arroz-feijão). A partir do valor de NPR, estimou-se o índice NPU (*Net Protein Utilization*), a fim de se avaliar a retenção de proteína pelo organismo, tendo sido obtido pela seguinte equação (Bender & Doell 1957):

$$\text{NPU} = 3,3 + 15,5 \text{ NPR}$$

Para verificar a eficiência da ração em promover o crescimento dos animais, calculou-se ainda o fator de conversão alimentar (FCA):

$$\text{FCA} = \frac{\text{Ração consumida (g)}}{\text{Ganho de peso (g)}}$$

Os dados biológicos foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade), utilizando-se o programa estatístico Instat 2.01.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor protéico dos fubás de milho nos cultivares avaliados variou de 8,5 a 10,5 g/100g (Tabela 1), sendo esses valores comparáveis aos relatados para milhos QPM e comuns (Fufa *et al.* 2003). Quanto à composição em aminoácidos essenciais, o milho comum BR 136 apresentou níveis deficientes de lisina e de triptofano, em relação aos padrões de referência (Tabela 2), à similaridade dos dados descritos na literatura (Bressani 1991, Young & Pellett 1994). O

teor de lisina do material comum corresponde a apenas 51%, e o de triptofano a cerca de 70% das necessidades de crianças em idade pré-escolar. Os milhos QPM, por sua vez, apresentaram um aumento considerável nos níveis desses aminoácidos, sobretudo o cultivar BR 451, cujos valores foram superiores aos padrões de referência (OMS 1985), inclusive em relação às necessidades de pré-escolares, conforme escores de aminoácidos essenciais indicados na Tabela 2. O aumento de aproximadamente 100% nos teores de lisina e de triptofano dos milhos QPM, em relação ao milho comum, resultou em um perfil de aminoácidos mais adequado que o de cultivares QPM anteriormente avaliadas (Magnavaca *et al.* 1988, Bressani *et al.* 1990).

Observa-se ainda, na Tabela 2, que os teores de lisina e de triptofano dos milhos QPM são similares aos da mistura arroz com feijão (EAE = 93%). Isso mostra a semelhança no valor nutricional da proteína dos milhos QPM em relação à proteína dessa mistura tradicionalmente consumida pela população brasileira. A combinação de proteínas de cereais e de leguminosas resulta em uma proteína de maior valor nutricional que os das fontes protéicas originais, visto que os níveis dos aminoácidos limitantes em cada proteína são corrigidos na mistura, devido à complementaridade desses aminoácidos (Young & Pellett 1994).

Em relação ao ensaio biológico, constatou-se que o ganho de peso dos animais foi influenciado pelo tipo e teor de proteína das rações (Tabela 3), tendo sido significativamente maior no grupo CAS 10 (caseína com 10% de proteína) e menor no BR 136

Tabela 2. Conteúdo em aminoácidos essenciais da proteína do grão em cultivares de milho de alta qualidade protéica (BR 473 e BR 451), de milho comum (BR 136), da mistura arroz-feijão e de padrões de referência (mg aminoácidos/g de proteína)

Aminoácidos	Milhos			Mistura arroz/feijão ¹	Padrões OMS ²	
	BR 473	BR 451	BR 136		pré-escolar	Escolar
Isoleucina	40,1	36,1	38,1	41,9	28	28
Leucina	112,6	115,0	137,0	79,2	66	44
Lisina	51,6	60,2	29,8	54,1	58	44
Metionina+cistina	32,2	31,6	28,5	27,8	25	22
Fenilalanina+tirosina	90,0	93,7	91,5	79,0	63	22
Treonina	41,8	45,4	34,2	36,4	34	28
Triptofano	10,3	11,2	6,6	11,8	11	9
Valina	63,1	62,1	52,7	51,8	35	35
EAE (%) ³	89	104	51	93	-	-

¹- Valores estimados conforme tabela FAO (1970) considerando a mistura 1:1 (arroz:feijão) em base protéica.

²- Correspondem às necessidades de aminoácidos essenciais para crianças em idade pré-escolar e escolar (OMS 1985).

³- Escore de aminoácidos essenciais (proporção de lisina em relação às necessidades de crianças em idade pré-escolar).

(milho comum com 7% de proteína), registrando-se perda de peso no grupo aptótico (média de 6,95g), conforme o esperado (Figura 1). O ganho de peso do grupo BR 473 foi semelhante ao do grupo BR 451 e significativamente superior ao do grupo BR 136 ($p < 0,05$). O menor ganho de peso do grupo alimentado com milho convencional em relação aos demais grupos pode ser explicado, em parte, pelo menor consumo de ração e de proteína do grupo (Tabela 3) e, em outra parte, pela qualidade inferior da proteína desse milho em termos de aminoácidos essenciais (Tabela 2). A baixa qualidade protéica pode justificar, por sua vez, o menor consumo de ração, potencializando assim o efeito adverso do milho comum sobre o crescimento dos animais. Destaca-se, ainda, que o grupo AF (mistura arroz-feijão) ganhou mais peso que os grupos QPM, devido provavelmente ao seu maior consumo de proteína (Tabela 3). Isso porque o consumo de ração foi semelhante entre esses grupos e as proteínas em análise possuem qualidades similares em relação ao conteúdo de aminoácidos essenciais (Tabela 2).

O fator de conversão alimentar (FCA) variou de aproximadamente 3,0 (grupo CAS10) a 10,0 unidades (grupo BR 136), como descrito na Tabela 3. A eficiência dos milhos QPM em promover o crescimento dos ratos foi cerca de 1,8 vezes maior que a eficiência do milho comum (FCA médio igual a 5,4 para os milhos QPM contra 9,6 para o milho comum). Além da qualidade protéica, o menor teor de proteína nas rações foi um fator limitante na promoção do crescimento dos animais, pois foram constatados maiores valores de FCA nas rações com 7%, em relação àquelas com 10% de proteína (CAS 7 *versus* CAS 10 e milhos QPM *versus* AF, ambos

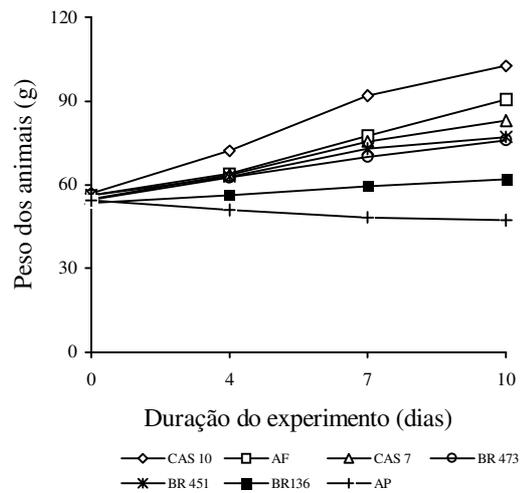


Figura 1. Evolução de peso de ratos Wistar (machos, recém-desmamados) submetidos a diferentes tratamentos, durante dez dias de experimento (CAS 10: caseína à concentração protéica de 10%; AF: arroz-feijão à concentração de 10%; CAS 7: caseína à concentração de 7%; BR 473: milho QPM amarelo à concentração de 7%; BR 451: milho QPM branco à concentração de 7%; BR 136: milho comum à concentração de 7%; AP: ração aptótica)

contrastes com diferenças significativas a 5% de probabilidade).

Entre os grupos experimentais, os alimentados com os milhos QPM BR 473 e BR 451 e com a mistura arroz-feijão apresentaram os maiores valores de NPR (Tabela 3). Os valores de NPR dos milhos QPM foram significativamente maiores que o do milho convencional, observando-se um aumento na qualidade protéica de aproximadamente 35%. Fufa *et al.* (2003) relataram um aumento similar na qualidade

Tabela 3. Ganho de peso corpóreo, consumo de ração e de proteína e índices biológicos¹ de ratos Wistar mantidos durante dez dias ingerindo rações com diferentes fontes e teores de proteína

Grupo/ Tratamento ²	Ganho de peso (g)	Consumo (g)		Índice biológico ³		
		ração	proteína	FCA	NPR	NPU (%)
CAS 10	45,7 ± 6,2 ^a	121,5 ± 11,7 ^a	13,04 ± 1,26 ^a	2,68 ± 0,21 ^a	4,04 ± 0,28 ^a	65,9 ± 4,4 ^a
AF	34,4 ± 3,2 ^b	120,0 ± 8,7 ^a	11,86 ± 0,86 ^a	3,59 ± 0,22 ^{ab}	3,49 ± 0,16 ^b	57,4 ± 2,5 ^b
CAS 7	28,0 ± 4,6 ^{bc}	107,5 ± 9,1 ^a	8,39 ± 0,71 ^b	3,89 ± 0,43 ^b	4,16 ± 0,31 ^a	67,8 ± 4,8 ^a
BR 473	21,3 ± 3,1 ^{cd}	106,3 ± 7,2 ^a	8,38 ± 0,56 ^b	5,03 ± 0,39 ^c	3,37 ± 0,15 ^b	55,5 ± 2,3 ^b
BR 451	20,8 ± 2,2 ^d	110,8 ± 10,0 ^a	7,86 ± 0,71 ^b	5,77 ± 0,59 ^c	3,54 ± 0,34 ^b	58,2 ± 5,3 ^b
BR 136	8,4 ± 1,8 ^e	79,6 ± 9,6 ^b	5,98 ± 0,73 ^c	9,62 ± 1,12 ^d	2,58 ± 0,17 ^c	43,2 ± 2,7 ^c

¹ Valores constituem médias ± desvios-padrão de seis animais. Em uma mesma coluna, médias com letras iguais não apresentam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

² CAS 10: caseína à concentração protéica de 10% (10,73%); AF: arroz-feijão à concentração de 10% (9,88%); CAS 7: caseína à concentração de 7% (7,81%); BR 473: milho QPM amarelo à concentração de 7% (7,89%); BR 451: milho QPM branco à concentração de 7% (7,10%); BR 136: milho comum à concentração de 7% (7,52%).

³ FCA: Fator de Conversão Alimentar; NPR: *Net Protein Ratio*; NPU: *Net Protein Utilization*.

protéica de milho QPM em relação a cinco cultivares de milhos convencionais produzidos na Etiópia.

Nesse contexto, os cultivares de milho QPM desenvolvidos pela Embrapa Milho e Sorgo, BR 473 e BR 451, podem ser considerados como fontes de proteína de boa qualidade, uma vez que seus valores de NPR relativo (RNPR) foram 81% e 85% (Tabela 4), respectivamente. Esses dados se assemelham aos publicados por Bressani *et al.* (1990), que encontraram valor protéico de 82% para milho QPM (Nutricia), na forma de fubá, e de 81%, na forma de *tortilla*, conforme o índice PER (*Protein Efficiency Ratio*) relativo. Observa-se, ainda, que as rações contendo os fubás dos milhos QPM apresentaram qualidade protéica similar à da mistura arroz com feijão (Tabela 3) – RNPR de 86% (diferenças não-significativas, $p > 0,05$) e, como mencionado anteriormente, superior à do milho convencional (RNPR = 62%, ver Tabela 4). Vale ressaltar que os valores de NPR da proteína de referência obtidos no presente estudo são compatíveis com dados disponíveis na literatura, ou seja, NPR próximos a 4,0 (Bender & Doell 1957, Pellett & Young 1980, Happich *et al.* 1984).

Em relação ao índice NPU (Tabela 3), foram constatados valores similares para as rações contendo os milhos QPM (BR 473: 56% e BR 451: 58%), os quais foram significativamente superiores ($p < 0,05$) àquele obtido para a ração com o milho comum BR 136 (NPU = 43%). Esses dados indicam que a melhoria no perfil de aminoácidos dos milhos QPM elevou, de forma significativa, a retenção protéica endógena, o que demonstra a importância do perfil de aminoácidos essenciais no aproveitamento biológico de proteínas. Costa *et al.* (1996) relataram, para rações formuladas com fubás dos mesmos cultivares de milho QPM (BR 473 e BR 451), valores similares de NPU (média de 54%), embora não tenham constatado diferenças significativas neste índice entre os milhos QPM e o milho comum BR 201 (NPU = 46%).

O valor protéico dos milhos BR 451 e BR 473, de acordo com o índice NPR, é compatível com a qualidade protéica estimada por meio do índice PDCAAS, cujo valor médio obtido para os milhos QPM foi de 82%, similar à média dos valores de RNPR (83%), conforme mostrado na Tabela 4. Além disso, observa-se que o valor protéico do milho comum BR 136, conforme resultado do índice PDCAAS, foi semelhante ao obtido por meio de NPU (Tabelas 3 e 4). O índice PDCAAS constitui uma opção simples e rápida de avaliação de proteínas alimentares, uma vez que a digestibilidade verdadeira da proteína (Dv) pode ser determinada em menor

Tabela 4. Valor protéico em grãos de milho QPM e comum, desenvolvidos pela Embrapa Milho e Sorgo

Milho	Valor protéico (%)	
	RNPR ¹	PDCAAS ²
BR 473 (QPM amarelo)	81	76
BR 451 (QPM branco)	85	88
BR 136 (comum)	62	44
Média (QPM)	83	82

¹- NPR relativo ao da caseína à concentração protéica de 7% (CAS7).

²- Escore de aminoácido essencial corrigido pela digestibilidade (EAE x Dv / 100).

tempo de experimento que o necessário para os métodos convencionais (PER, NPR e NPU); ou mesmo, pode-se estimá-la através de ensaios *in vitro* (FAO 1991).

Os milhos BR 473 e BR 451 contêm proteína de boa qualidade, constituindo, portanto, alternativa de melhor valor nutricional para a alimentação humana, em relação ao milho comum. Destaca-se, além da qualidade protéica, a fortificação normativa com ferro dos derivados farináceos do milho (Brasil 2002), que agrega qualidade à dieta, sobretudo de crianças de baixa renda. Derivados de milho QPM enriquecidos com ferro poderiam ser utilizados em pratos como caldos de vegetais engrossados, mingaus, angu, polenta, cuscuz, cremes e pudins, tornando esses alimentos mais nutritivos. Além disso, a farinha obtida do milho QPM de endosperma branco poderia ser usada em combinação com a farinha de trigo no preparo de pães, bolos e outras massas, o que reduziria o consumo de trigo importado e aumentaria o valor nutricional desses alimentos.

Sendo assim, o emprego de milhos QPM deveria ser estimulado em programas governamentais e institucionais de alimentação e nutrição, a exemplo da merenda escolar, que visam o combate à desnutrição e à mortalidade infantil.

CONCLUSÕES

1. A adequação do perfil de aminoácidos essenciais dos milhos QPM (cultivares BR 473 e BR 451), em relação às necessidades nutricionais, determina um aproveitamento biológico superior de seus grãos e derivados, comparativamente aos de milho comum (cultivar BR 136).
2. O cultivar de milho QPM BR 473, de endosperma amarelo, apresenta qualidade protéica semelhante à do cultivar QPM BR 451, de endosperma branco, e superior à do milho comum BR 136.

3. Os milhos QPM BR 473 e BR 451 são fontes de proteínas de boa qualidade, sendo estas similares à da mistura arroz com feijão.
4. Os milhos QPM desenvolvidos pela Embrapa Milho e Sorgo (cultivares BR 473 e BR 451) constituem alimentos particularmente promissores para uso em programas de alimentação e nutrição infantil.

AGRADECIMENTOS

À GEM Agroindustrial e Comercial Ltda. (Acreúna-GO), pelo apoio financeiro (bolsa de pesquisa), e à Luiza Helena B. dos Santos e Rosicler B. de Oliveira, pelo auxílio na coleta de dados.

REFERÊNCIAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official methods of analysis. 15. ed. Vol. I. AOAC, Arlington. 684 p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Vitamins and other nutrients. cap. 45, p. 58-61. In AOAC. Official methods of analysis. 16. ed. Vol. II. AOAC International, Arlington.
- Bender, A. E. & B. H. Doell. 1957. Biological evaluation of protein: a new aspect. *Br. J. Nutr.*, 11: 140-148.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2002. Resolução RDC nº 344 de 13 de dezembro de 2002 que aprova o Regulamento Técnico para a Fortificação das Farinhas de Milho com Ferro e Ácido Fólico. Disponível em: <http://www.anvisa.com.br>. Acesso em: 3 dez. 2003.
- Bressani, R., E. Benavides, O. Acevedo & A. Oriz. 1990. Changes in selected nutrient contents and in protein quality of common and quality-protein maize during rural tortilla preparation. *Am. Assoc. Cereal Chem.*, 67 (6): 515-518.
- Bressani, R. 1991. Protein quality of high lysine maize for humans. *Am. Assoc. Cereal Chem.*, 36 (9): 806-811.
- Costa, N. M. B., M. C. D. Paes & P. E. O. Guimarães. 1996. Avaliação da qualidade protéica do milho QPM (Quality-Protein Maize). p. 153. In Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição, 4. São Paulo, São Paulo. 192 p. Resumos.
- Dutra-de-Oliveira, J. E., S. F. C. da Cunha & J. S. Marchini. 1996. Hábitos e consumo de alimentos. p.15-30. In J. E. Dutra-de-Oliveira, S. F. C. da Cunha & J. S. Marchini. A desnutrição dos pobres e dos ricos – dados sobre a alimentação no Brasil. Sarvier, São Paulo. 123 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1970. Amino-acid content of foods and biological data on proteins. FAO, Rome. 285 p. (FAO Nutritional Studies 24).
- FAO (Food and Agriculture Organization). Report of Joint FAO/WHO Expert Consultation. 1991. Protein quality evaluation. FAO, Rome. 66 p. (FAO Food and Nutrition Paper 51).
- Fufa, H., G. Akalu, A. Wondimu, S. Taffesse, T. Gebre, K. Schlosser, H. Noetzold & T. Henle. 2003. Assessment of protein nutritional quality and effects of traditional processes: a comparison between Ethiopian quality protein maize and five Ethiopian adapted normal maize cultivars. *Nahrung*, 47 (4): 269-273.
- Happich, M. L., C.E. Bodwell, L.R. Hackler, J.G. Phillips, P.H. Derse, J.G. Elliott, R.E Hartnagel Jr., D.T. Hopkins, E.L. Kapiszka, G.V. Mitchell, G.F. Parsons, E.E. Prescher, E.S. Robaidek & M. Womack. 1984. Net protein ratio data: AACC – ASTM collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 67 (2): 255-262.
- Hernandes, H.H. & L. S. Bates. 1969. A modified method for rapid tryptophan analysis in maize. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Mexico City. 7 p. (CIMMYT Research Bulletin 13).
- Instituto Adolfo Lutz. 1985. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 3. ed. Vol. I. IAL, São Paulo. 533 p.
- Magnavaca, R., E. Paiva, E. I. Wintler, N. W. L de Carvalho, M. de C. Souza Filho & M. J. V. V. D. Peixoto. 1988. Avaliação de milho de alta qualidade protéica. *Pesq. Agropec. Bras.*, 23 (11): 1263-1268.
- Mertz, E.T., L.S. Bates & O.E. Nelson. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145 (3629): 279-280.
- National Research Council (Board on Science and Technology for International Development). 1988. Quality-protein maize. National Academy, Washington, D.C. 100 p.
- Naves, M. M. V., M. R. Silva, M. S. Silva & A. G. de Oliveira. 2004. Culinária goiana - valor nutritivo de pratos tradicionais. Kelps, Goiânia. 82 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). Informe de una Reunión Consultiva Conjunta FAO/OMS/UNU. 1985. Necesidades de energía y de proteínas. OMS, Ginebra. 220 p. (Serie de Informes Técnicos 724).
- Pellett, P. L. & V. R. Young. 1980. Nutritional evaluation of protein foods. The United Nations University, Tokyo. 154 p.

Spackman, D. H., W. H. Stein & S. Moore. 1958. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Anal. Chem.*, 30 (6): 1190-1206.

Vasal, S.K. 2001. High quality protein corn. p. 85-130. In A. R. Hallauer (Ed.). *Specialty corns*. 2. ed. CRC, Ames. 479p.

Villegas, E., S.K. Vasal & M. Bjarnason. 1992. Quality protein maize – what is it and how was it developed. p.27-48. In Mertz, E.T. (Ed.). *Quality protein maize*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul.

Young, V. R. & P. L. Pellett. 1994. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 59 (suppl.): 1203S-1212S.