SIGFRIDO MAGINOT LATINO MUÑOZ

FARELO DE ARROZ: SUA UTILIZAÇÃO EM MISTURA ALIMENTÍCIA PROCESSADA POR EXTRUSÃO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, para obtenção do grau de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS
1 9 8 6

SIGFRIDO MAGINOT LATINO MUÑOZ

FARELO DE ARROZ: SUA UTILIZAÇÃO EM MISTURA ALIMENTÍCIA PROCESSADA POR EXTRUSÃO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, para obtenção do grau de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS
1 9 8 6

FARELO DE ARROZ: SUA UTILIZAÇÃO EM MISTURA ALIMENTÍCIA PROCESSADA POR EXTRUSÃO

APROVADA:

Prof. FÁBIO DE BORJA PORTELA
Orientador

Prof. EVÓDIO RIBEIRO VILELA

Prof. RAUL JORGE HERNAN CASTRO-GOMEZ

1986

Si la patria es pequeña
uno grande la sueña.

Ruben Dario

DEDICO ESTA TESE:

A Dios

A mi madrecita Nicaragua

A mia mae Dona Ligia

A mia esposa Disney

A meus filhos Cristian, Javierita, Fabiolita e Natalia

A meus irmãos Mario, Ligia, Marito, Sigrid, Wolfang e Wilder.

AGRADECIMENTOS

A Deus por existir, porque nos dá energia cada dia.

Ao Departamento de Ciência dos Alimentos da Escola Superior de Agricultura de Lavras, pela oportunidade concedida.

Aos professores Luiz Carlos Gonçalves Costa, José Calvidal e Evódio Ribeiro Vilela, pela ajuda e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior-CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos companheiros do curso, funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos e do Laboratório da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais-EPAMIG, pela sua amizade.

BIOGRAFIA

SIGFRIDO MAGINOT LATINO MUÑOZ, filho de Mario Latino Ruiz e Ligia Muñoz Quintanilla, nasceu no dia 8 de setembro de 1959, em Managua, Nicarágua.

Realizou os cursos de 1º e 2º graus no Colégio Batista, em Managua. Em 1977 ingressou no INCAP (Instituto de Nutricion de Centro América y Panamá) Guatemala, graduando-se em Licenciatura em Nutrição em maio de 1982.

Entre abril e maio de 1981 trabalhou no Departamento de Nutrição do Ministério de Saúde Pública em Managua. De junho até dezembro de 1982 trabalhou no Programa de Investigação Nutricional do Ministério de Educação e Cultura em Managua. Entre março e abril de 1983 trabalhou no Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Ministério de Indústria e Comércio em Managua.

Em março de 1984 ingressou no curso de mestrado em Ciência dos Alimentos da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Atualmente é membro da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos-SBCTA.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE QUADROS

LISTA DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO

O problema da desnutrição no mundo, e principalmente nos países subdesenvolvidos, é um fato inegável. A inacessibilidade a alimentos adequados, na quantidade certa, é responsável por esta circunstância. Além do distanciamento crescente entre a oferta e a demanda de alimentos, grandes perdas pós-colheita e uma péssima distribuição dos alimentos disponíveis contribuem para agravar a situação. O alimento, como veículo de nutrientes, assume um importante papel em definir qual das carências nutricionais é mais grave: a calórica ou a protéica. Segundo o resultado de pesquisas há uma grande relação entre elas e parece desejável considerar ambas no mesmo plano. Em função disto, as estratégias utilizadas para enfrentar tais carências deverão incluir o fornecimento adequado destes dois fatores dietéticos.

Tem-se postulado a impossibilidade de satisfazer as exigências nutricionais das populações carentes mediante alimentos de boa qualidade com os de origem animal: carne, leite, ovos. Numerosas pesquisas tem mostrado que a combinação de certos alimentos vegetais, nas proporções adequadas, pode resultar em alimentos de alto valor protéico (quantitativa e qualitativamente). Na

produção destas misturas vários cereais (milho, arroz, sorgo) tem sido associados a leguminosas, principalmente a soja. Também tem sido utilizados subprodutos do processamento de outros materiais como é o caso do farelo de algodão, cujo teor protéico é elevado.

O farelo de arroz é um subproduto do beneficiamento do arroz, de elevado valor nutritivo. Seu teor de proteínas e gorduras é alto. É também uma excelente fonte de vitaminas, especialmente aquelas do complexo B. No Brasil uma pequena fração do farelo de arroz é aproveitada na extração do seu óleo. A maior parte, no entanto, é utilizada para alimentação animal ou totalmente desaproveitada. Pesquisas em outros países (Espanha, Japão, Itália, Estados Unidos) tem mostrado a potencialidade do uso de tal material como alimento humano.

No presente trabalho se pesquisa a possibilidade da utilização do farelo de arroz na formulação de misturas alimentícias de alta qualidade protéica e elevada densidade energética. A mistura é processada por extrusão, visto ter esta metodologia muitas características vantajosas. Os pormenores do processamento são discutidos. Finalmente, se faz uma avaliação da qualidade protéica através de ensaios biológicos com ratos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Problema Nutricional

Muito se tem discutido sobre o problema da desnutrição, a qual atinge uma parcela considerável da população mundial e, mais especificamente, da população dos países conhecidos como pertencentes ao terceiro mundo. Segundo estimativa feita pelo National Academy of Sciences e citada por SCRIMSHAW & YOUNG (79), em 1975 aproximadamente 460 milhões de pessoas em todo o mundo sofriam de desnutrição severa. Atribui-se isto, ao distanciamento entre a oferta e a demanda de alimentos, cada vez maior em fase a elevada taxa de crescimento populacional, principalmente dos países subdesenvolvidos, SCRIMSHAW & YOUNG (79). Entretanto, não podem ser esquecidos outros fatores, tais como perdas pós-colheita e desigualdade na distribuição de alimentos.

A escassez de proteínas, principalmente as de origem animal, nos países subdesenvolvidos, tem chamado à atenção do problema da desnutrição protéica, BRESSANI & ELIAS (17).Entretanto, não existe um consenso no enfoque que é dado ao problema, JANSEN (49). Uma linha de pensamento explica a desnutrição protéica como resul

tante da escassez, na dieta, de proteínas de boa qualidade, como as encontradas em alimentos de origem animal. No extremo oposto a desnutrição é encarada como um problema quantitativo. No primeiro caso, afirma-se que a solução para o problema baseia-se numa melhoria da qualidade protéica das dietas, enquanto que no segundo caso sugere-se que a desnutrição protéica desapareceria se dietas baseadas em cereais, fossem consumidas em quantidades que satisfaçam as necessidades calóricas. LATINO (52), McLaren citado por JANSEN (49) VALVERDE et alii (89).

Vários estudos têm sido desenvolvidos para tentar elucidar se existe ou não vantagem em melhorar a qualidade protéica de dietas deficientes em calorias. Jansen & Verburg, citados por JANSEN (49), trabalhando com ratos recém-desmamados encontraram resultados que se situam em lugar intermediário entre as duas tendências comentadas anteriormente. Dietas baseadas em pão foram suplementadas com 0,3% L-lisina monohidrocloride e com 0,5% L-lisina monohidrocloride + 0,3% DL-treonina. Os níveis energéticos variaram entre 55-100% da ingesta "ad libitum". A relação proteínas: calorias foi mantida constante. Todas as dietas foram suplementadas com vitaminas e minerais e 5% de óleo de milho. A melhora da qualidade protéica das dietas suplementadas com aminoácidos e deficientes em energia resultou em melhores valores para o ganho de peso e Coeficiente de Eficácia Protéica (CEP; PER) que aqueles provenientes de ratos alimentados com dietas adequadas em calorias (100% da ingesta "ad libitum") mas sem adição de aminoácidos. Entretanto, dietas adequadas em calorias e fortificadas com aminoácidos deram os melhores valores para os parâmetros mencionados.

O anterior sugere que uma melhora da qualidade protéica de dietas deficientes em calorias pode ter um efeito benéfico considerável, mas que este efeito será maior se a dieta for adequada em termos energéticos. Estas considerações podem ser de interesse ao se fazer uma análise das relações custo:benefício que poderiam ter diversas estratégias empregadas no combate à desnutrição.

Não pode deixar de ser notado que a deficiência da ingesta calórica em situações reais pode ser maior que aquela do referido estudo, como foi reportado para crianças pré-escolares na Índia, NARASINGA et alii (65). Em tais casos a resposta à melhoria da qualidade protéica poderia ser diferente. Também é conveniente lembrar que a velocidade de crescimento do rato recém-desmamado é muito maior do que a de crianças nessa mesma condição, JANSEN (49), pelo que muita precaução deve tomar-se ao tentar extrapolar os dados obtidos com estes animais experimentais, GRAHAM & BAERTL (35).

Pelos dados extraídos dos trabalhos de Jansen & Verburg e citados por JANSEN (49) parece desejável combinar a suplementação calórica com o melhoramento da qualidade protéica das dietas com vistas a otimizar a intervenção nutricional no combate à desnutrição. Isto tem direcionado os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento de produtos alimentícios de alta qualidade protéica no sentido de aumentar também sua densidade calórica, MUSTAKA & GRIFFIN (63) e MUSTAKA (64).

2.2. Potencialidade do Farelo de Arroz como Alimento Humano

O arroz é cultivado em mais de 100 países ao redor do mundo. Se considera que é o alimento básico para 50-66% da população mundial, LU & CHANG (56). Em alguns países da Ásia chega a ser responsável por 70-80% da ingesta calórica diária, Witte mencionado por INGLETT (47).

Antes de ser consumido o arroz sofre um processo de beneficiamento que objetiva a produção do arroz polido ou arroz branco. Isto implica na remoção de matéria estranha, da casca e camadas externas do grão, SPADARO et alii (82).

A matéria estranha está composta por restos de palha, terra e sementes silvestres. Sua separação baseia-se em diferenças em tamanho, densidade e forma, SPADARO et alii (82).

A casca do arroz é removida mediante abrasão do grão; representa aproximadamente 20% deste, HSU & LUH (46). Está composta principalmente por sílica, lignina e fibra, pelo que sua digestibilidade é reduzida. Alguma melhora em relação a seu aproveitamento como alimento para animais tem-se logrado após submeter este material a vários tipos de processamento, HSU & LUH (46).Sua aplicação para fins industriais apresenta um maior potencial, sendo referido seu uso na produção de absorventes, antideslizantes, carvão ativado, cimento, furfural, borrachas, filtração de águas,HSU & LUH (46), MEHTA & PITT (58).

O grão de arroz moreno, que fica após a remoção da casca, está envolvido por várias camadas, Figura 1, que são removidas du

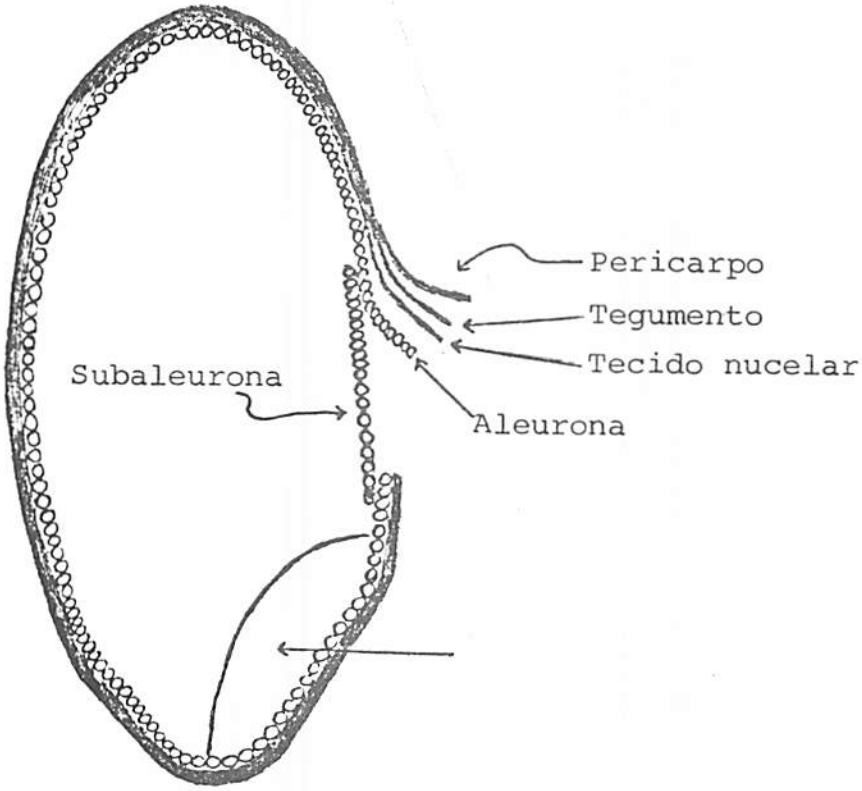


FIGURA 1. Representação esquemática de um grão de arroz.

rante a operação de polimento. Esta operação, que se baseia na abrasão ou fricção dos grãos, também desprende e separa o germe ou embrião. A soma das camadas externas e do embrião do grão de arroz constituem o farelo de arroz (FA), BARBER & BENEDITO DE BARBER (9), e representa aproximadamente 10% do grão de arroz moreno, Henderson mencionado por STEFFE et alii (83).

A composição química do FA varia muito. Diferenças varietais e do meio de crescimento da planta determinam variações classificadas como intrínsecas do grão. Métodos, máquinas e condições de beneficiamento determinam a intensidade e uniformidade desta operação, originando também diferenças nos produtos obtidos. Frequentemente a definição dos subprodutos do beneficiamento de arroz não é clara. O FA pode ser extraído junto com a casca, numa única operação. Neste caso, seu conteúdo de proteína e óleo será menor, enquanto que o de fibra e lignina serão altos. Quando o FA é obtido em operações de brunimento, posteriores ao descascamento, apresenta-se com maior teor de proteínas e óleo, e menor teor de fibra. O FA poderá incluir ou não o produto da operação de polimento e o germe do grão, BARBER & BENEDITO DE BARBER (9). Pelas razões citadas os valores reportados para a composição química do FA variam amplamente, Quadros 1 e 2.

O FA se compara favoravelmente com o arroz polido e com o milho no que se refere ao teor de proteínas, gorduras, cálcio e fósforo, Quadro 2.

QUADRO 1. Composição química do FA relatado por diferentes autores[a].

Material	Umidade	Proteína	Gordura	Fibra	Cinzas
FA	9,5-15,9	10,6-14,0	9,5-15,8	10,4-19,5	10,6-14,0
Protex[b]	8,0-12,0	17,0-21,0	0,5-2,5	6,0- 8,0	9,5-12,0

a/ FONTE: LYNN (57)
b/ Farelo de arroz obtido por um processo especial: ver LYNN (57).

QUADRO 2. Composição química[a] e teor de alguns minerais[b] do milho, do arroz polido e do FA.

	Milho[c]	Arroz polido[d]	FA processado[d]	FA integral[c]	FA polimento[c]	Farelo de soja
Amido	-	92,00	61,36	-	-	-
Fibra	2,33	0,22	1,47	12,09	3,33	2,6
Gordura	4,42	0,45	4,44	16,59	14,66	0,9
Proteína	10,23	7,52	14,98[e]	14,84[e]	13,11	59,0
Cinzas	-	0,45	6,10	-	-	6,4
Cálcio[b]	35	50	360	66	44	-
Ferro[b]	-	-	30	-	-	-
Fósforo[b]	314	100	1020	2000	1578	-

a/ % do peso seco
b/ mg/100 g
c/ FONTE: ISLABÃO (48)
d/ FONTE: Barber citado por INGLETT (47)
e/ Nitrogênio x 5,92

O conteúdo de lisina e aminoácidos sulfurados (metionina e cistina) é intermediário entre o da soja e o do milho, sendo que a proteína do FA é menos limitante do que a do milho em relação a lisina e menos limitante do que a da soja no que toca a aminoácidos sulfurados, Quadro 3.

No Quadro 4 se encontra o conteúdo em vitaminas do FA. Para efeitos de comparação também é apresentado o conteúdo vitamínico do arroz polido, do milho e do farelo de soja. Observa-se que o teor de vitaminas do FA é, de maneira geral, bastante superior ao do arroz polido e ao do milho, e em alguns casos (tiamina e ácido pantotênico) superior ao da soja.

Tomando em consideração o elevado conteúdo de nutrientes do FA parece desejável a sua utilização como alimento humano. O significado dessa utilização fica mais claro se levarmos em consideração que o FA responde por 10% do peso do grão de arroz sem casca. Com uma produção mundial de arroz sem casca calculada em 375.967.200 toneladas métricas (TM) em 1984, FAO (32), tem-se uma disponibilidade de FA equivalente a 37.596.720 TM. Isto, expressado em termos de proteínas equivale a 3.985.252 - 5.263.540 TM.

A produção de arroz descascado no Brasil, durante 1984, foi de 7.218.400 TM, FAO (32). Calcula-se que o beneficiamento deste arroz produziu aproximadamente 721.840 TM de FA, o que equivale a 76.515 - 101.057 TM de proteínas. Para se ter esta mesma quantidade de proteínas a partir do milho seriam necessárias entre 933.110 e 1.232.402 TM de milho.

QUADRO 3. Padrão de aminoácidos essenciais da proteína do FA, farelo de soja e farinha de milho (mg/gm de nitrogênio).[a]

Aminoácido	FA	Soja	Milho	FAO/WHO [b]
Isoleucina	208	363	297	250
Leucina	286	507	961	440
Lisina	219	405	164	340
Sulfurados [c]	161	152	258	220
Aromáticos [d]	193	395	648	380
Treonina	146	270	242	250
Triptofano	52	114	55	60
Valina	292	340	344	310

a/ Calculados a partir dos dados de ISLABÃO (48)
b/ Padrão provisório da FAO/WHO (31)
c/ Metionina e cistina
d/ Fenilalanina e tirosina.

QUADRO 4. Conteúdo de vitaminas do arroz polido, FA, milho e farinha de soja (mg/100 g).

Vitaminas	Arroz polido[a]	Farelo de arroz		Milho[b]	Soja[b]
		a	b		
Tiamina	0,07	2,26	2,20	0,42	0,51
Riboflavina	0,03	0,25	0,26	0,11	0,31
Niacina	1,60	29,80	2,75	2,01	2,97
Piridoxina	0,45	2,50	-	-	-
Ácido pantotênico	0,75	2,80	2,20	0,57	1,57
Inositol	10,00	463,00	-	-	-
Ácido fólico	0,02	0,15	-	0,03	0,46
Colina	59,00	170,00	99,00	44,00	352,00
Biotina	0,01	0,06	-	0,01	0,03
B_{12}	-	-	-	0,22	0,19

a/ FONTE: Houston & Kohler citados por INGLETT (47)
b/ FONTE: ISLABÃO (48)

Pese ao elevado valor nutritivo do FA sua utilização como alimento humano ou animal se vê limitada por dois fatores: baixa estabilidade no armazenamento e elevado conteúdo de fibra, BARBER & BENEDITO DE BARBER (9).

A principal causa da baixa estabilidade que o FA apresenta durante o armazenamento é a intensa atividade enzimática de lipases e oxidases. As lipases promovem a hidrólise do óleo do FA originando glicerol e ácidos graxos. As oxidases e as lipases atuam produzindo compostos de menor peso molecular, responsáveis pelo sabor e odor próprios da rancificação. As lipases encontram-se, originalmente, na testa e na camada cruzada do grão de arroz, Figura 1, enquanto que o óleo ocorre na aleurona, subaleurona e no germe. Quando o grão de arroz é beneficiado as enzimas e o substrato (o óleo) são postos em contato ocorrendo assim a rancificação. Fungos presentes no FA podem ser outra fonte de lipases. Insetos, quer sejam adultos, larvas ou ovos, podem igualmente, causar deterioração, BARBER & BENEDITO DE BARBER (9).

Na inativação das enzimas do FA tem sido aplicado tratamento térmico, o qual pode ser aplicado como calor seco ou úmido; os trabalhos nessa área são relativamente abundantes, SAYRE et alii (77), ENOCHIAN et alii (30), BHUMIRATANA (12). O tratamento térmico é efetivo no controle de microorganismos e insetos.

O alto conteúdo de fibra pode ser diminuido através de: a) remoção das partículas mais fibrosas - baseia-se na desintegração do FA e sua posterior classificação por diferenças de tamanho ou densidade. O processo pode ser realizado em meio seco, em água

ou em um meio de n-hexano, e dependendo do caso, a classificação ou separação das frações será efetuada por ar, peneiras ou centrífugas, HOUSTON & MOHAMMAD (45), BARBER & BENEDITO DE BARBER (9); b) extração e isolamento das frações protéicas - tem-se registrado extração alcalina das proteínas e posterior precipitação isoelétrica e pelo calor, CHEN & HOUSTON (23), LYNN (57). No processo japonês a extração é feita com água. A proteína é quimicamente coagulada e depois desengordurada, Mihara mencionado por BARBER & BENEDITO DE BARBER (9).

Além dos fatores comentados, a presença de ácido fítico e de fatores antinutricionais no FA podem diminuir seu valor nutritivo. O ácido fítico, e em menor grau os fosfatos, presentes no FA podem formar sais insolúveis com cálcio, ferro, zinco e magnésio tornando estes elementos biologicamente não disponíveis, BARBER & BENEDITO DE BARBER (9). O ácido fítico também pode complexar com as proteínas ficando elas menos solúveis e mais resistentes à proteólise, CHAMPAGNE et alii (22). Os fatores antinutricionais que tem sido identificados no FA são: inibidores de tripsina, BARBER et alii (8); inibidores de pepsina, Mitsuda et alii mencionados por BARBER & BENEDITO DE BARBER (9); hemaglutininas, BENEDITO DE BARBER & BARBER (11); fator anti-tiamina, Chaudfuri mencionado por BARBER & BENEDITO DE BARBER (9). A atividade destes fatores antinutricionais é pequena, sendo controlada mediante tratamento térmico do FA.

A utilização do FA como alimento humano tem sido proposta em face a seu elevado conteúdo em nutrientes e a sua relativamente boa disponibilidade. Foi sugerida sua utilização como ingredi-

ente de panificação, de bolachas, "snacks", veículo de especiarias, etc, LYNN (57). Uma bebida preparada a partir do extrato aquoso do FA foi desenvolvida como um substituto do leite, LYNN (57).

É de interesse pesquisar a possibilidade da utilização do FA combinado com outros alimentos na produção de uma mistura de alta qualidade protéica e alta densidade energética, vistos serem esses os fatores dietéticos mais deficientes nos países subdesenvolvidos. Desta maneira, se conseguiria, além do aproveitamento dos nutrientes contidos no FA, a complementação dos nutrientes deste subproduto, em especial de seus aminoácidos.

2.3. Misturas Alimentícias

É aceita a impossibilidade das populações carentes dos países subdesenvolvidos de satisfazerem suas necessidades protéicas através da inclusão na dieta de alimentos de origem animal, BRESSANI & ELIAS (17). Ante esta situação numerosas alternativas tem sido propostas: melhoramento genético dos cereais, MUNCK (62), BAKER (6); utilização de novas fontes protéicas como é a proteína proveniente de bactérias, leveduras, fungos e algas, mais conhecida como proteína unicelular, COONEY et alii (24), TANNENBAUM (86); fortificação dos alimentos com aminoácidos sintéticos, JANSEN (49); suplementação e complementação protéica, BRESSANI (19), BRESSANI & ELIAS (17). As misturas alimentícias enquadram-se dentro desta última estratégia, a qual apresenta algumas vantagens sobre as outras. O aproveitamento de matérias primas e subprodutos localmen-

te produzidos é uma das características que a fazem atraente. Entretanto, é necessário um conhecimento adequado das interações que governam o metabolismo das proteínas, da natureza bioquímica das matérias primas alimentícias potencialmente utilizáveis,da tecnologia que melhor se adapte à situação específica, e ainda das preferências locais em termos de paladar.

A combinação de dois ou mais alimentos com vistas a obter uma mistura que satisfaça as necessidades protéicas de determinados grupos de população pode assumir três formas, segundo os objetivos desejados sejam: elevar o teor protéico da dieta; elevar a qualidade protéica da dieta; e elevar tanto a quantidade como a qualidade das proteínas da dieta. Em geral esta última modalidade é a mais desejável, já que a mistura poderá converter-se no alimento básico de populações e grupos com limitado acesso a outras fontes alimentares, Bressani & Scrimshaw mencionados por BRESSANI & ELIAS (17).

Partindo do princípio da utilização de matérias primas alimentícias produzidas localmente numerosas misturas tem sido desenvolvidas experimentalmente. Uma extensa revisão do assunto foi feita por BRESSANI & ELIAS (17) e BRESSANI (19). Cereais, principalmente milho e arroz, são misturados a quantidades variáveis de outras fontes protéicas. Os cereais tem sido utilizados em virtude de sua maior disponibilidade em relação a outros alimentos. O conteúdo protéico deles é reduzido, situando-se entre 7 e 9,4% para o milho e entre 5,2 e 7,6% para o arroz polido, Altshul citado por BRESSANI & ELIAS (17). A qualidade das proteínas dos ce

reais é baixa, devido a deficiência de vários aminoácidos essenciais, assim como a baixa relação aminoácidos essenciais: aminoácidos totais, Harper & Muelenaere citados por BRESSANI & ELIAS (17). A proteína do milho é deficiente em lisina e em menor grau, em triptofano, BRESSANI & MERTZ (16), SCRIMSHAW et alii (78). A proteína do arroz é deficiente em lisina e em treonina, PECORA & HUNDLEY (67), ROSENBERG et alii (72). Estes cereais, quando combinados com fontes protéicas adequadas podem resultar em misturas de maior valor protéico, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, BRESSANI & ELIAS (17).

Como fontes protéicas tem sido ensaiados vários materiais alimentícios: leveduras, SURE (85); concentrado e isolados protéicos, BEESON et alii (10), BRESSANI & MARENCO (15) e inclusive alguns produtos de origem animal, como concentrado protéico de peixe, STILLING et alii (84), leite desnatado, ELIAS et alii (29) e soro de leite, AGUILERA & KOSIKOWSKI (1). Estas fontes protéicas mostraram-se muito eficientes em elevar a qualidade e o teor protéico das misturas alimentícias. Entretanto, há uma série de fatores, tais como limitações tecnológicas e custos elevados de produção, que restringem o seu uso. A utilização de fontes protéicas vegetais apresentam-se como uma alternativa de maior alcance prático na produção de misturas alimentícias baratas e acessíveis as populações carentes, ALTSHUL (3). Farelos de soja, de amendoim, sementes de algodão, feijões, gergelim, coco e castanha do Pará tem sido utilizados, com bons resultados, em numerosos trabalhos de pesquisa. Destes materiais alimentícios protéicos a soja merece especial destaque. Seu teor protéico é elevado. Para varieda

des cultivadas no Brasil reportam-se valores entre 34 e 41% de proteína bruta, PORTELA (70), enquanto que para variedades cultivadas nos Estados Unidos estas cifras oscilam entre 38 e 46%, LIENER (54). A qualidade das proteínas da soja é superior a da maioria das proteínas vegetais em virtude do seu melhor padrão de aminoácidos essenciais. A lisina, que é o aminoácido mais limitante nos cereais, encontra-se em elevadas quantidades na proteína da soja. A deficiência nos aminoácidos sulfurados metionina e cistina, e em menor grau, de treonina, impede que sua qualidade atinja a das proteínas animais, BRESSANI et alii (18). Entretanto, tem sido registrado exaustivamente o sinergismo benéfico que resulta da combinação da proteína da soja com a dos cereais. Em 1935 BAILEY et alii (5) fizeram uma revisão do uso da soja misturada a cereais. No Brasil DUTRA DE OLIVEIRA & SOUZA (26) trabalharam com misturas milho:soja obtendo excelentes resultados em retenção de nitrogênio em crianças. JOSEPH et alii (51), BOOKWALTER et alii (14), MUELENAERE & BUZZARD (61), DEL VALLE et alii (25) são só alguns dos muitos que têm desenvolvido, com bons resultados, misturas alimentícias utilizando cereais e soja.

A melhora da qualidade protéica destas misturas em relação a de seus componentes por separado é atribuída a complementação recíproca dos aminoácidos de suas proteínas, assim como ao aumento do teor protéico total. No caso das misturas milho:soja a soja contribui com lisina e triptofano, aminoácidos deficientes na proteína do milho. O milho, por sua vez, contribui com aminoácidos sulfurados e treonina, dos quais é deficiente a proteína da soja, BRESSANI et alii (18).

2.4. Formulação de misturas alimentícias

Vários intentos tem sido feitos para tentar predizer a qualidade protéica que terá uma mistura em função do seu conteúdo em um ou mais aminoácidos, ALSMEYER (2). As relações encontradas apresentaram um valor preditivo limitado, BRESSANI (19). BRESSANI (19) propôs que na formulação de misturas alimentícias se utilize como guia o padrão de aminoácidos da proteína de misturas consideradas ótimas. Entende-se por mistura ótima aquela combinação dos componentes da mistura que, em testes com animais e/ou humanos mostrou a melhor qualidade protéica, medida através do CEP (Coeficiente de Eficácia Protéica). No Quadro 5 se mostra o padrão de aminoácidos essenciais de misturas que resultaram em máximo valor de CEP em ensaios com ratos e humanos. Os resultados com ratos foram divididos em duas categorias: aqueles com CEP variando entre 2,0 e 2,4 e aqueles com CEP entre 2,6 e 2,9. Os requerimentos destes aminoácidos essenciais foram calculados baseando-se nestas duas categorias de misturas. Pode-se ver nesta tabela a proximidade entre os requerimentos de aminoácidos essenciais calculados para ratos, o padrão destes aminoácidos obtidos de misturas ótimas em ensaios com humanos e o padrão de aminoácidos essenciais estabelecido pela FAO/WHO.

Baseando-se nessa proximidade foi assinalado que o padrão de aminoácidos essenciais de misturas ótimas calculado com ratos pode ser usado satisfatoriamente como guia para a formulação de misturas alimentícias protéicas para consumo humano, BRESSANI (19).

QUADRO 5. Padrão de aminoácidos essenciais de misturas que resultaram ótimas em ensaios com ratos e humanos, e requerimentos destes aminoácidos calculados desde estes ensaios.

Aminoácido	Ensaios com ratos (CEP)		Requerimentos		Estudos com humanos	FAO/WHO Padrão provisório[d]
	2,0-2,4	2,6-2,9	b	c		
Lisina	322	342	335	351	378	340
Triptofano	63	78	73	58	87	60
Sulfurados[e]	176	205	195	234	257	220
Treonina	234	247	243	195	280	250
Isoleucina	303	318	313	195	370	250
Leucina	510	508	508	312	525	440
Fenilalanina	340	316	324	351	335	380[f]
Valina	336	337	337	273	412	310
TOTAL	2284	2351	2328	1969	2644	2250

FONTE: BRESSANI (19) [a]

b,c = Requerimentos calculados em função dos ensaios com misturas cujo CEP foi de 2,0-2,4 e 2,6-2,9 respectivamente.

d = FAO/WHO (31)

e = Metionina, cistina e cisteína

f = Fenilalanina e tirosina.

2.5. Avaliação da qualidade protéica

Para a avaliação da qualidade da proteína de um alimento ou mistura tem-se utilizado tradicionalmente o CEP (Coeficiente de Eficácia Protéica). Este método foi desenvolvido por OSBORNE & MENDEL em 1919. Consiste em alimentar ratos desmamados, de 21 dias de idade, com uma dieta com 10% de proteína e por um período de 28 dias. Calcula-se depois a relação entre o ganho de peso e a proteína consumida. Um controle é feito usando-se caseína como fonte protéica. Apesar de ser o mais utilizado, o CEP apresenta uma série de desvantagens, algumas das quais serão comentadas a seguir:

- O cálculo é baseado no ganho de peso, portanto, não se considera o valor da proteína utilizada para reposição ou manutenção tissulares. Um valor de CEP igual a zero não significa que a qualidade da proteína em questão seja igual a zero. Este método, por isso subestima o valor das proteínas de baixa qualidade, HEGSTED & CHANG (40), HEGSTED (43).

- Desde que a eficiência de utilização protéica diminui quando a ingesta de proteínas aumenta, o nível de proteínas das dietas utilizadas (9-10%) é demasiado elevado para proteínas de boa qualidade. Este método, por esse motivo, subestima o valor das proteínas de boa qualidade, HEGSTED (43).

- Variações no consumo de alimentos, e portanto, na ingesta protéica e de nitrogênio, resultam em diferentes valores de CEP calculados para uma mesma proteína. SAMMONDS & HEGSTED (76) re

lataram, para as proteínas do glúten de trigo, valores de CEP de 0,28, 0,76 e 1,10 em função de deficiências no consumo de alimentos.

- Os valores de CEP obtidos em laboratórios distintos nem sempre são comparáveis entre si. SAMONDS & HEGSTED (76) compararam os CEP obtidos para 7 proteínas distintas em 8 laboratórios especializados em medir qualidade protéica. As fontes protéicas foram lactoalbumina, caseína, carne desengordurada, farinha de soja, isolado protéico de soja, glúten de trigo e farinha de trigo. Em todos os laboratórios a lactoalbumina resultou ser a proteína de melhor qualidade, enquanto que as proteínas provenientes da farinha de trigo foram classificadas como sendo da qualidade mais baixa. Entretanto, as proteínas de qualidade intermediária não foram classificadas na mesma ordem por todos os laboratórios, sendo a diferença dos resultados entre laboratórios estatisticamente significativa.

- O CEP não fornece uma estimativa quantitativa da qualidade de uma proteína em relação a outra, HEGSTED (43), isto é, o fato de uma proteína apresentar um CEP equivalente a metade do CEP da caseína não significa que seu valor biológico equivale a metade daquele da caseína.

Outros ensaios para avaliação da qualidade protéica com ratos tem sido utilizados. Alguns utilizam um grupo de animais alimentado com uma dieta, aprotéica para poder tomar em consideração as proteínas usadas com propósitos de mantença tissular. Entretanto, todos estes métodos apresentam a desvantagem de inferir que a

resposta dos animais experimentais (em termos de mudança de peso) é linear entre o ponto em que a ingesta protéica e zero (0) é o ponto representado pela porcentagem de proteínas utilizado nas dietas experimentais. HEGSTED e colaboradores (40, 43) desenvolveram uma metodologia de avaliação da qualidade protéica em ensaios com ratos nos que são fornecidos vários níveis protéicos nas dietas experimentais. O método conhecido como "Relative Protein Value-RPV" (Coeficiente do Valor Protéico Relativo-CVPR), corrige muitas das falhas que o CEP e outras metodologias de avaliação da da qualidade protéica apresentam.

SAMONDS & HEGSTED (76) compararam os resultados obtidos na avaliação de qualidade protéica usando ratos jovens e adultos, e macacos bebês e adultos. Os dados obtidos por eles são apresentados no Quadro 6. A partir deles pode-se observar que:

a) A qualidade da proteína (do trigo nos dados do Quadro 6) varia dependendo se é avaliada com animais jovens ou adultos. Os ensaios com animais jovens medem a qualidade protéica em função de respostas em termos de crescimento, enquanto que com animais adultos as respostas são medidas em termos de balanço nitrogenado. A diferença na qualidade das proteínas que surgem destes dois tipos de ensaios sugere que ela pode variar amplamente dependendo se a proteína é usada para sínteses de novos tecidos durante o crescimento ou para satisfazer necessidades de mantença na idade adulta, SAMONDS & HEGSTED (76), FOMON (33).

QUADRO 6. Qualidade protéica da lactoalbumina e do trigo ao ser avaliada com ratos e macacos de várias idades.

Fração Protéica	Ratos		Macacos	
	Jovens a/	Adultos b/	Bebês a/	Adultos b/
Lactoalbumina	100,0	-	70,0	-
Trigo	27,8	58,8	15,5	54,0

a/ Coeficiente do valor protéico relativo
b/ Balanço nitrogenado
FONTE: SAMONDS & HEGSTED (76)

Vários autores tem indicado que a principal função da ingesta protéica diária dos bebês se relaciona com a mantença e reposição dos tecidos já existentes, HEGSTED (42), YOUNG & SCRIMSHAW (94). FOMON (33) estima que há um grande declínio durante os primeiros 30 meses de vida na proporção da ingesta protéica que é utilizada para o crescimento. Ele mostrou que a retenção de nitrogênio diminui rapidamente nos primeiros 6 meses de vida, em lactantes humanos alimentados com leite humano. Estes dados parecem indicar que a capacidade de uma proteína de satisfazer as necessidades de nitrogênio e de aminoácidos essenciais de uma criança aumentará conforme o rítmo de crescimento dela diminua devido a idade.

b) A qualidade protéica da lactoalbumina e do trigo também variam em função da espécie animal usada na avaliação. Visto que as diferenças se deram unicamente ao utilizar animais jovens tem-se postulado que elas se devam a diferenças nas taxas de cres

cimento entre as espécies de animais, FOMON (33), YOUNG & SCRIMSHAW (94) fazem uma comparação da taxa de crescimento de bebês humanos recém-nascidos e ratos jovens, Quadro 7. Estes autores relacionam o ganho protéico diário (proteína ganha em forma de novos tecidos) à síntese protéica total diária e expressam esta relação como porcentagem. Os dados mostram que a taxa de crescimento do rato jovem é quase o dobro daquela de bebês humanos neonatos. Em termos práticos isto significaria que a capacidade de uma proteína qualquer de satisfazer as necessidades de nitrogênio e de aminoácidos essenciais de crianças pequenas será maior do que aquela estimada de experiências com ratos jovens.

QUADRO 7. Ganho protéico neto em relação à síntese protéica total em bebês humanos neonatos e em ratos jovens.

	Ganho protéico	Síntese protéica	Ganho/sínteses
	-------(g proteína/kg/dia--------		------%-------
Bebê humano neonato	2,3	17,4	13
Rato jovem	9,4	40,0	24

FONTE: YOUNG & SCRIMSHAW (94)

2.6. Necessidades de processamento

O milho, a soja e o FA antes de serem consumidos deverão sofrer um tratamento térmico cujas implicações serão discutidas a seguir.

2.6.1. Processamento do milho

Em algumas regiões o milho é fermentado para produção de bebidas. Exceto nesses casos o milho para consumo humano é sujeito a aquecimento, seja do tipo úmido ou do tipo seco. Logra-se com isto, melhoria de sua palatabilidade e de sua digestibilidade, através da gelatinização do amido e da desnaturação de suas proteínas.

2.6.2. Processamento da soja

Em 1917, Osborne & Mendel citados por LIENER (55) notaram que a soja tinha que ser aquecida convenientemente para poder estimular o crescimento normal em ratos. Desde então, tem sido identificados vários compostos, aos quais são atribuídos os efeitos antinutricionais que a soja crua provoca em animais alimentados com ela. Os mais conhecidos são: inibidores de tripsina, HAM (37), RACKIS (71); fitohemaglutininas, LIENER & PALLANSCH (53); fatores anticoagulantes, BALLOUN & JOHNSON (7); bocigênicos, FRAMPTON (34) e outros menos estudados, EDELSTEIN (27), LIENER (55), CARLSON et alii (21). O mecanismo de atuação de cada um destes compostos não está totalmente elucidado. Entretanto, sabe-se que o efeito preju

dicial de todos estes compostos é eliminado ou reduzido mediante o aquecimento da soja. Simultaneamente ocorre uma desnaturação das proteínas de soja o que aumenta apreciavelmente a sua digestibilidade. Entretanto, um aquecimento excessivo poderá trazer uma redução do valor biológico das proteínas da soja, o que tem sido atribuído a uma diminuição da metionina disponível, Arnold et alii e Longenecker & Lo, ambos citados por VAUGHAN (91).

2.6.3. Processamento do FA

Como já foi mencionado anteriormente, tem sido identificados no FA, vários fatores antinutricionais que podem ser inativados através de adequado aquecimento. Este tratamento permite também o controle de diversas enzimas, microorganismos e insetos, permitindo uma melhor conservação do FA, BARBER & BENEDITO DE BARBER (9). Adicionalmente há uma gelatinização dos amidos e desnaturação das proteínas o que aumenta a digestibilidade destes nutrientes.

2.7. Extrusão

Originalmente concebida para a gelatinização de amidos e para o preparo de ração animal, a extrusão apresenta uma série de características que a fazem idônea para o processamento de misturas alimentícias destinadas ao consumo humano, HARPER (38, 39).

2.7.1. Descrição do processo e do equipamento

O extrusor consiste basicamente de um parafuso giratório encaixado firmemente dentro de um cilindro, Figura 2. O material alimentício é fornecido ao parafuso, numa extremidade, através de um alimentador. O parafuso, ao girar, empurra o alimento para o outro extremo do cilindro. Nesse processo o material é comprimido contra as paredes do cilindro, aquecendo-se pelo trabalho mecânico e transformando-se numa massa uniforme, fluída e com maior ou menor grau de cozimento. Pode aplicar-se calor adicional através de camisas de vapor, por injeção direta de vapor ou por resistências elétricas. O excesso de aquecimento pode ser controlado pelo uso de camisas de água. Comumente a temperatura de processamento é maior do que 100°C; entretanto, a água do material alimentício não evapora dentro do extrusor por funcionar este como um sistema fechado de alta pressão. No extremo final do cilindro a massa é forçada a sair através de uma matriz, que nada mais é do que uma restrição ao fluxo de material; geralmente consiste de um disco o qual apresenta um ou mais orifícios que podem variar na sua forma (circular, fenda, estrela, etc) e tamanho. Quando o alimento sai da matriz, a pressão, que no interior do aparelho pode atingir até 40 atmosferas, é rapidamente liberada. A água superaquecida dos alimentos evapora-se instantaneamente resultando em rápido resfriamento do alimento, que se solidifica, HARPER (38).

O tempo de permanência do alimento dentro do extrusor varia entre 60 e 270 segundos, em função do desenho do parafuso, da sua velocidade de rotação e da natureza do material alimentício

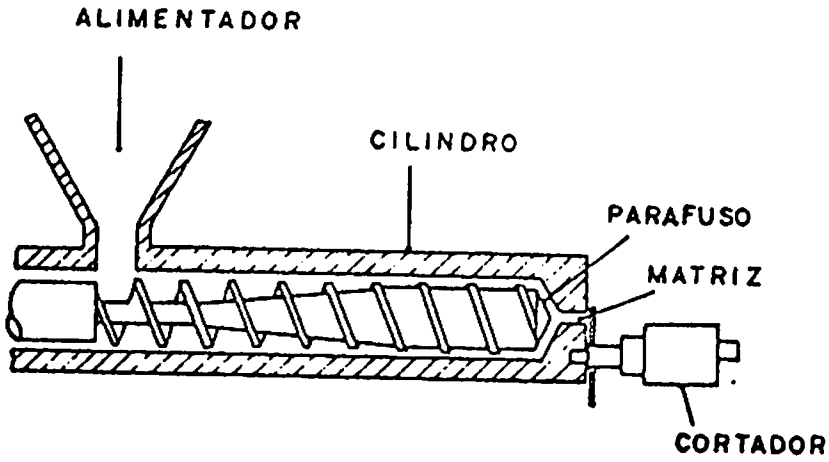


FIGURA 2. Componentes básicos de um extrusor.

sendo processado. A temperatura do alimento pode exceder os 200ºC, HARPER (38).

Na maioria dos extrusores é possível trocar o parafuso e/ ou a matriz de acordo aos requerimentos do processamento de produtos específicos, SMITH (80).

2.7.2. Vantagens da extrusão

As vantagens que o processamento por extrusão oferece são comentadas a seguir, com ênfase na aplicação deste processo a produção de misturas alimentícias:

a) Capacidade para processar uma ampla gama de materiais alimentícios e, ainda, a partir dos mesmos ingredientes,gerar produtos com distinto sabor, aspecto, textura e forma, HARPER (38) . Desta maneira é possível adaptar as características organolépticas dos produtos extrudados às preferências dos consumidores, o que é de suma importância na produção de misturas alimentícias.

b) Catalogado como um processo HTST (high temperature short time) a extrusão permite:

- inativar fatores antinutricionais termolábeis, MUSTAKA & GRIFFIN (63), JANSEN et alii (50);

- melhorar a digestibilidade dos alimentos através da gelatinização dos amidos e da desnaturação das proteínas. Isto é de grande importância naquelas circunstâncias nas que os alimentos não poderão ser cozinhados antes de ser consumidos. A brevida

de do tratamento térmico reduz o dano a nutrientes termo-sensíveis como certos aminoácidos e vitaminas, MUSTAKAS et alii (64);

- inativar enzimas que possam causar rancidez e outras deteriorações. Isto somado a redução drástica da população microbiana e de insetos permite estender, sem auxílio da refrigeração, a vida de prateleira dos produtos extrudados, MUSTAKAS & GRIFFIN (63), MUSTAKAS et alii (64).

c) Os produtos extrudados, dependendo do processamento, podem ser consumidos com pouco ou nenhum cozimento prévio. Isto os faz especialmente convenientes para serem usados em alimentação institucional e ainda no lar. A economia em combustível e mão-de-obra resulta óbvia, EL-DASH (28), MUELENAERE & BUZZARD (61).

d) Devido ao seu tamanho, relativamente pequeno, o extrusor pode ser instalado numa área muito reduzida, diminuindo notavelmente os custos de produção. Igualmente reduzidos são seus gastos energéticos, principalmente quando comparados com outros métodos de cozimento, MUELENAERE & BUZZARD (61).

e) O processamento se faz sem geração de resíduos poluentes, GUERRA et alii (36), HARPER (39).

2.7.3. Aplicações da extrusão na produção de misturas alimentícias

A extrusão de misturas alimentícias reporta-se abundantemente. JANSEN et alii (50) extrudaram misturas de cereais e de farelos de sementes oleaginosas. Milho e sorgo foram combinados com

farinha de soja ou farelo de algodão. As misturas milho:soja apresentaram uma qualidade protéica comparável com a da caseína quando medida pelo CEP. A extrusão reduziu o gossipol livre do farelo de algodão de 0,65% para 0,21%; isto permitiu um teor de 0,03-0,05% de gossipol livre nas misturas milho:farelo de algodão. MOLINA et alii (59) extrudaram misturas milho:soja e arroz:soja. Os cereais e a soja representaram 70 e 30% respectivamente do peso de tais misturas. O extrusor usado foi do tipo autógeno, com a temperatura de processamento, sendo controlada pelo diâmetro da matriz. Em ensaios biológicos com ratos se obtiveram valores de CEP de 2,23 e 2,32 para as misturas milho:soja e arroz:soja respectivamente, corrigidos com relação a um valor de 2,5 para a caseína. AGUILERA & KOSIKOWSKI (1) extrudaram misturas milho:soja:soro de leite. Para evitar problemas de intolerância a lactose devido ao elevado teor deste açúcar no soro de leite, este foi submetido primeiro a hidrólise enzimática. As proteínas do soro de leite apresentam um alto conteúdo de lisina e de aminoácidos sulfurados. As misturas foram extrudadas a 135°C, com um tempo de permanência no extrusor de 30 segundos. O CEP de tais misturas foi igual ou maior que aquele da caseína. PERI et alii (69) combinaram em várias proporções farinha de germe de milho desengordurado (subproduto da extração do óleo) com proteínas lácteas purificadas e amido de milho. Extrudaram estas misturas num extrusor equipado com dois parafusos a 150 e 170°C. A maior temperatura de processamento provocou uma maior redução na lisina disponível, no índice de solubilidade do nitrogênio e na digestibilidade da proteína. Os autores concluem que a extrusão destas misturas a 150°C é a mais conveni

ente em relação às características nutricionais e organolépticas dos produtos extrudados. ANDERSON et alii (4) combinaram farelo, amido e glúten de trigo para obter uma mistura com 16,6% de proteína que foi processada num extrusor com dois parafusos. A temperatura de processamento variou entre 142 e 150°C. SPADARO et alii (81) misturaram arroz polido e sem polir com farelo de algodão e farinha desengordurada de amendoim. As misturas apresentaram um teor protéico de 20% e foram extrudadas a temperaturas variando entre 127 e 166°C.

Considerando a natureza da problemática nutricional nos países subdesenvolvidos não pode esperar-se que uma isolada suplementação alimentar modifique e melhore substancialmente o nível das nossas populações carentes. Entretanto, se a suplementação estiver inserida numa estratégia global que promova o melhoramento das condições de saúde, educação, vivenda, etc, poderá contribuir de maneira mais significativa ao logro desses objetivos. A utilização de um subproduto, o tema do presente trabalho, é desejável desde o ponto de vista econômico, já que nos aproxima do caminho da otimização de nossos recursos muitas vezes desaproveitados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Matéria prima utilizada

Foram usadas as seguintes: farinha de milho degerminado; farinha de soja desengordurada e FA.

O milho, na forma de farinha foi obtido em indústria local. A soja, também em forma de farinha, foi adquirida no comércio, em Belo Horizonte, Minas Gerais. O FA foi adquirido numa usina de beneficiamento de arroz da localidade. Não foi desengordurado e para evitar sua rancificação pela ação de enzimas foi conservado na geladeira até o momento de sua utilização. Prévio a sua incorporação na mistura o FA foi submetido a uma peneiragem que teve como propósito inicial a eliminação de partículas grossas de casca, pedaços de arroz quebrado, sementes silvestres e todo material estranho. Usaram-se duas peneiras diferentes, com aberturas de 0,84 e 0,42 mm. Desta maneira formaram-se 4 frações: duas que são retidas pelas peneiras e que chamaremos de "0,84 grosso" e "0,42 grosso"; duas que atravessam as peneiras e que chamaremos de "0,84 finos" e "0,42 finos".

3.2. Caracterização da matéria prima

Determinou-se a composição centesimal das matérias primas originais, assim como das frações provenientes do FA. A metodologia utilizada foi:

3.2.1. Umidade

Dessecação até peso constante em estufa regulada a 65°C, de acordo com a A.O.A.C., HORWITZ (44).

3.2.2. Proteína

Determinou-se o conteúdo de nitrogênio total utilizando o micro-Kjeldahl, conforme a A.O.A.C., HORWITZ (44). O teor protéico foi calculado usando como fator 6,25 para o milho, 5,75 para a soja e 5,92 para o FA ou para as frações que dele provêm.

3.2.3. Gordura

Foi determinado o extrato etéreo total no extrator contínuo Soxhlet, de acordo com a A.O.A.C., HORWITZ (44).

3.2.4. Cinzas

Determinadas por incineração do material em mufla regulada a 550ºC até peso constante, de acordo com a A.O.A.C., HORWITZ (44).

3.2.5. Fibra

Usou-se o método de hidrólise ácida de VANDE & GINKEL (90) recomendado para cereais.

3.2.6. Aminoácidos essenciais

Os dados do conteúdo em aminoácidos essenciais das matérias primas foram obtidos de tabelas nacionais, ISLABÃO (48) consultando o Quadro 3 para efeito de cálculos.

3.3. Formulação da mistura

A partir dos dados do teor protéico e de aminoácidos essenciais das farinhas de milho e de soja, e do FA foi feita a formulação de tal maneira que a proteína da mistura resultante atingisse o melhor padrão possível de aminoácidos essenciais.

3.4. Equipamento

Utilizou-se para o processamento (cozimento) da mistura um extrusor de fabricação nacional de rosca única, de marca Miotto, aquecido por três resistências elétricas (uma por cada zona). Para evitar qualquer aquecimento excessivo, o extrusor dispõe de três serpentinas instaladas ao redor do cilindro (uma por cada zona). Através delas pode circular ar comprimido. O fluxo de ar é regulado manualmente por meio de válvulas independentes. A medi-

ção da temperatura é feita por três termopares elétricos situados um em cada zona, e registrada num painel. Da mesma maneira a velocidade do parafuso e do sistema de alimentação são registradas no painel.

3.5. Extrusão da mistura

As matérias primas foram dosadas nas proporções desejadas e misturadas adequadamente. Depois de testes preliminares notou-se que a adição de água à mistura perturbou o sistema de alimentação do extrusor a tal ponto que não foi possível processar a mistura nestas condições. De igual forma o uso de matriz com esta mistura em particular determinou total obstrução do fluxo no aparelho. Nestas circunstâncias a mistura foi processada sem qualquer adição de água e sem uso de matriz no extrusor. As outras condições de processamento foram: temperatura: 150ºC; taxa de compressão da rosca: 2:1; e velocidade de rotação do parafuso: 40RPM.

Depois de extrudada a mistura foi moída em moinho de martelo e conservada em sacos plásticos.

3.6. Avaliação da qualidade protéica da mistura extrudada

Na literatura sugere-se o emprego do método conhecido como "Relative Protein Value-RPV" (Coeficiente do Valor Protéico Relativo-CVPR) para a avaliação da qualidade protéica de um alimento, HEGSTED et alii (41), PELLET (68), UNITED NATIONS UNIVERSITY (88). Neste método utilizam-se como animais experimentais, ratos

desmamados de 21-23 dias de idade. Para cada proteína sendo testada e para a proteína tida como padrão usam-se três grupos de ratos. Cada grupo compõe-se de 4 ratos. Os ratos dos três grupos devem ser do mesmo sexo. Pode-se usar também dois ratos de um sexo e dois ratos de outro sexo, de maneira que o grupo apresente-se balanceado. Os três grupos usados para avaliar uma mesma proteína devem ser idênticos na sua distribuição por sexo. O intervalo de peso não deve ser maior do que 5 gramas. Os três grupos de ratos, usados para avaliar cada proteína são alimentados durante 2 semanas com dietas que fornecem 0,3, 0,8 e 1,3% de nitrogênio respectivamente. Registra-se o consumo de alimentos e o ganho de peso dos animais durante este período. Com os três pontos obtidos (um por cada nível de nitrogênio) calculam-se linhas de regressão cujas inclinações são características de cada tipo de proteína e refletem a qualidade da mesma. Dividindo o ângulo de inclinação da proteína sendo testada pelo ângulo de inclinação da proteína padrão (geralmente caseína ou lactoalbumina) obtem-se uma boa estimativa da qualidade da proteína sendo testada.

Usaram-se ratos desmamados, machos e fêmeas, da linhagem Holtzman. Depois de um período de 2 dias de adaptação os ratos foram alimentados por um período de 2 semanas com as respectivas dietas. Se registrou o consumo de alimentos a cada 2 dias e o peso dos ratos semanalmente. Os ratos foram alojados em gaiolas individuais de fundo falso. Se colocou uma caixa de papelão abaixo de cada uma das gaiolas para recuperar a porção das dietas jogada fora pelos ratos, conforme bibliografia sobre o assunto, UNITED NATIONS UNIVERSITY (88). Desta maneira teríamos uma medida mais

precisa do consumo de alimentos.

3.7. Preparo das dietas experimentais

Foram preparadas seis dietas nas quais a mistura alimentícia extrudada (teste) e a caseína (proteína padrão) foram adicionadas em quantidades tais que as dietas apresentaram teores de nitrogênio de 0,3, 0,8 e 1,3% respectivamente. Todas as dietas continham 8% de gordura, adicionada na forma de óleo de soja e eram isocalóricas. Estavam suplementadas com uma mistura mineral, 5% da dieta, e uma mistura vitamínica, 1% da dieta, Quadros 8 e 9. A composição das dietas experimentais se mostra no Quadro 10.

Todos os componentes das dietas foram misturados convenientemente. Uma vez preparadas, as dietas foram colocadas em sacos plásticos e conservadas no congelador até o momento do seu emprego.

QUADRO 8. Mistura vitamínica adicionada às dietas usadas na alimentação dos ratos nos ensaios da qualidade protéica da mistura experimental.

Vitamina	Por 100 g de ração
"A"	2.000 UI
"D"	200 UI
"E"	10 UI
Menadiona	0,5 mg
Colina	200,0 mg
Ácido p-amino-benzoico	10,0 mg
Inositol	10,0 mg
Niacina	4,0 mg
Pantotenato de cálcio	4,0 mg
Riboflavina	0,8 mg
Tiamina-HCl	0,5 mg
Piridoxina-HCl	0,5 mg
Ácido fólico	0,2 mg
Biotina	0,04 mg
Cianocobalamina	0,003 mg
Amido de milho	q.s.p. 100 g

QUADRO 9. Mistura mineral adicionada às dietas usadas na alimentação dos ratos nos ensaios da qualidade protéica da mistura experimental.

Sal	g/1000g de mistura mineral
NaCl	139,300
KI	0,790
KH_2PO_4	389,000
$MgSO_4$	57,300
$CaCO_3$	381,400
$FeSO_4$	27,000
$MnSO_4$	4,010
$ZnSO_4$	0,548
$CuSO_4$	0,477
$CoCl_2$	0,027

QUADRO 10. Composição das dietas utilizadas nos ensaios biológicos com ratos (g).

Ingredientes	A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3
Caseína	49,4	131,8	214,2	-	-	-
Mistura experimental	-	-	-	219,0	584,0	949,0
Óleo de soja	160,0	160,0	160,0	153,0	141,0	129,0
Mistura vitamínica	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Mistura mineral	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Amido	1670,6	1588,2	1505,8	1508,0	1155,0	1198,0
Total	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0

1, 2 e 3 - Dietas com 0,3, 0,8 e 1,3% de nitrogênio respectivamente.

A - Dietas com caseína como fonte protéica.
B - Dietas com a mistura experimental como fonte protéica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização dos materiais alimentícios utilizados

No Quadro 11 se mostra a composição química das matérias primas utilizados. Os valores encontrados para as farinhas de milho e soja podem ser considerados normais. O teor de proteínas da farinha de soja, aparentemente baixo, se deve ao fator de conversão utilizado. A composição centesimal do FA, como já foi comentado, varia entre limites bastante amplos. No entanto, os valores encontrados se comparam com os registrados na literatura. É interessante notar que o teor protéico deste subproduto é quase o dobro daquele do milho.

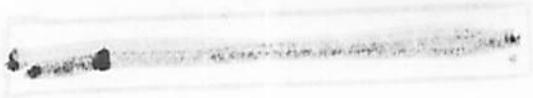
QUADRO 11. Composição das matérias primas utilizadas no preparo da mistura.

Material	Umidade	Proteína[a]	Gordura	Fibra	Cinza
Farinha de milho degerminado	10,25	7,75	3,07	1,17	0,55
Farinha de soja desengordurada	9,35	42,90	1,32	0,89	5,57
FA	7,87	14,83	17,62	9,74	8,05

a/ Os fatores de conversão utilizados foram 6,25; 5,75 e 5,92 para o milho, soja e FA, respectivamente.

A composição do FA e o rendimento das frações resultantes da operação de limpeza é mostrada no Quadro 10. Originalmente concebida diante da necessidade de eliminação de partículas grossas de casca, sementes silvestres, restos de palha e sujeira em geral, esta operação motivou a pesquisa sobre a possibilidade da utilização da peneiragem para lograr a redução do teor de fibra do FA. Outros pesquisadores tinham utilizado um procedimento similar com resultados medianamente satisfatórios, HOUSTON & MOHAMMAD (45). Utilizando FA desengordurado estes autores obtiveram uma fração com menor teor de fibra em relação ao FA original, 5,2% vs 11,4%. Assinalaram que apesar do baixo rendimento, 30% em relação ao FA original, esta operação tem a vantagem de ser simples e não requer complicadas instalações.

No presente trabalho se esperava que a maior porcentagem de fibra ficasse concentrada nas frações "grossas" (retidas pelas peneiras). Os dados do Quadro 12, mostram que essa suposição estava certa; o teor de fibra do FA original foi de 9,74% enquanto que o das frações "0,84 grossa" e "0,42 grossa" subiram para 18,15 e 14,35%, respectivamente. Entretanto, a redução do teor de fibra nas frações "finas" não foi tão apreciável, 8,30 e 7,92% para as frações "0,84 finas" e "0,42 finas" respectivamente. No que concerne à proteínas, gorduras e cinzas não houve grandes diferenças entre as frações, nem entre estas e o FA original, excetuando pelo menor teor de proteínas e gorduras da fração "0,84 grossa", e pelo maior teor de gorduras da fração "0,84 finas".



QUADRO 12. Composição do FA e das frações que dele se originaram na operação de limpeza.

Material	Rendimento (%)	Umidade	Proteína[a/]	Gordura	Fibra	Cinza
FA	100,0	7,87	14,83	17,62	9,74	8,05
"0,84 grosso"	10,5	8,30	11,96	14,06	18,15	8,07
"0,84 finos"	89,5	7,91	14,74	20,17	8,30	8,00
"0,42 grosso"	19,5	8,12	14,12	19,52	14,35	7,78
"0,42 finos"	81,5	8,26	14,92	18,46	7,92	7,82

a/ Nitrogênio x 5,92.

Concluindo, pode-se dizer que a peneiragem, efetuada nas condições descritas, não foi satisfatória na produção de uma fração de menor teor de fibra. Entretanto, ela é indispensável para poder obter um produto adequado para o consumo humano. Deve notar-se também que a fração "0,84 grossa", embora com elevado teor de fibra, apresenta alto teor de proteínas, gorduras e cinzas, podendo ser utilizada como alimento para animais.

4.2. Formulação e características da mistura experimental

O melhor padrão de aminoácidos essenciais da proteína da mistura experimental foi obtido quando o milho, a soja e o FA contribuíram com 32,5, 57,5 e 10% da proteína respectivamente. Com a matéria prima utilizada isso foi logrado quando estes materiais alimentícios foram combinados na relação 67:22:11. No Quadro 13 se mostra o teor de aminoácidos essenciais, o aminoácido limitante e o score protéico da mistura. Também é mostrado, para efeitos de comparação, o padrão de aminoácidos essenciais provisório da FAO/WHO (31).

A composição da mistura foi: umidade 9,8%; proteína 16,25%; gordura 4,6%; fibra 1,9%; cinzas 2,5%.

Destaca-se nela seu alto conteúdo de proteínas, moderado teor de gorduras e reduzidos níveis de fibra. Estas características dão a mistura a potencialidade para se tornar uma importante fonte de calorias e proteínas da dieta. A ingesta de 100 gramas da mistura experimental por dia pode satisfazer uma fração signi

QUADRO 13. Teor de aminoácidos essenciais da mistura milho:soja: FA e padrão provisório da FAO/WHO (mg/g de nitrogênio)[d]

Aminoácido	Milho:soja:FA (32,5:57,5:10	FAO/WHO [a]
Lisina	308	340
Triptofano	89	60
Sulfurados [b]	187	220
Treonina	249	250
Isoleucina	326	250
Leucina	463	440
Aromáticos [c]	370	380
Valina	326	310
Total	2318	2250
Limitante	Sulfurados	-
Score	85,2	-

a/ Padrão provisório da FAO/WHO (31)
b/ Metionina, cistina e cisteina
c/ Fenilalanina e tirosina
d/ Calculados a partir dos dados do teor de aminoácidos essenciais das matérias primas empregadas na formulação da mistura (Quadro 3).

ficativa dos requerimentos de proteínas de crianças em idade escolar e de adultos, Quadro 14.

QUADRO 14. Percentagem dos requerimentos diários de proteína que a ingesta de 100 g/ms de mistura experimental pode satisfazer.

Idade	Peso corporal (kg)	Requerimentos de proteína		
		(g/kg peso corporal/dia)	(g/dia)	%
6 anos	21,9	0,8	17,5	93
12 anos	43,3	0,7	30,3	54
Adultos	70,0	0,5	35,0	46

4.3. Processamento da mistura experimental

A seguir serão discutidos os aspectos mais relevantes do processamento por extrusão da mistura.

4.3.1. Sistema de alimentação do extrusor

Depois de numerosas experiências preliminares concluiu-se que, para uma adequada alimentação do extrusor utilizado com a mistura experimental eram necessárias duas condições: a) alimentação da mistura sem qualquer adição de água; b) manter o alimentador parcialmente cheio (aproximadamente 1/6 da sua capacidade).

A não observância destas condições determinavam a formação de grandes aglomerados rígidos que entupiam o parafuso do alimentador. Vários fatores podem ser responsáveis por este comportamento. A absorção de água e parcial dissolução dos componentes solúveis leva a formação de pontes líquidas, que por posterior redistribuição da umidade se transformam em pontes sólidas, compostas principalmente pelos solutos que se dissolveram originalmente, MOREYRA & PELEG (60). Estas uniões podem ocasionar grave deterioração nas propriedades de fluxo de pós e farinhas. O grau de compactação é outro fator que não pode ser esquecido. O peso da massa de farinhas provoca uma compactação da farinha (ou pó) que se encontra na parte inferior. Isto promove interações físicas entre as partículas, como forças de Van de Waals ou entupimento mecânico, MOREYRA & PELEG (60). O alimentador do extrusor utilizado é do tipo vertical, provisto de um parafuso alimentador, com um estreitamento bastante pronunciado na sua base. Esta configuração aumenta a pressão das farinhas nessa seção.

Desde que o entupimento não acontecia quando se processava farinha de milho sozinha pode-se supor que interações devidas à natureza química e/ou características físicas do material contribuem também para este comportamento. Por exemplo o maior teor protéico da soja determina uma farinha com menor tamanho de partículas. Isto aumenta a área de contato dos sistemas partícula/partícula e partícula/água favorecendo o desenvolvimento de interações. A forma um tanto flocular das partículas de FA também permite um maior número de pontos de contato entre as partículas.

Finalmente, deve mencionar-se que a altura das roscas do parafuso alimentador era insuficiente em relação ao diâmetro da parte inferior do funil alimentador. Dessa maneira uma parte dos aglomerados formados ficava fora do alcance da ação rotatoria do parafuso e sem possibilidade de ser destruído.

4.3.2. Extrusão

O uso de matriz com a mistura experimental determinou uma total obstrução do fluxo no aparelho. No extrusor utilizado neste trabalho o calor necessário para o cozimento não é dependente do torque nem da matriz; pode ser fornecido inteiramente pelas resistências elétricas colocadas ao redor do cilindro. Neste caso a função da matriz é a de aumentar a pressão no interior do aparelho, e dar o formato desejado aos materiais extrudados. Uma elevada pressão é desejável quando se pretende uma boa expansão em produtos tipo "snacks", aos quais é preciso dar também um formato atraente . Sendo que o nosso objetivo se limitava a proporcionar um adequado cozimento à mistura experimental considerou-se satisfatório a extrusão de tal material sem o uso de matriz.

A escolha da temperatura utilizada na extrusão, 150°C, baseou-se nos resultados obtidos por MOLINA et alii (59) e Harper et alii citado por MOLINA et alii (59). Em trabalhos nos quais se comparou a qualidade protéica de misturas milho:soja processada a distintas temperaturas foi demonstrado que uma temperatura em torno de 150°C era a mais conveniente. Esta temperatura também tem mostrado ser efetiva para o controle da atividade enzimática, ENO

CHIAN et alii (30), WILLIAMS & BAER (92) e dos fatores antinutricionais do FA, BARBER et alii (8), BENEDITO DE BARBER & BARBER (11).

4.4. Avaliação da qualidade protéica da mistura experimental

A qualidade protéica da mistura experimental já extrudada foi avaliada através de ensaios biológicos com ratos. Usou-se o método conhecido como Coeficiente do Valor Protéico Relativo-CVPR (Relative Protein Value-RPV). Nestes ensaios considerou-se a caseína como proteína padrão. Nos Quadros 15 e 16 são apresentados os dados de consumo de ração e ingesta de nitrogênio dos ratos alimentados com as distintas dietas. Os dados de ganho ou perda de peso dos ratos aparecem nos Quadros 17 e 18. Pode-se observar que houve uma perda de peso nos ratos alimentados com 0,3% de nitrogênio nas dietas. Esta perda foi aproximadamente igual nos dois grupos de ratos alimentados com as duas fontes protéicas. Isto poderia ser interpretado como significando que em baixas ingestas de nitrogênio há uma mudança na utilização de nitrogênio e que esta mudança equipararia a qualidade destas duas proteínas. Esta observação, de fato é apoiada pelos resultados de outros autores. No gráfico da Figura 3 são traçadas as curvas dos dados de mudanças de peso (g/dia), em resposta a ingestas de nitrogênio (mg/dia).Os dados nos quais se basearam essas curvas são apresentados no Quadro 19.

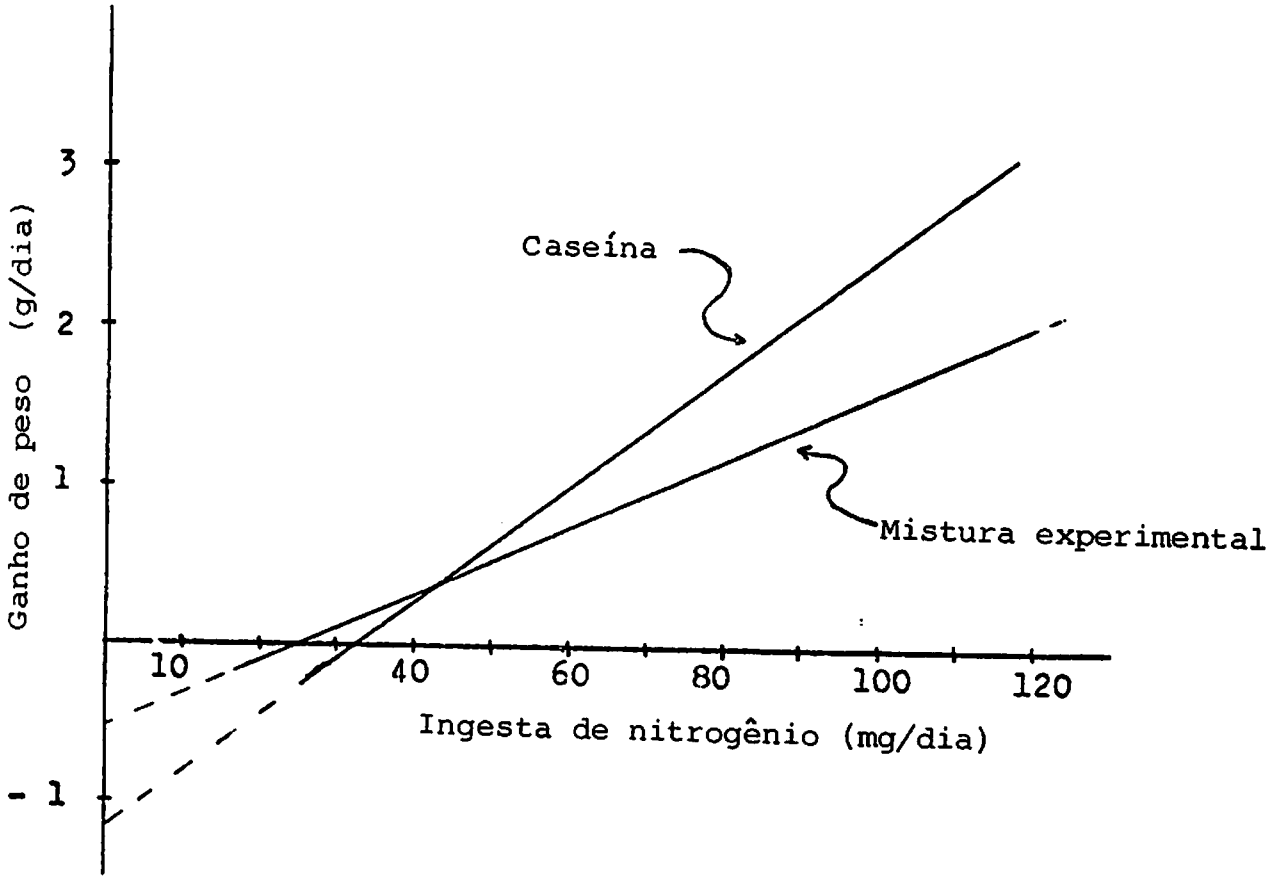


FIGURA 3. Relação entre ganho de peso e ingesta de nitrogênio. As linhas contínuas foram traçadas por inspeção dos dados. As linhas segmentadas foram traçadas por regressão.

QUADRO 19. Relação entre o ganho do peso e a ingesta de nitrogênio.

Fonte protéica	Nitrogênio na dieta (%)	Ingesta de nitrogênio (mg/dia)	Ganho de peso (g/dia)	Valores corrigidos por regressão
Caseína	0,3	25,11	- 0,24	- 0,22
	0,8	59,48	1,03	1,00
	1,3	117,76	3,08	3,09
				B = 0,035764 r = 0,9999 y =-1,12
Mistura experimental	0,3	16,66	- 0,25	-0,18
	0,8	60,65	0,88	0,75
	1,3	123,58	2,04	2,09
				B = 0,021213 r = 0,9955 y =-0,53

r = Coeficiente de correlação
y = Interseção com y

Ao dividir o ângulo de inclinação da proteína fornecida pela mistura experimental sobre o ângulo de inclinação da caseína (0,021213/0,035764) obtemos um valor de 59,3. Isto significa que a proteína teste tem uma qualidade protéica de 59,3% em relação à caseína. Dito de outra forma, se para satisfazer os requerimentos protéicos de um indivíduo hipotético são necessários 10 g de caseína, para satisfazer esses mesmos requerimentos serão necessários 16,9 gramas de proteína proveniente da mistura experimental. Em termos práticos há uma dificuldade de se comparar a qualidade

protéica desta mistura já que a quase totalidade dos pesquisadores que trabalham na área de avaliação da qualidade protéica utilizaram o CEP ou qualquer outro ensaio de dois pontos, HEGSTED & CHANG (40). Estes ensaios, pelos motivos já comentados não fornecem uma estimativa quantitativa da qualidade protéica, HEGSTED & CHANG (40). HEGSTED & CHANG (40) trabalhando com a metodologia utilizada estimaram a qualidade de várias proteínas. Estes pesquisadores utilizaram lactoalbumina como proteína padrão. No Quadro 20 são apresentados os resultados destes autores, modificados ao tomar a caseína como proteína padrão.

QUADRO 20. Qualidade de várias proteínas em relação a caseína.

Proteína	Qualidade (CVPR) a/
Caseína	100
Soja	48
Glúten de trigo	31
Mistura experimental b/	59

a/ CVPR = Coeficiente do Valor Protéico Relativo
b/ Presente trabalho

A qualidade protéica da mistura experimental, incluída nos dados do Quadro 20, apresenta-se superior a da soja e quase o dobro a do valor do glúten de trigo. Estes resultados obtidos em ensaios biológicos, concordam com aqueles que poderiam ser esperados em função do score químico das proteínas destes alimentos. As proteínas da mistura experimental apresentam um score químico es

timado de 85% em relação ao padrão provisório da FAO/WHO (31), em quanto que as proteínas da soja e do glúten de trigo mostraram valores de 73% e 40%, respectivamente.

Uma análise dos dados do Quadro 19 e da Figura 3 mostra que as linhas de regressão se cruzam quando a ingesta de nitrogênio é muito próxima das necessidades para a manutenção (ganho de peso = 0). Neste ponto o nitrogênio proveniente de ambas as fontes protéicas é utilizado com a mesma eficiência. Isto coincide com as observações de SAID & HEGSTED (73) que em ensaios com ratos adultos relataram que a níveis muito baixos de ingesta protéica o valor biológico do glúten se aproxima daquele da lactoalbumina. Todavia, observa-se que o ponto de interseção com "y" é maior para a linha de regressão da proteína teste do que para a linha de regressão da caseína. Isto pode ser interpretado como significando que a baixas ingestas de nitrogênio há uma mudança na eficiência de utilização do nitrogênio e que estas mudanças podem operar mediante distintos mecanismos dependendo de qual é a fonte de nitrogênio. A resposta à reduzida ingesta de nitrogênio varia em função do aminoácido limitante específico. SAID & HEGSTED (74) e SAID et alii (75) comprovaram que há uma diferença na resposta de ratos adultos alimentados com dietas nas quais se suprimiram distintos aminoácidos. Ratos alimentados com dietas privadas de treonina reagiram da mesma forma que ratos alimentados com uma dieta aprotéica, e de acordo com a suposição de BLOCK & MITCHELL (13) quando inventaram o método do score químico das proteínas. Estes animais perderam peso velozmente e ao fim de 14 semanas morreram. Entretanto, ratos alimentados com dietas privadas de lisina rea-

giram muito lentamente, sobrevivendo após 22 semanas de experimentação, indicando uma adaptação à deficiência de lisina. O mesmo comportamento tem sido observado em experimentos com humanos, YOUNG et alii (93), TONTISIRIN et alii (87), OZALP et alii (66). Esta habilidade para adaptar-se a baixos níveis de lisina na dieta provavelmente possa explicar porque vários povos cujas dietas se compõem principalmente de cereais mostram um comportamento nutricional melhor do que aquele que se poderia esperar em função do seu aminograma, HEGSTED (43). Na proteína de mistura experimental os aminoácidos sulfurados são os aminoácidos limitantes. SAID et alii (75) demonstraram em ratos, que também há uma adaptação à deficiência de metionina na dieta o que provavelmente explica a equiparação da qualidade protéica da mistura experimental e da caseína que se observa em baixos níveis de ingesta de nitrogênio.

Do comentado no item 2.5 , avaliação da qualidade protéica, é provável que o valor protéico da mistura experimental será maior ao ser consumida por crianças pequenas do que aquele valor estimado através de ensaios com ratos recém-desmamados, em virtude das diferenças nas taxas de crescimento entre ambas as espécies. Entretanto, não se tem uma relação quantitativa de tal afirmação, sendo que estudos da qualidade protéica desta e de outras misturas mediante ensaios com humanos de várias idades são necessários.

5. CONCLUSÕES

- Na combinação de farinha de milho degerminado, farinha de soja desengordurada e FA o melhor balanço de aminoácidos essenciais se obtém quando estes materiais contribuem com 32,5, 57,5 e 10% da proteína total respectivamente. Isto se atingiu quando estas matérias primas foram combinadas na relação 67:22:11 em base a peso integral.

- A peneiragem do FA, efetuada nas condições descritas no presente trabalho, não foi satisfatória na produção de uma fração de FA com menor teor de fibra. Entretanto, em termos de limpeza, ela é indispensável para obter um produto adequado para o consumo humano.

- A mistura obtida apresenta um elevado teor protéico, quantidades moderadas de gordura e níveis reduzidos de fibra. Estas características a fazem atraente como alimento humano, especialmente naquelas circunstâncias em que pode vir a ser a principal fonte de nutrientes da dieta.

- A qualidade protéica da mistura experimental equivale a 59% daquela da caseína, em ensaios com ratos jovens. Entretanto, parece provável, que este valor aumentaria se os ensaios fossem feitos com crianças.

- A utilização do FA em misturas alimentícias para consumo humano como a desenvolvida neste trabalho, representa uma valorização deste subproduto. Isso, induvidavelmente poderá trazer vantagens em vários campos. Tornaria disponível o alto teor de nutrientes do FA, até agora desaproveitadas totalmente, ou subutilizadas via alimentação animal. Devido ao reduzido preço deste subproduto (1/6 do preço do arroz polido comprado na usina de beneficiamento) os alimentos produzidos a partir dele poderão ser, também, mais baratos. A rentabilidade da cultura de arroz, por outra parte, se veria aumentada.

6. RECOMENDAÇÕES

- Pesquisar metodologias simples e de baixo custo para a diminuição do teor de fibra do FA.

- Pesquisar outras maneiras de utilização do FA na alimentação humana.

- Parece evidente que o sistema de alimentação do extrusor precisa de algumas mudanças, visando uma melhor eficiência operacional. Tentativamente é proposto:

a) o alargamento da base do funil alimentador;

b) o aumento da altura das roscas do parafuso alimentador.

- Equipar o aparelho com uma matriz na qual o diâmetro ou largura do (s) orifício (s) seja regulável.

- Em face as desvantagens que o CEP apresenta na avaliação da qualidade protéica com ratos recomenda-se sua substituição por ensaios nos quais sejam fornecidos vários níveis de proteína nas dietas experimentais.

- Realizar estudos de avaliação da qualidade protéica de esta e outras misturas, em ensaios com humanos de várias idades.

Em substituição do CVPR poderá utilizar-se o "Índice de Balance Nitrogenado", metodologia descrita por BRESSANI (20) e na que também são utilizados vários níveis de ingesta de nitrogênio.

- Avaliar a capacidade da mistura experimental e do FA de satisfazer as necessidades de várias vitaminas em humanos de várias idades.

7. RESUMO

Foi pesquisada a utilização do farelo de arroz combinado com farinhas de milho e de soja na produção de uma mistura de alta qualidade protéica e elevada densidade energética.

O farelo de arroz sofreu primeiramente uma peneiragem que teve como propósito inicial a remoção de partículas de casca, sementes silvestres e todo material estranho. No transcurso do trabalho a peneiragem motivou a pesquisa em relação à utilização de esta operação na redução do teor de fibra do farelo de arroz. Os resultados indicam que nas condições do presente trabalho, a peneiragem não foi satisfatória no logro de esse objetivo.

A mistura foi formulada de acordo ao teor de aminoácidos essenciais da proteína do farelo de arroz e das farinhas de milho e de soja, objetivando atingir o melhor padrão possível de aminoácidos essenciais. Foi processada num extrusor nacional, marca MIOTTO sendo as condições de processamento as seguintes:

Temperatura: 150ºC
Taxa de compressão da rosca: 2:1
Velocidade de rotação do parafuso: 40 RPM

A qualidade protéica da mistura experimental foi avaliada em ratos através do método conhecido como Coeficiente do Valor Protéico Relativo (Relative Protein Value) apresentando um valor de 59% em relação a caseína. Outros estudos precisam ser feitos, visando uma melhor utilização do farelo de arroz na alimentação humana.

8. SUMMARY

The utilization of rice bran, blended with corn and soybean flous, for production of a mixture of high protein quality -high energy density was researched.

The rice bran was sieved. The original purpose of this operation was to eliminate husk particles, wild seeds and other materials.Interest was developed to respect to usefulness of siev in decreasing the fiber content of rice bran. The results show that, in conditions useful in this work, to siev was not satisfactory for reach this goal.

The mixture was formulated in accordance with the essential amino acids content of protein of rice bran and corn and soybean flours. The objective was the attainment of the best possible pattern of essential amino acids in the protein of the mixture.

The mixture was extruded in a MIOTTO extruder, made in Brazil. The process conditions were:

Temperature: 150ºC

Screw compresion ratio: 2:1

Velocity rotation of screw: 40 RPM.

The protein quality of experimental mixture was assayed with rats using the method know as Relative Protein Value, showing a value of 59% with respect to casein. Adittional work is necessary for attainment of best utilization of rice bran in foods.

[redacted]

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUILERA, J.M. & KOSIKOWSKI, F.V. Extrusion and roll-cooking of corn-soy-whey mixtures. Journal of Food Science, Chicago, 43(1):225-7, 30, 1983.

2. ALSMEYER, R.H.; CUNNINGHAM, A.E. & HAPPICH, M.L. Equations predict PER from amino acid analysis. Food Technology, Chicago, 28(7):34-40, July, 1974.

3. ALTSCHUL, A.M. Oilseed protein as related to the world food problem. In: BENDER, A.E.; KIHLBERG, R.; LOFQVIST, B. & MUNCK, L. eds. Evaluation of novel protein products. |Braunscheweig| Pergamon Press, 1968. p.41-53.

4. ANDERSSON, Y.; HEDLUND, B.; JONSSON, L. & SVENSSON, S.S. Extrusion cooking of a high fiber cereal product with crispbread characters. Cereal Chemistry, St. Paul, 58(5):370-4, 1981.

5. BAILEY, L.H.; CAPEN, R.G. & LE CLERC, J.A. The composition and characteristics of soybeans, soybean flour, and soybean bread. Cereal Chemistry, St. Paul, 12:441-72, 1935.

6. BAKER, L.R. Genetic manipulation to improve nutritional quality of vegetables. In: HARRIS, R.S. & KARMAS, E. eds. Nutritional Evaluation of Food Proceeding. Westport, AVI, 1977, p.19-32.

7. BALLOUN, S.C. & JOHNSON, E.L. Anticoagulant properties of unheated soybean meal in chick diets. Archives of Biochemistry and Biophysics, New York, 42(2):355-9, 1953.

8. BARBER, S.; BENEDITO DE BARBER, C.; FLORES, M.J. & MONTES,J.J. Constituyentes tóxicos del salvado de arroz. I. Actividad del inhibidor de tripsina del salvado crudo y tratado termicamente. Revista de Agroquímica y tecnologia de alimentos, Valência, 18(1):80-88, 1978.

9. _____ & _____. Rice bran:chemistry and tecnology. In: LUH, B.S. ed. Rice:production and utilization. Westport , AVI, 1980. p.790-862.

10. BEESON, W.M.; LEHRER, W.D. & WOODS, E. Peas, supplemented with wheat germ or corn germ as a source of protein for growth. Journal of Nutrition, Betesda, 34(5):587-93, 1947.

11. BENEDITO DE BARBER, C. & BARBER, S. Constituyentes tóxicos del salvado de arroz. II. Actividad hemaglutinante del salvado crudo y tratado térmicamente. Revista de Agroquimica y Tecnologia de Alimentos, Valência, 18(1):89-94, 1978.

12. BHUMIRATANA, A. LEC activities in Thailand. In: WILSON, D.E. & TRIBELHORN, R.E. eds. Low-cost extrusion cookers, 2nd Int. Workshop Proc. Colorado State University. Fort collins, Colorado State University, 1979. p.225. (LEC Report, 7).

13. BLOCK, R.J. & MITCHELL, H.H. The correlation of the amino acid composition of proteins with their nutritive value. Nutrition Abstracts and Review, Aberdeen, 16:249-75, 1946-47.

14. BOOKWALTER, G.N.; KWOLEK, W.F.; BLACK, L.T. & GRIFFIN JR., E. L. Corn meal/soy flour blends: characteristics and food aplications. Journal of Food Science, Chicago, 36(7):1026--31, Nov./Dec. 1963.

15. BRESSANI, R. & MARENCO, E. The enrichment of lime-treated corn flour with proteins, lysine and trytophan and vitamins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, 11 (6):517-22, 1963.

16. _____ & MERTZ, E.T. Studies on corn proteins. IV. Protein and amino acid content of different corn varieties. Cereal Chemistry, St. Paul, 35(3):227-35, 1958.

17. _____ & ELIAS, L.G. Processed vegetable protein mixtures for human consumption in developing countries. In: CHICHESTER, C.O. et alii. eds. Advances of Food Research. New York, Academic Press, 1968. V.16. p.1-103.

18. BRESSANI, R.; MURILLO, B. & ELIAS, L.G. Whole soybeans as a means of increasing protein and calories in maize-bases diets. Journal of Food Science, Chicago, 39(3):577-80, May/June 1974.

19. _____. Protein supplementation and complementation. In:BODWELL, C.E. ed. Evaluation of proteins for humans. Westport, AVI, 1977. p.204-32.

20. _____. Human assays and applications. In: BODWELL, C.E. ed. Evaluation of proteins for humans. Westport, AVI,1977. p.81-118.

21. CARLSON, C.W.; SAXENA, L.S.; JENSEN, L.S. & McGINNIS, J. Rachitogenic activity of soybeans fractions. Journal of Nutrition, Bethesda, 82(4):507-11, 1964.

22. CHAMPAGNE, E.T.; RAO, R.M.; LIUZZO, J.A.; ROBINSON, J.W.; GALE, R.J. & MILLER, F. The interactions of minerals,protein and phytic acid in rice bran. Ceral Chemistry, St. Paul, 62(4): 231-38, 1985.

23. CHEN, L. & HOUSTON, D.F. Solubilization and recovery of protein from defatted rice bran. Cereal Chemistry, St. Paul,47 (1):72-9, 1970.

24. COONEY, C.L.; RHA, C. & TANNENBAUM, S.R. Single-cell protein: engineering, economics and utilization in foods. In: CHICHESTER, C.O. et alii. eds. Advances of Food Research, New York, Academic Press, 1980. V.26. p.1-52.

25. DEL VALLE, F.R.; VILLANUEVA, H.; REYES-GOBEA, J.; ESCOBEDO, M.; BOURGES, H.; PONCE, J. & MUNOZ, M.J. Development, evaluation and industrial production of a powdered soy-oats infant formula using low-cost extruder. Journal of Food Science, Chicago, 46(1):192-7, Jan./Feb. 1981.

26. DUTRA DE OLIVEIRA, J.E. & SOUZA, N. Metabolic studies with a corn and soja mixture for infant feeding. Archivos Latinoamericanos de Nutricion, Guatemala, 17(3):198-206, 1967.

27. EDELSTEIN, S. Cause of the increased requirement for vitamin B-12 in rat subsisting on unheated soybean flour. Journal of Nutrition, Bethesda, 100(12):1377-82, 1970.

28. EL-DASH, A.A. Aplication and control of thermo plastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: POMERANZ, Y. & MUNCH, L. eds. Cereals a renewable source:theory and practice. Minnesota, American Association of Cereal Chemistry, 1982. p.728.

29. ELIAS, L.G.; JARQUIM, R.; BRESSANI, R. & ALBERTAZZI, C. Suplementacion del arroz con concentrados proteinicos. Archivos Latinoamericanos de Nutricion, Guatemala, 18(3):27-38, 1968.

30. ENOCHIAN, R.V.; SAUNDERS, R.M.; SCHULTZ, W.G.; BEAGLE, E.C. & CROWLY, P.R. Stabilization of rice bran with extrusion cookers and recovery of edible oil: A preliminary analysis of operational and financial feasibility. Berkeley, ARS, USDA, Western Regional Research Center, 1980. 18p. (Marketing Research Report, 1120).

31. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS/WORLD HEALTH ORGANIZATION. Energy and protein requirements. Geneva. 1973. 76p. (WHO Technological Reporter Series, 522).

32. _____. FAO production year book. Roma, 1985. V.38, p.326.

33. FOMON, S.J. Proteína. In: ____ ed. Nutricion Infantil. 2.ed. México, Nueva Editorial Interamericano, 1976. p.112-43.

34. FRAMPTON, V.L. Effects of processing on the nutritive quality of oil seed meals. In: HARRIS, R.S. & KARMAS, E. eds. Nutritional evaluation of food processing. 2.ed. Westport, AVI, 1977. p.187-204.

35. GRAHAM, G.G. & BAERTL, J.M. Nutritional effectiveness of soy cereal foods in undernourished infants. Journal of American Oil Chemists Society, Champaign, 51(1):152A-5A, 1974.

36. GUERRA, R.; RODRIGUEZ, A. & BAZUA, C.D. Extrusion of high-lysine corn and applications in mexican foods. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 26(2):618-23, 1983.

37. HAM, W.; STANDSTEDT, F.E. & MUSEHL, E.F. The proteolytic inhibiting substance in the extract from unheated soybean meal and its effect upon the growth of the chick. Journal of Biological Chemistry, Baltimore, 161(1):635-42, 1945.

38. HARPER, J.M. Extrusion processing of foods. Food Technology, Chivago, 32(7):67-72, July, 1978.

39. HARPER, J.M. Food extrusion. In: ____. Critical reviews in Food Science and Nutrition, Boca Ratón, 1979. p.155-215.

40. HEGSTED, D.M. & CHANG, Y. Protein utilization in growing rats at different levels of intake. Journal of Nutrition, Bethesda, 87(1):19-25, Jan. 1965.

41. _____; NEFF, R. & WORCESTER, J. Determination of the relative nutritive value of proteins. Factors affecting precision and validity. Journal of Agriculture and Food Chemistry, Washington, 16(2):190-5, 1968.

42. _____. Nutritional research on the value of amino acids fortification. Experimental studies in animals. In: SCRIMSCHAW, N.S. & ALTSCHUL, A.M. eds. Amino acid fortification of protein foods. Cambridge, MIT Press, 1971. p.157-78.

43. _____. Protein quality and its determination. In: WHITAKER, J.R. & TANNENBAUM, S.R. eds. Food Proteins. Westport, AVI, 1977. p.347-62.

44. HORWITZ, W. ed. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 12.ed. Washington, A.O.A.C., 1975. 1094p.

45. HOUSTON, D.F. & MOHAMMAD ALI. Air Classification and sieving of rice bran and polish. The Rice Journal, McLean, 69(8) : 20-1, 1966.

46. HSU, W. & LUH, B.S. Rice hulls. In: LUH, B.S. ed. Rice:production and utilization. Westport, AVI, 1980. p.736-63.

47. INGLETT, G.E. Effects of refining operations on cereals. In: HARRIS, R.S. & KARMAS, E. eds. Nutritional evaluation of food processing. Westport AVI, 1977. p.139-58.

48. ISLABAO, N. Levantamento da composição química e energética de alimentos disponíveis. In: SAGRA. ed. Manual de cálculo de rações para os animais domésticos. Porto Alegre, SAGRA. 1984. p.15-35.

49. JANSEN, G.R. Amino acid fortification. In: BODWELL, C.E. ed. Evaluation of proteins for humans. Westport, AVI, 1977. p. 177-203.

50._____; HARPER, J.M. & ODEEN, L. Nutritional evaluation of blended foods made with a low-cost extruder cooder. Journal of Food Science, Chicago, 43(3):912-15, 925, 1978.

51. JOSEPH, K.; NARAYANARAO, M.; SWAMINATHAN, M.; SANKARAN, A. N.; JAYARAJ, A.P. & SUBRAHMANYAN, V. The supplementary value of certain processed protein foods based on blends of groundnut, soya-bean, sesame, chick-pea (Cicer arietinum) flour and skim milk powder to a maize-tapioca diet. British Journal of Nutrition, London, 16(1):49-57, 1962.

52. LATINO, S.M. Adequacion del NDpCal% en las dietas de la familia y del preescolar de la ciudad de Tecpan, Chimaltenango y planificacion de su dieta mínima. Guatemala, INCAP/CESNA/ Universidad de San Carlos de Guatemala, 1982. 92p. (Tesis Licenciado Nutricionista).

53. LIENER, I.E. & PALLANSCH, M.J. Purification of a toxic substance from defatted soybean flour. Journal of Biological Chemistry, Baltimore, 197(1):29-36, July 1952.

54. _____. Nutritional value of food protein products. In: SMITH, A. & CIRCLE, S.J. eds. Soybean: chemistry and tecnology. Westport, AVI, 1972. v.1. p.203-77.

55. _____. Protease inhibitors and hemagglutinins of legumes. In: BODWELL, C.E. ed. Evaluation of protein for humans. Westport, AVI, 1977. p.284-303.

56. LU, J.J. & CHANG, T. Rice in its temporal and spatial perspectives. In: LUH, B.S. ed. Rice:production and utilization, Westport, AVI, 1980. p.1-74.

57. LYNN, L. Edible rice bran foods. In: MILNER, M. ed. Protein-enriched cereal foods for world needs. The American Association of Cereal Chemists, St. Paul, 1969. p.154-72.

58. MEHTA, P.K. & PITT, N. Energy and industrial materials from crop residues. Resource Recovery and Conservation, Amsterdam, 2:23-38, 1976.

59. MOLINA, M.R.; BRAHAM, J.E. & BRESSANI, R. Some characteristics of whole corn:whole soybeans (70:30) and rice:whole soybeans (70:30) mixtures processed by simple extrusion cooking. Journal of Food Science, Chicago, 48(2):434-7, 1983.

60. MOREYRA, R. & PELEG, M. Propriedades físicas relacionadas con el flujo de alimentos en polvos. Revista de Agroquímica y Tecnologia de Alimentos, Valencia, 21(3):322-30, 1981.

61. MUELENAERE de, H.J.H. & BUZZARD, J.L. Cooker extruders in service of world feeding. Food Technology, Chicago, 23(3):345-51, 1969.

62. MUNCK, L. New cereal varieties with high protein quality. In: BENDER, A.E.; LOFQVIST, B.; KIHLBERG, R. & MUNCK, L. eds. Evaluation of novel protein products. Braunschweig, Pergamon Press, 1970. p.85-6.

63. MUSTAKAS, G.C. & GRIFFIN, E.L. Production and nutritional avaluation of extrusion-cooked full-fat soybean flour. The Journal of the American Oil Chemists Society, Champaing, 41(9):607-14, 1964.

64. MUSTAKAS, G.C. Full-fat and defatted sou flours for human nutrition. Journal of the American Oil Chemists Society, Champaign, 48(12):815-9, 1971.

65. NARASINGA RAO, B.S.; VISWEARA, K. & NADAMUNINIDU, A. Relative dietary calorie-protein adequacy of preschool children in India. Nutrition Reviews, Washington, 28(3):67-8, 1969.

66. OZALP, J.; YOUNG, V.R.; NAGCHAUDHURI, J.; TONTISIRIN, K. & SCRIMSHAW, N.S. Plasma amino acid response in young men given diets devoid of single essential aminoacids. Journal of Nutrition, Bethesda, 102(9):1147-8, Sept., 1972.

67. PECORA, L.J. & HUNDLEY. Nutritional improvement of white polished rice by the addition of lysine and threonine. Journal of Nutrition, Bethesda, 44(1):101-12, 1951.

68. PELLET, P.L. Protein quality evaluation revisited. Food Technology, Chicago, 32(5):60-79, May 1978.

69. PERI, C.; BARBIERI, R. & CASIRAGHI, F.M. Physical, chemical and nutritional quality of extruded corn germ flour and milk protein blends. Journal of Food Technology, Oxford, 18(1):43-52, 1983.

70. PORTELA, F.B. Bases bioquímicas para o melhoramento de variedades de soja Glycine max (L.) Merrill. Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 1977. 114p. (Tese Doutorado).

71. RACKIS, J.J. Soybean trypsin inhibitors:their inactivation during meal processing. Food Technology, Chicago, 20(11):1482-4, Nov. 1966.

72. ROSENBERG, H.R.; CULIK, R. & ECKERT, R.E. Lysine and threonine supplementation of rice. Journal of Nutrition, Bethesda, 69(3):217-28, 1959.

73. SAID, A.K. & HEGSTED, D.M. Evaluation of dietary protein quality in adult rats. Journal of Nutrition, Bethesda, 99(4):474-80, Dec. 1970.

74. _____ & _____. Response of adult rats to low dietary levels of essential amino acids. Journal of Nutrition, Bethesda, 100(12):1363-76, Dec. 1970.

75. _____; _____ & HAYES, K.C. Response of adult rats to deficiencies of different essential amino acids. British Journal of Nutrition, London, 31(5):47-57, Jan. 1974.

76. SAMONDS, K.W. & HEGSTED, D.M. Animal bioassays:a critical evaluation with specific reference to assessing nutritive value for the human. In: BODWELL, C.E. ed. Evaluation of protein for humans. Westport, AVI, 1977. p.68-80.

77. SAYRE, R.N.; SAUNDERS, R.M.; ENOCHIAN, R.V.; SCHULTZ, W.G. & BEAGLE, E.C. Review of rice bran stabilization systems with emphasis on extrusion cooking. Cereal Foods Worlds, St.Paul, 27(7):317-22, 1982.

78. SCRIMSHAW, N.S.; BRESSANI, R.; BEHAR, M. & VITERI, F. Supplementation of cereal protein with amino acids. I. Effect of amino acid supplementation of corn masa at high levels of protein intake on the nitrogen retention of young children. Journal of Nutrition, Bethesda, 66(4):485-99, 1958.

79. _____ & YOUNG, V.R. Nutritional evaluation and utilization of protein resources. In: BODWELL, C.E. ed. Evaluation of proteins for humans. Westport, AVI, 1977. p.1-10.

80. SMITH, O.B. Why extrusion cooking? Cereal Foods Worlds, St. Paul, 21(1):4-8, 1976.

81. SPADARO, J.J.; MOTTERN, H.H. & GELLO, A.S. Extrusion of rice with cottonseed and peanuts flours. Cereal Science Today, St. Paul, 16(8):238-40, 61, 1971.

82. _____; MATTHEUS, J. & WADSWORTH, J.I. Milling. In: LUH, B.S. ed. Rice-production and utilization. Westport, AVI, 1980. p.360-61.

83. STEFFE, J.F.; SINGH, R.P. & MILLER, G.E. Harvest dryng and storage of rough rice. In: LUH, B.S. ed. Rice:production and utilization. Westport, AVI, 1980. p.311-59.

84. STILLING, B.R.; SIDWELL, V.D. & HAMMERLE, O.A. Nutritional quality of wheat flour and bread supplemented with either fish protein concentrate or lysine. Cereal Chemistry, St. Paul, 48(3):292-302, 1971.

85. SURE, B. Further studies on nutritional improvement of cereal flour and cereal grains with yeast. Journal of American Dietetic Association, Baltimore, 23:113-9, 1947.

86. TANNENBAUM, S.R. Single-cell protein. In: WHITAKER, J.R. & TANNENBAUM, S.R. eds. Food proteins. Westport, AVI, 1977. p.315-30.

87. TONTISIRIN, K.; YOUNG, V.R.; RAND, W.M. & SCRIMSHAW, N.S. Plasma threonine response curve and threonine requirements of young men and elderly women. Journal of Nutrition, Bethesda, 104(4):495-505, April, 1974.

88. THE UNITED NATIONS UNIVERSITY. Some rat and human bioassay procedures. In: PELLET, P.L. & YOUNG, V.R. eds. Nutritional evaluation of protein foods, Tokio, The United Nations University World Hunger Programme, 1980. p.103-17. (Food and Nutrition Bulletin Supplement, 4).

89. VALVERDE, V.; ARROYAVE, G. & FLORES, M. Revision del aporte calórico y proteínico de las dietas de poblaciones de bajo nivel socioeconómico en Centro América. Existe un problema de proteínas? Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Guatemala, 25(4):327-49, 1975.

90. VANDE, J.H. & GINKEL, L. Van. Rapid determination of crude fiber in cereals. Cereal Chemistry, St. Paul, 29(4):239-51, 1952.

91. VAUGHAN, D.A. Processing effects. In: BODWELL, C.E. ed. Evaluation of protein for humans. Westport, AVI, 1977. p.255--69.

92. WILLIANS, M. & BAER, S. The expansion and extraction of rice bran. Journal of the American Oil Chemists Society, Champaign, 42(2):151-5, 1965.

93. YOUNG, V.R.; TONTISIRIN, K.; OZALP, I.; LAKSHMANAN, F. & SCRIMSHAW, N.S. Plasma amino acid response curve and amino acid requirements: valine and lysine. Journal of Nutrition, Bethesda, 102(9):1159-69, Sept. 1972.

94. YOUNG, V.R. & SCRIMSHAW, N.S. Human protein and amino acid metabolism and requirements in relation to protein quality. In: BODWELL, C.E. ed. Evaluation of protein for humans. Westport, AVI, 1977. p.11-54.