EFEITO DE TRATAMENTOS TÉRMICOS SOBRE O VALOR QUÍMICO E
BIOLOGICO DA FARINHA DE FEIJÃO CAUPI (Vigna unguiculata
L. Walp) IRRADIADA E NÃO IRRADIADA E SUA
COMPLEMENTAÇÃO COM PROTEÍNA DE CEREAIS

ANDRÉA CRISTINA DARIO
(ECONOMISTA DOMÉSTICA)

Orientadora: Prof.^ª Dr.^ª Jocelim Mastrodi Salgado

Dissertação apresentada à Es-
cola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", da Univer-
sidade de São Paulo, para ob-
tenção do título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentra-
ção: Ciência e Tecnologia de
Alimentos.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro - 1991

Dario, Andréa Cristina

D218e Efeito de tratamentos térmicos sobre o valor químico e biológico da farinha de feijão caupi (Vigna unguiculata L. Walp) irradiada e não irradiada e sua complementação com proteína de cereais. Piracicaba, 1991.

97p.

Diss. (Mestre) - ESALQ

Bibliografia.

1. Caupi - Produto derivado 2. Farinha de caupi - Suplementação proteica 3. Farinha de caupi - Valor nutritivo - Efeito do tratamento térmico 4. Farinha de caupi irradiada - Valor nutritivo - Efeito do tratamento térmico 5. Proteína de cereal em farinha de caupi I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

CDD 664.805652

EFEITO DE TRATAMENTOS TÉRMICOS SOBRE O VALOR QUÍMICO E
BIOLÓGICO DA FARINHA DE FEIJÃO CAUPI (Vigna unguiculata
L. Walp) IRRADIADA E NÃO IRRADIADA E SUA
COMPLEMENTAÇÃO COM PROTEÍNA DE CEREAIS

ANDRÉA CRISTINA DARIO

Aprovada em: 13/11/91

Comissão julgadora:

Prof. Dr. João Nunes Nogueira

Prof.^a Dr.^a Jocellem Mastrodi Salgado

Prof. Dr. Luiz Eduardo Gutierrez

Prof.^a Dr.^a Jocellem Mastrodi Salgado
Orientadora

*Aos meus pais, Armando e
Maria, e ao meu futuro esposo
Paulo, que muito contribuíram
para a realização deste trabalho*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Professora Dr.^a Jocelen Mastrodi Salgado pela orientação científica, apoio, amizade e dedicação prestados no decorrer de todo o trabalho;

Ao CNPq pelo apoio financeiro, sem o qual seria impossível a realização deste trabalho;

À Professora Dr.^a Maria Cristina S. Nogueira do Departamento de Matemática e Estatística, da ESALQ/USP, pela assessoria na análise estatística dos dados;

Ao Dr. Gerson Pereira Rios, pesquisador do Centro de Arroz e Feijão - EMBRAPA, Goiânia, pelo fornecimento dos grãos de feijão caupi utilizados no presente trabalho;

Ao Dr. Júlio Marcos M. Walder do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), pela colaboração durante a irradiação das sementes;

Ao Professor Dr. Valdemiro C. Sgarbieri do Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição da Faculdade de Engenharia de Alimentos, da UNICAMP, pelo auxílio prestado;

Aos Técnicos de Laboratório Maria de Lourdes Perim Storer, da ESALQ/USP e Luís Anselmo Lopes, do CENA, pela valiosa colaboração no decorrer do trabalho experimental;

À Raquel Iracema da Silva, secretária do Setor de Nutrição Humana e Alimentos, da ESALQ/USP, pela amizade e serviços datilográficos prestados;

Às Bibliotecárias Beatriz Helena Giongo e Kátia Maria de Andrade Ferraz, pelo auxílio na organização das referências bibliográficas;

À todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xii
SUMMARY	xv
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	05
2.1. Generalidades do feijão caupi	05
2.2. Composição química e qualidade da proteína.	09
2.3. Fatores antinutricionais	14
2.4. Efeito de diferentes métodos de tratamento sobre o valor nutricional	18
2.5. Melhoramento da qualidade da proteína atra- vés de complementação	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1. Matéria prima	28
3.2. Obtenção das farinhas	29
3.2.1. Farinha de feijão caupi	29
3.2.2. Farinha de Arroz	30
3.2.3. Farinha de Sorgo	31
3.3. Complementação de Aminoácidos	31
3.4. Análises Químicas	33
3.5. Ensaios Biológicos	34
3.5.1. 1º Ensaio	34
3.5.2. 2º Ensaio	39
3.6. Preparo da sopa e avaliação sensorial	41
3.7. Análise Estatística	42

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1. Farinhas	46
4.2. Análises químicas	47
4.2.1. Análises bromatológicas	47
4.2.2. Determinação de fatores antinutri- cionais	55
4.3. Ensaios biológicos	58
4.3.1. 1º Ensaio biológico	58
4.3.2. 2º Ensaio biológico	64
4.4. Análise Sensorial	69
5. CONCLUSÕES.....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
APÊNDICE	90

LISTA DE FIGURAS

FIGURA N.º		Página
01	Peso Semanal dos animais (referente a cada tratamento) durante o 1.º ensaio biológico ao nível de 10% de proteína	62
02	Peso total dos animais (referente a cada tratamento em 28 dias) adquirido durante o 1.º ensaio biológico ao nível de 10% de proteína	63
03	Peso semanal dos animais (referente a cada tratamento) durante o 2.º ensaio biológico ao nível de 10% de proteína ...	67
04	Peso total dos animais (referente a cada tratamento em 28 dias) adquirido durante o 2.º ensaio biológico ao nível de 10% de proteína	68
05	Aceitabilidade da cor da sopa elaborada com mistura de farinha de feijão caupi (65%) e farinha de arroz (35%) por um painel de 10 provadores com 3 repetições	70
06	Aceitabilidade do aroma da sopa elaborada com mistura de farinha de feijão caupi (65%) e farinha de arroz (35%) por um painel de 10 provadores com 3 repetições	71

FIGURA N.º

Página

07	Aceitabilidade do sabor da sopa elaborada com mistura de farinha de feijão caupi (65%) e farinha de arroz (35%) por um painel de 10 provadores com 3 repetições	72
08	Aceitabilidade da consistência da sopa elaborada com mistura de farinha de feijão caupi (65%) e farinha de arroz (35%) por um painel de 10 provadores com 3 repetições	73

LISTA DE TABELAS

TABELA N°		Página
01	Composição química das farinhas de feijão caupi	48
02	Composição química dos alimentos utilizados para a complementação da farinha de feijão caupi: farinha de trigo, farinha de arroz, farinha de milho e farinha de sorgo	52
03	Composição química das dietas experimentais para o 1.º ensaio biológico ao nível de 10% de proteína	54
04	Composição química das dietas experimentais para o 2.º ensaio biológico ao nível de 10% de proteína	55
05	Resultados da digestibilidade (D), utilização proteica líquida (NPU), valor biológico (VB), razão de eficiência proteica (PER) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) para as dietas experimentais e controle do 1.º ensaio biológico	59

TABELA Nº

Página

06	Resultados da digestibilidade (D), utilização proteica líquida (NPU), valor biológico (VB), razão de eficiência proteica (PER) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) para as dietas experimentais e controle do 2.º ensaio biológico	65
07	Avaliação da cor, aroma, sabor e consistência da sopa elaborada com mistura de farinha de feijão (65%) e farinha de arroz (35%) por um painel de 10 provadores com 3 repetições	69

EFEITO DE TRATAMENTOS TÉRMICOS SOBRE O VALOR QUÍMICO E BIOLÓGICO DA FARINHA DE FEIJÃO CAUPI (*Vigna unguiculata* L. Walp) IRRADIADA E NÃO IRRADIADA E SUA COMPLEMENTAÇÃO COM PROTEÍNA DE CEREAIS

AUTORA: ANDRÉA CRISTINA DARIO

ORIENTADORA: Prof.^a Dr.^a JOCELEM MASTRODI SALGADO

Resumo

Foram estudadas as características químicas e nutricionais da farinha de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) não irradiado e irradiado a dose de 0,2 kGy submetido a vários tratamentos térmicos. Os tratamentos empregados incluíram: cocção sob baixa pressão, forno microondas por 15, 30, 45 minutos e autoclavagem por 15, 30, 45 minutos. A composição química para amostras cruas variou de 29,2 a 29,8% para proteína; 1,7 a 2,1% para gordura; 4,7 a 4,8% para fibra; 3,1 a 3,4% para cinzas e 52,5 a 53,8% para carboidratos. As amostras cozidas sob baixa pressão apresentaram valores que variaram de 27,6 a 28,1% para proteína; 1,9 a 2,4% para gordura; 4,8 a 5,1% para fibra; 2,5 a 2,8% para cinzas e 53,1 a 54,6% para carboidratos. Quanto às amostras submetidas ao forno microondas verificou-se uma variação de 28,1 a 30,4% para proteína; 1,0 a 2,4% para gordura; 4,8 a 5,5% para fibras; 2,2 a 3,1% para cinzas e 50,1 a 53,9% para carboidratos. E em relação às amostras autoclavadas, os resultados encontrados variaram de 24,6 a 28,0% para proteína; 1,0 a 2,2% para gordura; 4,8 a 5,9% para fibra; 3,1 a 3,8% para cinzas e 53,6 a 56,6% para carboidratos.

Quanto à presença de fatores antinutricionais (inibidor de tripsina, hemaglutinina e tanino) os resultados mostraram que o feijão caupi não contém atividade antitriptica e hemaglutinante, porém, em relação ao tanino foi encontrado um conteúdo de 0,006% considerado desprezível.

A qualidade da proteína foi avaliada em ensaios biológicos com farinhas de feijão caupi obtidas através dos tratamentos térmicos. O que se observou foi uma superioridade da caseína sobre os demais tratamentos, porém, quando comparados entre si, houve uma superioridade das farinhas submetidas ao forno microondas, cujos resultados para digestibilidade variaram de 80,45 a 84,00%, a utilização proteica líquida (NPU) variou de 40,66 a 55,16%, o valor biológico atingiu 49,36 a 66,81%, a razão de eficiência proteica (PER) ficou entre 1,97 e 2,23 e o coeficiente de eficiência alimentar (CEA) entre 0,20 a 0,22.

A qualidade da proteína foi melhorada através de complementações das melhores farinhas obtidas através do 1.º ensaio biológico (tratadas em forno microondas por 15 e 30 minutos, não irradiadas e irradiada a 0,2 kGy, respectivamente) com trigo, arroz, milho e sorgo. Os resultados do ensaio biológico com essas misturas mostraram que a caseína superou os demais tratamentos apenas quanto à digestibilidade, entretanto, nos demais parâmetros não houve diferenças significativas. Isto quer dizer que a complementação foi correta e superou o problema da deficiência em aminoácidos sulfurados do feijão caupi. Entre as misturas elaboradas, a de feijão irradiado, submetido ao forno microondas por 30 minutos (65%) + arroz (35%) mostrou melhores resultados para digestibilidade, 78,97%; utilização proteica líquida (NPU), 61,48%; valor biológico, 77,85%; razão de eficiência proteica (PER), 3,19 e coeficiente de eficiência alimentar (CEA), 0,32.

Dos resultados obtidos foram apresentadas as seguintes conclusões: a variedade de feijão caupi estudada não apresenta inibidor de tripsina e atividade hemaglutinante, porém, para tanino apresentou um teor desprezível de 0,006%; as farinhas de feijão caupi submetidas ao forno microondas, do ponto de vista nutricional são superiores às aquelas cozidas sob baixa pressão, autoclavadas ou mesmo cruas; a proteína das mesmas responde de forma positiva à complementação com proteína de cereais, principalmente com farinha de arroz que foi superior às demais misturas com trigo, milho e sorgo; a sopa elaborada com a mistura de 65% de farinha de feijão irradiada a 0,2 kGy e submetido ao forno microondas por 30 minutos + 35% de farinha de arroz teve uma aceitabilidade bastante satisfatória no que se refere a cor, aroma, sabor e consistência.

"EFFECT OF HEAT TREATMENTS ON THE CHEMICAL AND BIOLOGICAL VALUE FROM THE IRRADIATED AND NON IRRADIATED COWPEA BEAN (*Vigna unguiculata* L. Walp) FLOUR AND ITS COMPLEMENTATION WITH CEREALS PROTEIN".

AUTHOR: ANDRÉA CRISTINA DARIO

ADVISER: JOCELEM MASTRODI SALGADO

Summary

Chemical and nutritional characteristics of non irradiated and irradiated cowpea bean (*Vigna unguiculata* L. Walp) flour to a 0,2 kGy dose submitted to several heat treatments were studied. The treatments used included: cooking under low pressure, microwave oven for 15, 30 45 minutes and autoclavation for 15, 30, 45 minutes. The chemical composition for raw samples varied from 29.2 to 29.8% for protein; 1.7 to 2.1% for fat; 4.7 to 4.8% for fiber; 3.1 to 3.4% for ashes and 52.5 to 53.8% for carbohydrates. The samples cooked under low pressure presented values varying from 27.6 to 28.1% for protein; 1.9 to 2.4% for fat; 4.8 to 5.1% for fiber; 2.5 to 2.8% for ashes and 53.1 to 54.6% for carbohydrates. Concerning the samples submitted to the microwave oven, one observed a variation from 28.1 to 30.4% for protein; 1.0 to 2.4% for fat; 4.8 to 5.5% for fiber; 2.2 to 3.1% for ashes and 50.1 to 53.9% for carbohydrates. Finally, the autoclavated samples presented a variation from 24.6 to 28.0% for protein; 1.0 to 2.2% for fat; 4.8 to 5.9% for fiber; 3.1 to 3.8% for ashes and 53.6 to 56.6% for carbohydrates.

Considering the presence of antinutritional factors (trypsin inhibitor, hemagglutinin and tannin), the results showed that the cowpea bean does not present antitryptic and hemagglutynant activity; however, in regards to the tannin, a content of 0.006% was found and considered negligible.

The protein quality was evaluated in biological assays with cowpea bean flour obtained from heat treatments. The casein content was observed to be higher than the other treatments, whereas, when compared amongst themselves the flour prepared in the microwave oven showed better quality, and the results for digestibility varied from 80.45 to 84.00%, the net protein utilization (NPU) varied from 40.66 to 55.16%, the biological value ranged 49.36 to 66.81%, the protein efficiency ratio (PER) ranged 1.97 to 2.23 and the efficiency alimentary coefficient (CEA) between 0.20 and 0.22.

The protein quality was improved using the best complemented flours obtained from the first biological assay (treated in microwave oven for 15 and 30 minutes, non irradiated and irradiated at 0.2 kGy, respectively) with wheat, rice, maize and sorghum. The biological assay results with these mixtures showed that the casein was higher than the other treatments concerning the digestibility only, although, in the other parameters no significant difference was found. That means that the complementation was correct and the problem of sulfured aminoacids deficiency was overcome in cowpea bean. Comparing the elaborated mixtures, the irradiated beans (65%) treated in microwave oven for 30 minutes + rice (35%) showed the best results for digestibility, 78.97%; net protein utilization (NPU), 61.48%, biological value, 77.85%; protein efficiency ratio (PER), 3.19 and efficiency alimentary coefficient (CEA), 0.32.

From the results obtained, the following conclusions were presented: the cowpea bean variety studied did not show trypsin inhibitor and hemagglutynant activity, however, a negligible content was found for tannin (0.006%); the cowpea bean flours treated in microwave oven, from the nutritional point of view, was higher than the ones cooked under low pressure, autoclavated or raw; their protein presented a positive response to the complementation with cereals protein, mainly with rice flour which was higher than the other mixtures; the soup elaborated with the 65% mixture of flour bean irradiated at 0,2 kGy and submitted to the microwave oven for 30 minutes + 35% of rice flour showed satisfactory acceptance for color, aroma, flavor and consistency.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-de-corda ou também conhecido como caupi (do original inglês "cowpea" que quer dizer ervilha de vaca) é um alimento básico para a população presente nas regiões tropicais e subtropicais. Sua origem é controvertida. Acredita-se que é natural da África onde começou a ser cultivado ao redor do ano 3.000 a.C., nas regiões semi-áridas do oeste africano. Chegou ao Brasil no século XVII, provavelmente na Bahia, encontrando boas condições de clima e solo para a sua adaptação. Do Nordeste foi levado, a partir do século XVIII, para outros estados da região Norte.

O feijão caupi faz parte da família das Leguminosas e é uma planta extremamente rústica, sendo tolerante à altas temperaturas e à seca. Por isso mesmo que ele é cultivado, predominantemente, nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, regiões essas carentes de alimento, tanto em quantidade quanto em qualidade.

O caupi representa, hoje, 20% do total da produção brasileira de feijão. Dados recentes indicam que o Brasil contribui com 26% da produção mundial e 82% da

produção do continente americano. No Brasil, o caupi ocupa 60% das áreas cultivadas com feijão no Nordeste, a totalidade dos cultivos no Estado do Amazonas, e 80% das áreas do Pará, sendo que é cultivado em 26,8% da área total plantada com feijão (TEIXEIRA et alii, 1988).

O sistema de cultura utilizado é similar ao da África e Ásia, ou seja, solteiro, rotacionado com milho, sorgo, arroz, tomate, etc, ou consorciado com laranjas, limões, milho, mandioca e pimenta-do-reino. A planta do feijão caupi também se presta à adubação verde, porque suas vagens, ao contrário do feijão comum, são colhidas sem arrancar as plantas, que podem ser incorporadas ao solo logo após a colheita. Segundo ABC das Hortaliças (1990), a quantidade de massa verde produzida pelo feijão caupi é cerca de 2.100 kg/ mil m².

No Nordeste, o caupi é um dos alimentos que mais fornecem proteína para a dieta da população. O consumo anual "per capita", para a zona urbana é de 15,9 kg, sendo que na zona rural o consumo é maior, chegando a 21,8 kg (SALES & RODRIGUES, 1988). A ingestão ocorre tanto na forma de grãos secos como na forma de grãos verdes, tendo o feijão caupi grande importância na culinária regional, em pratos como o acarajé e o abará.

O caupi é uma excelente fonte de ferro, contendo ainda grandes quantidades de vitamina A (os maiores teores estão nas vagens verdes), B e C; fósforo,

potássio, cálcio, sódio, magnésio, proteínas e aminoácidos. Sendo uma leguminosa rica em proteínas e calorias, bem como outros nutrientes essenciais, é um passo muito importante o seu emprego em setores paupérrimos de muitos países subdesenvolvidos, e em especial nas regiões carentes do Brasil. Em termos nutricionais, além de apresentar uma certa superioridade em relação aos feijões comuns (boa adaptação aos vários tipos de solos e climas; alto teor de proteína e relativa ausência de fatores antinutricionais), o feijão caupi é rico em lisina, melhorando dietas desbalanceadas, favorecendo uma complementação entre os padrões de aminoácidos na mistura, principalmente com cereais.

Pelo exposto acima e tendo em vista a importância de se encontrar alimentos calóricos-proteicos para a alimentação humana, a fim de amenizar a situação de carência que sofre parte do povo brasileiro e principalmente as condições climáticas favoráveis do Norte e Nordeste brasileiro para a produção do feijão caupi, é que se propôs a desenvolver esta pesquisa, tendo por objetivos: utilizar diversos métodos de tratamentos térmicos para obtenção de farinha de feijão caupi (cocção sob baixa pressão, forno microondas e autoclavagem) em amostras irradiadas (0,2 kGy) ou não; verificar através de análises químicas e ensaios biológicos, o valor nutricional das farinhas; verificar a viabilidade do melhoramento da

qualidade do feijão caupí através da complementação do padrão de aminoácidos das duas melhores farinhas com proteína de cereais (milho, trigo, arroz e sorgo); aplicar a melhor complementação no preparo de uma sopa a ser avaliada sensorialmente por um painel de degustadores.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades do feijão caupi

As leguminosas, em particular os feijões, constituem atualmente importante fonte proteica na dieta de enorme parcela da população mundial, especialmente naqueles países em que o consumo de proteína animal é limitado por razões econômicas, por falta ou por imposição religiosa e cultural. Dentro desse contexto estão indianos, africanos e latino-americanos (ANTUNES & SGARBIERI, 1980).

Em muitos países e regiões as leguminosas são a segunda fonte de proteínas logo após os cereais. Seu aporte é 20% da ingestão total, sendo essa contribuição igual a dos cereais, embora sua qualidade proteica seja superior (ELIAS et alii, 1976).

Quanto ao interesse em aumentar a utilização das fontes de leguminosas, existem duas grandes possibilidades: a produção de concentrados e/ou isolados proteicos para serem utilizados em formulações alimentícias e utilização do grão, ou farinha na formulação de misturas .

vegetais proteicas ou na formulação de produtos processados convencionais (MOLINA et alii, 1977).

O feijão caupi tem sido cultivado desde tempos neolíticos, sendo uma das nossas plantas mais antigas (FERY, 1981). É também conhecido como feijão-de-corda, feijão-macassar, feijão-fradinho, feijão-verde, feijão-vigna ou feijão-de-vaca e é uma leguminosa que apresenta uma grande variedade na cor de seus grãos. Em relação à cor são conhecidos dez grupos: branco, branco com olho preto, branco com olho castanho, mulatinho, vermelho, preto, bicolor marmorizado, bicolor pontilhado, bicolor malhado e tricolor. A grande variação de nomes do feijão caupi surge justamente dessa rica diversidade de formas e cores que essa planta adquire (ABC das Hortaliças, 1990).

O caupi é uma leguminosa que tem atualmente maior capacidade de produção em regiões tropicais, onde o cultivo de *Phaseolus* não se desenvolve bem. Ele se desenvolve na faixa de temperatura compreendida entre 18 e 34°C. A medida que se afasta dessa faixa, o desenvolvimento da planta fica prejudicado (Ponte¹, citado por OLIVEIRA & CARVALHO, 1988). Já ARAÚJO et alii (1984)

¹PONTE, N.T. Aspectos do feijão caupi no Estado do Pará. In: Curso de Treinamento para pesquisadores de caupi, 1., Goiânia, 1979. Assuntos. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1979. p.i.

consideram que a temperatura do ar mais adequada para o desenvolvimento do caupi situa-se na faixa de 20 a 30°C. Abaixo de 20°C o desenvolvimento da planta é paralisado.

O feijão caupi é considerado uma espécie altamente resistente à seca, principalmente os cultivares ramadores, embora varie, de cultivar para cultivar, o número de dias que a planta tolera uma "falta" de água (Summerfield² et alii citado por OLIVEIRA & CARVALHO, 1988). O feijão caupi possui qualidades de sobrevivência em condições bastante adversas, sendo produzido tanto na região Norte, onde o clima é bastante úmido e coberto pela floresta, assim como no Nordeste e nos sertões com clima semi-árido (BEZERRA, 1988).

ANTUNES & SCARBIERI (1980), relatam que nos últimos anos o Brasil tem atravessado um período de acentuada escassez de feijão, o que obriga sua importação resultando em evasão de importantes divisas. Os esforços já carreados na busca de possíveis soluções ainda não foram suficientes para minimizar a crise crônica da falta do feijão, a qual, segundo os autores, pode ser apontada pela redução de sua disponibilidade desde a década de 1960, uma vez que a produção anual tem se mantido mais ou menos em

²SUMMERFIELD, R.J.; PATE, J.S.; ROBERTS, E.H.; WIEN, H.C. The physiology of cowpea. In: SINGH, S.R. & RACHIE, K.O., eds. Cowpea research, production and utilization. Chichester, John Wiley, 1985. p. 66-101.

torno de dois milhões de toneladas, enquanto que a população demográfica tem crescido acentuadamente. Mesmo assim, o Brasil continua sendo o maior produtor e consumidor mundial de feijão. Da produção mundial, cerca de 12 milhões de toneladas anuais cabem ao Brasil 22%; Índia 13%; México 9%; Estados Unidos 8% e Japão 2%.

O feijão caupi representa 10% do valor total da agricultura nordestina. Detém a segunda posição, depois da mandioca, em extensão de área de cultivo na região (TEIXEIRA et alii, 1988).

O caupi também é plantado de modo menos intenso em outras partes do Brasil. Neste caso é produzido como hortaliça, na obtenção dos grãos verdes e vagens, e de ramos e folhas para alimentação de animais. Além disso, o caupi é uma opção como fonte de matéria orgânica (adubo verde) na recuperação de solos pobres em fertilidade ou esgotados pelo uso intensivo (BEZERRA, 1988).

Em relação ao Nordeste brasileiro, SALES & RODRIGUES (1988), mostram que o feijão caupi goza as preferências da população, especialmente do Agreste e Sertão, onde é utilizado sob forma de feijão seco ou verde e representa a fonte de proteínas e calorias da dieta de consumo habitual dessas populações (LAGO et alii, 1971). O consumo anual "per capita" nesta região é de 15,9 kg para a região urbana e 21,8 kg para a região rural (SALES & RODRIGUES, 1988).

2.2. Composição Química e Qualidade da Proteína

A composição química do feijão caupi é similar a das outras leguminosas. Contém cerca de 24% de proteínas e 62% de carboidratos solúveis. A quantidade e a qualidade da proteína é influenciada pelo genótipo e fatores ambientais. A fração de carboidratos é relativamente rica em açúcares, muitos deles responsáveis pelo conhecido efeito de flatulência (BRESSANI, 1985).

A composição química de quarenta cultivares de caupi cru, determinada por MOURA et alii (1981), mostrou que esta leguminosa tem elevado valor nutritivo. Entre os cultivares avaliados foram observadas variações para a proteína de 20,41% a 26,18%, lipídios de 0,93% a 1,65%, açúcares totais de 2,37% a 5,35%, cálcio de 51,08 a 141 mg/100 g, ferro de 3,04 a 7,83 mg/100 g e fósforo de 788,9 a 1244,4 mg de P_2O_5 /100 g. Verificaram também que na fração lipídica cerca de 66% dos ácidos graxos são insaturados sendo 8% oleico, 34% linoleico, 24% linolênico.

OLOGHOBO & FETUGA (1982) analisando dez variedades de caupi em relação a sua composição, verificaram que as porcentagens médias foram: matéria seca, 92,90%; proteína bruta, 25,21%; extrato etéreo, 1,96%; fibra bruta, 3,21%; cinzas, 4,24%. Em relação à composição mineral, todas as variedades apresentaram resultados semelhantes, sendo o potássio o elemento mais abundante

(1979,00 mg/100g). O fósforo e magnésio foram também apreciavelmente altos (449,00 e 199,00 mg/100 g, respectivamente), enquanto que o cálcio foi o elemento mais pobre (85 mg/100 g).

LAGO et alii (1971) encontraram valores de proteína de 24,9%, umidade 5,78%, cinzas 3,10%, fibras 1,41% e extrato etéreo de 2,12%. Com relação à composição de aminoácidos, o primeiro limitante foi a metionina com 14 mg/ g N sendo o escore de 36,8%. No ensaio biológico, o ganho de peso foi de 2,04 g/dia e o PER de 2,34. Adicionando 0,4% de metionina o PER foi igual ao da caseína.

KHAN et alii (1979) estudando três cultivares de feijão caupi observaram que a proteína variava de 25,7 a 27,4%, a fibra de 4,8 a 6,9%, a gordura de 3,1 a 3,5% e a cinza variava de 3,0 a 3,3%. O nível de tanino variava de 0,46 a 0,76% e os minerais tiveram os seguintes valores médios: cálcio 140 mg/100 g, fósforo 530 mg/100 g, enxofre 37 mg/100 g e ferro 6,2 mg/100 g. Os carboidratos biodisponíveis variaram de 48,3 a 52,4%. O escore de aminoácidos foi de 61 a 63% sendo o primeiro limitante a metionina, o segundo a treonina e o terceiro a valina. A digestibilidade verdadeira foi de 87,0 a 92,0%. O valor biológico de 55 a 59% e o NPU de 50,0 a 51,0%.

Em um estudo recente, AHMED & NOUR (1990) investigaram várias sementes de leguminosas comuns no Sudão

em relação a qualidade da proteína. Entre essas leguminosas, duas variedades de feijão caupi (*Vigna unguiculata* e *Vigna sinensis*) foram também estudadas. O escore dos aminoácidos essenciais pode ser observado no Quadro 01.

Quadro 01 - Escore dos Aminoácidos Essenciais do Feijão Caupi.

Aminoácidos	CAUPI	CAUPI
	(<i>Vigna unguiculata</i>)	(<i>Vigna sinensis</i>)
Treonina	83	81
Cistina + Metionina	59	65
Valina	95	99
Isoleucina	97	95
Leucina	106	100
Tirosina + Fenilal.	109	120
Lisina	110	106
Triptofano	103	112

FONTE: AHMED & NOUR (1990)

As leguminosas em geral, incluindo o feijão caupi, embora ricas em proteínas, são deficientes em aminoácidos sulfurados (ANTUNES & SGARBIERI, 1980).

BRESSANI et alii (1961), estudando a composição em aminoácidos essenciais em variedades de caupi da Guatemala, verificaram que a metionina e cisteína foram

os mais limitantes, ficando em segundo e terceiro lugar a leucina e triptofano, respectivamente. Todas as amostras analisadas continham alto teor de lisina.

BRESSANI & ELIAS (1980), encontraram valores para metionina de 50 a 119 mg/g N, para cisteína de 48 a 106 mg/g N, para triptofano de 66 a 70 mg/g N, valina 250 a 325 mg/ g N e de treonina 178 a 300 mg/ g N. A relação entre sulfurados totais e a qualidade proteica demonstrou que no caso da porcentagem de proteína *versus* a porcentagem de metionina é negativa e estatisticamente significativa e a porcentagem total de aminoácidos sulfurados é também negativa e estatisticamente significativa. A digestibilidade "in vivo" em feijão caupi cru foi de 73,2 a 79,0% e para o grão cozido de 72,4 a 82,6%.

As proteínas do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e do caupi foram analisadas quanto à concentração dos aminoácidos essenciais por Lima³, citado por SALES & RODRIGUES (1988), que constatou que a proteína do caupi contém mais metionina (o primeiro aminoácido limitante) do que o feijão comum, nos grãos cozidos, no caldo e nos grãos mais caldo, evidenciando que o caupi seria mais nutritivo do que o feijão comum (Quadro 02).

³ LIMA, Z.B. de. Estudo bromatológico do feijão (*Phaseolus vulgaris* (L.) e (*Vigna sinensis* Endl.) nas condições em que são vulgarmente consumidos. Revista Farmácia Bioquímica, 10(1): 37-62, 1972.

Quadro 02 - Aminoácidos Essenciais dos Grãos de Caupi cozidos, do Caldo e dos Grãos + Caldo comparados com Feijão Comum.

Aminoácidos	Grãos Cozidos		Caldo		Grãos + Caldo	
	Caupi	F.Comum	Caupi	F.Comum	Caupi	F.Comum
g de aminoácido/100 g de proteína						
Isoleucina	2,62	2,78	1,68	0,92	2,54	2,59
Leucina	5,76	5,94	2,54	2,48	5,49	5,60
Lisina	5,21	5,18	2,63	2,09	5,00	4,87
Fenilal.	3,98	3,68	2,10	1,65	3,82	3,48
Tirosina	1,97	1,33	1,05	0,95	1,89	1,29
Metionina	0,91	0,24	0,33	0,22	0,86	0,26
Cistina	0,33	0,27	0,86	0,88	1,02	1,10
Treonina	2,94	2,94	1,79	2,64	3,16	2,91
Triptofano	5,64	7,55	-	-	5,17	6,72
Valina	2,10	2,84	2,02	1,76	2,10	2,73

FONTE: LIMA citado por SALES & RODRIGUES (1988)

2.3. Fatores Antinutricionais

Os fatores antinutricionais presentes no feijão caupi são lectinas, inibidores de tripsina, polifenóis ou taninos condensados (BRESSANI, 1985). A cocção destrói os fatores antifisiológicos, mas não os taninos, sendo que estes, como encontram-se na casca, podem ser removidos. Os compostos fenólicos tem relação direta com o NPU, diminuem a digestibilidade e aumentam a excreção fecal de nitrogênio, sendo então sua presença indesejável (BRESSANI & ELIAS, 1980).

Inibidor de tripsina e atividade hemaglutinante, conteúdo de ácido tânico e fítico foram determinados por OLOGHOBO & FETUGA (1984) em 10 variedades de caupi. As diferentes variedades foram submetidas a quatro processos: cocção, maceração, autoclavagem e germinação. Observou-se que a atividade do inibidor de tripsina e hemaglutinina foram completamente eliminados pela cocção e autoclavagem, enquanto que o ácido tânico e o ácido fítico foram somente parcialmente afetados. A cocção reduziu os conteúdos de ácido tânico de 31,0 a 47,3%. A maceração por 3 dias em água decresceu a atividade do inibidor de tripsina em média de 31,2%, a atividade hemaglutinante em 19,0%, ácido tânico em 13,4% e ácido fítico em 24,4%. Os conteúdos de ácido fítico de todas as variedades foram grandemente reduzidos pela germinação,

enquanto que em relação ao inibidor de tripsina e hemaglutinina, o percentual de perda atingiu 57,2 e 57,6% respectivamente.

COELHO (1986) estudou a influência de tratamentos térmicos (calor úmido com bicarbonato de sódio; torramento seco e microondas) na concentração de fatores tóxicos de duas cultivares de caupi - uma branca com olho preto (clara) e outra marrom (escura) e obteve os seguintes resultados: quanto à atividade antitriptica das farinhas cruas, o cultivar de cor clara apresentou maior concentração (43,8%) de atividade antitriptica do que o cultivar escuro. Entretanto, se essa alta concentração for comparada com resultados de estudos realizados com outras leguminosas, conclui-se que ela é baixa. Com relação aos tratamentos térmicos aplicados para a obtenção de farinhas, COELHO (1986) verificou também que a maceração em água e o branqueamento em solução de bicarbonato de sódio a 0,5% eliminaram totalmente a atividade antitriptica do caupi. O torramento dos grãos em forno convencional foi efetivo na eliminação da atividade antitriptica somente na cultivar escura, tendo efeito contrário na cultivar clara. Quanto ao tratamento com microondas, os resultados mostraram que houve uma eliminação de 50% da atividade antitriptica na cultivar escura e uma ligeira redução na cultivar clara. Porém, nenhum dos tratamentos térmicos aplicados na

obtenção de farinhas, provocou uma sensível diminuição da atividade hemaglutinante.

Os efeitos de tratamentos térmicos sobre o feijão caupi mostram que a cocção em baixa pressão consegue a inativação dos inibidores de tripsina, mas o ganho em peso vai diminuindo à medida que se aumenta o tempo de cocção. A técnica em deixar o grão de molho antes da cocção e o torramento do grão, diminuem a qualidade proteica. A extrusão do feijão caupi melhora a qualidade proteica, provavelmente, devido ao incremento da biodisponibilidade dos carboidratos e aumento da susceptibilidade das proteínas à ação enzimática (BRESSANI, 1985).

MANCINI & LAJOLO (1981) estudando 15 cultivares de *Phaseolus vulgaris* e o feijão caupi, *Vigna unguiculata*, em relação à atividade das fito-hemaglutininas, inibidores de tripsina e inibidor de amilase, verificaram que para as variedades de *Phaseolus*, houve presença variável dos fatores antinutricionais pesquisados, porém quando se estudou o feijão caupi, constatou-se total ausência de tais fatores.

Em outro trabalho LAJOLO & MANCINI (1988) analisando 15 variedades brasileiras de feijões, dentre eles o feijão caupi, classificaram experimentalmente as lectinas em quatro categorias, em função das respostas à aglutinação frente aos glóbulos vermelhos de bovinos e de

coelho, correlacionando-as ainda com a toxicidade. A classificação do feijão caupi segundo o título de aglutinação e toxicidade foi do tipo III, havendo ausência de lectina na cultivar analisada.

Em relação ao tanino que está presente principalmente na casca do feijão caupi, a quantidade mínima necessária para exercer efeitos negativos em humanos ainda não foi bem definida sabendo-se no entanto que no caso de alimentação de frangos ao nível de 0,1% não tem nenhum efeito (CHANG & FULLER, 1964) e ao nível de 5% ocasiona uma mortalidade de 70% (VOHRA et alii, 1966).

PRICE et alii (1980) analisando dez variedades de caupi e outros tipos de sementes verificaram que as concentrações de tanino em caupi variaram de 0 a 0,7%. Já LAURENA et alii (1984) determinaram pelo método de precipitação proteica, taninos condensados em oito cultivares de caupi, localizados na casca da semente e concentrados no caldo do cozimento. Eles foram positivamente correlacionados com a cor da casca da semente, a qual variou de branco a marrom claro, vermelho escuro e preto. O cozimento aumentou a digestibilidade "in vitro" de 6 - 8% significativamente.

2.4. Efeito de Diferentes Métodos de Tratamento Sobre o Valor Nutricional

Os diferentes métodos de tratamento e de conservação utilizados para a obtenção da farinha de feijão caupi podem também interferir no seu valor nutricional, principalmente na qualidade da proteína.

ELIAS et alii (1964) estudando o efeito do cozimento sobre o valor nutricional de oito cultivares de feijão caupi encontraram uma porcentagem de proteína de 24,1% a 25,4% no grão cru, sendo que para o grão cozido existia uma diminuição de 9,2% de nitrogênio. Para a fibra encontraram valores de 5,0 a 6,9%, sendo a diminuição no grão cozido de 17,4%. As vitaminas tiamina, riboflavina e niacina tiveram valores médios de 0,74, 0,42 e 2,81 mg respectivamente para o grão cru e de 0,28, 0,20 e 1,55 mg para o grão cozido. Assim, com a cocção se perdem 62% de tiamina, 52% de riboflavina e 54% de niacina. O conteúdo de aminoácidos apresentou pequenas diferenças entre o grão cru e o cozido. O PER variou de 1,42 a 2,30 dependendo da variedade e o ganho em peso foi de 26 a 53 g/dia.

O efeito de diferentes condições de tratamento sobre o valor nutricional de três espécies de leguminosas, uma delas o feijão caupi foi estudado por ELIAS et alii (1976). Os processos usados foram: cru; feijões inteiros e moídos, macerados em três litros de

água/kg de feijão por 18 horas e então cozidos em autoclave por 15, 30 e 45 minutos a 16 lb de pressão (121°C). As taxas de ganho de peso sobre a proteína consumida foram negativas para todos os tempos de cocção para amostras moídas. O coeficiente de digestibilidade foi de 53,9% e o valor de PER do feijão cozido inteiro a 15 minutos foi de 1,37, valor esse que decresceu quando o tempo de cozimento aumentou. O valor de digestibilidade proteica para o feijão caupi a 15 minutos de cocção foi de 77,5%. Os autores concluíram que a introdução de uma moagem antes da cocção na autoclave não é conveniente para a preparação de farinhas de feijão pré-cozido porque a qualidade da proteína é diminuída.

EDIJALA (1980) investigou os efeitos da maceração (6 horas), cozimento (52 minutos) e decorticagem sobre a tiamina, riboflavina e proteína de seis variedades de caupi. O efeito da maceração não foi significativo, mas o cozimento resultou em perdas consideráveis nas duas vitaminas pesquisadas, especialmente riboflavina, que foram detectadas no cozimento em água. A decorticagem resultou em altas perdas de vitaminas nas variedades marrons de caupi. As mudanças no conteúdo proteico resultante dos tratamentos, não foram significantes.

Quanto ao tratamento em forno microondas, trabalhos tem sido desenvolvidos no sentido de estudar o possível melhoramento no valor nutritivo de certos

alimentos. WING & ALEXANDER (1971), comparando o efeito do aquecimento de soja em microondas a uma frequência de 2450 megahertz com métodos de aquecimento convencionais (autoclave e calor seco), observou que a taxa de eficiência proteica (PER) foi maior em amostras submetidas ao microondas por 2,5 e 3,0 minutos (PER = 1,86), quando comparadas com aquelas não aquecidas ou aquecidas por métodos convencionais.

HAFEZ et alii (1985a) estudando o aquecimento de feijões soja em microondas, conduziram experimentos com ratos machos Sprague-Dawley para determinar a digestibilidade proteica. As porcentagens de digestibilidade foram, 73, 84, 87 e 81% quando os grãos foram aquecidos no microondas por 0, 9, 12 e 15 minutos, respectivamente.

O efeito do aquecimento em microondas e de tratamentos com irradiação gama sobre componentes fosfóricos de sementes de feijões soja foi estudado por HAFEZ et alii (1989). Verificou-se que fósforo inorgânico foi significativamente ($P < 0,05$) aumentado enquanto que fitato e fosfolipídios foram significativamente reduzidos quando as sementes foram aquecidas no microondas por 9 minutos ou mais. Além disso, tratamentos com irradiação gama de 20 kGy ou mais aumentaram significativamente fósforo inorgânico e diminuíram fitato e fosfolipídios dos grãos.

TSIEN & JOHNSON (1959) analisaram o efeito da radiação (2,8 krad e 9,3 krad) na composição de feijões e ervilhas. Os feijões irradiados ficaram um tanto descorados e tiveram um odor diferente quando comparados aos feijões crus. Nessa leguminosa, os aminoácidos arginina e lisina foram destruídos, sendo que a quantidade de destruição aumentou com o aumento das doses de radiação.

NENE et alii (1975a) mostram que as propriedades físico-químicas das proteínas são modificadas pelo tratamento da radiação. Esses autores explicam que a natureza química dos prejuízos em proteínas irradiadas são justificadas por rearranjos moleculares resultando em condensação ou polimerização, degradação, rompimento das ligações de hidrogênio, etc. Tais mudanças, melhoram frequentemente a qualidade física dos produtos finais. É citado por esses autores, um artigo não publicado em que a radiação (1 Mrad) em feijão mostrou uma redução no tempo de cozimento, melhoramento da textura e melhor retenção de vitaminas do complexo B sobre o cozimento. NENE et alii (1975a) observaram que com a radiação não houve nenhum aumento apreciável de metionina nos feijões, porém o aminoácido lisina e tirosina tiveram um aumento significativo quando foram aplicadas doses de 2-3 Mrad. O aumento observado em alguns aminoácidos pode ser devido a quebra de proteínas decorrente da radiação. Foi observado

também que a digestibilidade enzimática "in vitro" das proteínas do feijão foi aumentada com a radiação.

NENE et alii (1975b) estudando os efeitos da radiação (15 krad min^{-1}) sobre feijão, observaram que vitaminas como riboflavina, tiamina e niacina foram melhor retidas em amostras irradiadas e depois cozidas, quando comparadas com o controle. As amostras irradiadas e não cozidas foram as que mais reteram vitaminas.

Já URBAIN (1978) explica que pelo fato das proteínas serem grandes moléculas, elas geralmente proporcionam um grande número de locais para ação da irradiação. Embora a energia possa ser absorvida por um local, ela pode ser transferida para outro dentro da molécula, onde quebras de cadeias podem ocorrer, átomos ou grupos de átomos podem se dividir e formar radicais livres. As mudanças alteram as propriedades normais da proteína. Elas podem, por exemplo, tornar-se desnaturadas. Certas enzimas podem tornar-se ativas. As cromoproteínas podem mudar de cor. As propriedades funcionais podem ser alteradas, etc. Como nutrientes, as proteínas servem principalmente como fontes de aminoácidos. A radiação pode causar a sua destruição. Porém, a certas doses empregadas na irradiação de alimentos os valores de aminoácidos são virtualmente imutáveis e, como consequência, as proteínas não sofrem perdas nutricionais mensuráveis.

Os efeitos da radiação gama (1 - 10 kGy) sobre as propriedades funcionais de leguminosas foi estudado por RAO & VAKIL (1985). Os autores verificaram que a capacidade de absorção de água das amostras irradiadas aumentou e a irradiação a 2,5 - 10,0 kGy de todas as amostras causou uma redução significativa no tempo de cozimento comparados com os controles.

HAFEZ et alii (1985b) irradiando sementes de feijões soja aos níveis de dose de 0, 1, 5, 10, 20, 40, 60, 80 e 100 kGy, verificaram uma inibição de 71% das atividades da lipoxigenase, 25,4% da atividade de inibidor de tripsina e 16,7% da atividade de inibidor da quimotripsina quando as sementes foram irradiadas a 100 kGy.

2.5. Melhoramento da Qualidade da Proteína através de Complementação

Como o feijão caupi contém um baixo nível de aminoácidos sulfurados (ANTUNES & SGARBIERI, 1980), o mesmo não se presta para o preparo de dietas proteicas balanceadas. Entretanto, como é rico em lisina, pode ser um excelente complemento para os cereais, como trigo, milho, arroz e outras sementes deficientes nesse aminoácido essencial, porém ricas em sulfurados. Assim, uma maneira de utilizar a farinha de caupi seria o enriquecimento de

pães, sopas, etc, preparados à base de farinhas de cereais, proporcionando alimentos mais nutritivos às populações carentes.

Um estudo realizado no INCAP (Instituto de Nutricion de Centro de América e Panamá) incluindo farinha de feijão caupi em misturas vegetais, mostrou que a proporção ideal é de 40% de farinha de feijão caupi e 60% de farinha de algodão. Os resultados obtidos com a mistura preparada com a farinha crua mostraram diferenças em relação à eficiência proteica quando a mistura foi preparada com a farinha cozida por métodos caseiros. Comparando esta última com a farinha submetida a autoclavagem, observou-se que com autoclavagem aumenta-se o ganho de peso e a eficiência proteica (o PER vai de 2,00 para 2,14). Em relação a suplementação com aminoácidos, observou-se que com 0,3% de metionina o PER foi de 2,83, com 0,37% de lisina o PER foi de 2,52 e com 0,1% de triptofano o PER foi de 2,44, quando comparados com o PER de 2,21 da mistura sem suplementação (ELIAS et alii, 1969).

Estudando a provável complementação do milho com feijão caupi, OKE (1975), observou que sendo o escore do milho de 49% e o do caupi de 54%, a mistura de 75% de milho mais 25% de feijão caupi eleva o escore a 71%. No caso da suplementação do sorgo (escore 38%) e do feijão caupi, observou-se que com 70% de sorgo e 30% de feijão

caupi o escore se eleva a 62%. A mistura de 95% de arroz (escore 72%) e de 5% de caupi eleva o escore para 75%.

A análise de aminoácidos do feijão caupi autoclavado, sementes de girassol e de melancia desengordurada indicou que as proteínas do girassol e melancia tem potencial para complementar as proteínas de caupi, nutricionalmente. Experimentos com ratos demonstraram que as complementações resultaram nos seguintes PER: 75% caupi + 25% girassol, 2,27; 50:50% caupi + girassol, 2,44; 75% caupi + 25% semente de melancia, 2,20; 50:50% caupi + semente de melancia, 2,28, comparados com o PER da caseína de 2,50. Sem a suplementação os PER para caupi, girassol e semente de melancia foram de 1,71; 1,22 e 1,07, respectivamente. A digestibilidade foi alta, de 79 a 81% em todas as dietas (AKPAPUNAM & MARKAKIS, 1981).

MUSTAFÁ et alii (1980) utilizaram farinha de feijão caupi para substituir 10, 15 e 20% de farinha de trigo em pão. Os pães produzidos com 10% de farinha de caupi + 90% de farinha de trigo foram considerados aceitáveis, mas quando uma quantidade adicional de farinha de caupi foi acrescentada, a qualidade da massa e do pão acabado diminuiu. A substituição com farinha de caupi ao nível de 10% melhorou o volume específico e outras características do pão.

OKAKA & POTTER (1977) verificaram que a farinha de trigo com 20% de farinha de feijão caupi produziu pães aceitáveis. Uma diminuição progressiva no volume do pão ocorreu quando o nível de farinha de caupi foi maior de 10%, mas pode ser minimizado adicionando ou 1,0% de cálcio estearoil-2-lactilato; ou sódio estearoil-2-lactilato ou diacetil ácido tartárico ester monoglicerídio ou 1,0% de cálcio estearoil 1-2-lactilato mais 0,43% de polisorbato na fórmula do pão.

Os efeitos da germinação, decorticagem e cozimento sobre o valor nutritivo de farinhas de feijão caupi complementadas com arroz, foram estudados em 20 ratos adultos por OBIZOBA (1989). A combinação de farinha de caupi e arroz 70:30 proporcionou 1,6 g N/100 g de dieta para os 12 dias de estudo. A germinação e o cozimento foram os melhores métodos testados. Ambos processos aumentaram a retenção de nitrogênio quando executados juntos, do que a decorticagem ou germinação sozinhos.

Por tudo que já foi exposto e considerando-se a importância do feijão caupi na alimentação de muitos povos, em especial dos nordestinos, bem como suas qualidades nutricionais, bom rendimento, boa adaptação ao trópico e o seu relativamente baixo custo de produção, fica denotada a importância de se melhorar o seu valor nutricional, seja por melhoramentos genéticos, correção de aminoácidos deficientes, seja pela complementação com

outros alimentos e principalmente deve-se realizar esforços no sentido de aumentar seu consumo ao nível da população brasileira que apresenta sérias carências proteicas e alimentares.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Matéria prima

Os grãos de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) utilizados no presente trabalho foram do cultivar CNCx249-313F (cor bege claro), fornecidos pelo Centro de Arroz e Feijão da EMBRAPA - Goiânia.

Para efeito de melhoramento, enriquecimento e complementação na avaliação nutricional foram utilizados farinha de milho (da marca Mimoso); arroz tipo 1 (da marca Raitano) e farinha de trigo (da marca Dona Benta) adquiridos no comércio local e também sorgo (*Sorghum bicolor* variedade BR 009) obtido junto a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no Centro de Milho e Sorgo localizado em Sete Lagoas, Minas Gerais.

3.2. Obtenção das Farinhas

3.2.1. Farinha de Feijão Caupi

Foram separados dois lotes de feijão caupi. Um deles foi submetido à radiação com raios gama do isótopo ^{60}Co , por 10 minutos em dose de 0,2 kGy (dose comercial), no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA). O outro lote não foi irradiado. A estes dois lotes foram aplicados os seguintes tratamentos para obtenção das respectivas farinhas:

-CRU: os feijões foram postos a macerar por 18 horas na proporção de três partes de água para uma parte de feijão. A seguir os grãos foram colocados em estufa com circulação de ar a 55°C até peso constante (24 horas). Posteriormente esse material foi moído em moinho de facas, obtendo-se a farinha.

-COZÇÃO SOB BAIXA PRESSÃO: 200 g de feijão foi colocado para macerar em 623 ml de água fervida mais 0,5 g de bicarbonato de sódio, por uma hora. Depois disso, foi cozido em panela de pressão (da marca Rochedo, 5 litros) por 20 minutos (a contar da saída do vapor), seco em estufa a 55°C até peso constante (24 horas) e posteriormente moído em moinho de faca (método SALES 1980).

-MICROONDAS: o feijão caupi foi macerado por 18 horas na proporção de três partes de água para uma de

feijão. Depois disso, foram separadas três amostras que foram colocadas para cozinhar em forno microondas (da marca Brastemp) (potência alta) na proporção de 2:1 (p/v) de água para grão, pelos tempos de 15, 30 e 45 minutos. Posteriormente, todas as amostras foram postas para secar em estufa a 55°C até peso constante e moídas em moinho de facas para obtenção da farinha.

AUTOCLAVAGEM: os grãos de feijão foram macerados por 18 horas na proporção de três partes de água para uma parte de feijão. A seguir, foram também separadas três amostras que foram submetidas à autoclavagem por 15, 30 e 45 minutos a 15 lb de pressão, a 120°C. Em seguida, os grãos foram colocados em estufa a 55°C até peso constante, sendo posteriormente moídos em moinho de facas para obtenção da farinha.

Ao todo, portanto, foram obtidos dezesseis tipos de farinhas de feijão caupi, variando o tipo de tratamento térmico utilizado e a aplicação de radiação ou não. Todas as farinhas foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração até análise.

3.2.2. Farinha de Arroz

A farinha de arroz foi obtida colocando-se em uma panela de alumínio arroz e água destilada na proporção de 1:2 (peso/volume). A panela foi levada ao fogo alto por

20 minutos para o cozimento dos grãos de arroz. Após o cozimento, a panela permaneceu tampada por mais 20 minutos e, após este período, o arroz foi uniformemente espalhado em bandejas de alumínio e colocado em estufa com circulação de ar a 55°C até peso contante. Posteriormente, esse material foi moído em moinho de facas, peneirado, obtendo-se a farinha que foi acondicionada em saco plástico e mantida sob refrigeração até análise.

3.2.3. Farinha de Sorgo

A farinha de sorgo integral foi obtida de acordo com a metodologia sugerida por ZAPARRART (1987) procedendo-se da seguinte forma: 1 kg de sorgo foi colocado em maceração em 4 litros de água destilada fazendo-se 3 macerações consecutivas. Após esse período, a água foi removida e o precipitado levado para secar em estufa de circulação forçada a 55°C até peso constante. Posteriormente, o material foi acondicionado em sacos plásticos e mantido em refrigeração até análise.

3.3. Complementação de Aminoácidos

Visando o melhoramento do valor nutricional da farinha de feijão caupi, foi realizada a complementação do padrão de aminoácidos, com alimentos que apresentaram um

teor adequado em metionina e cistina, uma vez que o feijão caupi é deficiente nesses aminoácidos. Assim, complementou-se a proteína do feijão caupi com proteína da farinha de trigo, milho, arroz e sorgo, seguindo o padrão aminoácídico recomendado pela FAO (1984). Através de cálculo químico dos aminoácidos essenciais do feijão caupi, do trigo, milho, arroz e sorgo, concluiu-se que o melhor escore foi conseguido utilizando-se as seguintes misturas e proporções:

1.^a mistura [farinha de feijão caupi (65%)
 [farinha de trigo (35%)

2.^a mistura [farinha de feijão caupi (65%)
 [farinha de arroz (35%)

3.^a mistura [farinha de feijão caupi (70%)
 [farinha de milho (30%)

4.^a mistura [farinha de feijão caupi (75%)
 [farinha de sorgo (25%)

3.4. Análises Químicas

Foram feitas análises químicas nas dezesseis farinhas de feijão caupi, nas farinhas de trigo, arroz, sorgo e milho e nas dietas preparadas para o ensaios biológicos, de acordo com a metodologia indicada pela AOAC (1975) para umidade, extrato etéreo, proteína bruta ($N \times 6,25\%$), cinzas e fibra bruta. Os carboidratos foram obtidos por diferença.

A atividade de inibidor de tripsina foi determinada nas amostras cruas de feijão caupi de acordo com a metodologia de KAKADE et alii (1969), utilizando caseína como substrato.

A atividade hemaglutinante também foi estudada nas amostras cruas de feijão caupi. O método para obtenção do título de hemaglutinação foi obtido de JUNQUEIRA & SGARBIERI (1981) e LIMA & SILVA (1970), utilizando-se para tal, hemáceas bovinas tripsinizadas.

O teor de tanino das amostras cruas foi determinado pelo método de PRICE et alii (1978).

3.5. Ensaio Biológicos

3.5.1. 1.º Ensaio

Foi utilizado no presente trabalho *Rattus norvegicus* variedade *albinus*, linhagem Wistar obtido de cruzamentos sucessivos no biotério do Setor de Nutrição Humana e Alimentos da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo. Os animais tinham de 21-23 dias de idade com uma variação de peso não mais de 5%. Cada grupo composto de 6 animais constituiu-se em um bloco no total de 16 blocos, no qual cada rato recebeu um tratamento, havendo um grupo de animais alimentados com dieta aprotéica e outro com dieta de caseína para efeito de comparação, como se detalha a seguir:

-Tratamento I: farinha de feijão caupi cru.

-Tratamento II: farinha de feijão caupi irradiado a 0,2 kGy, cru.

-Tratamento III: farinha de feijão caupi cozido sob baixa pressão.

- Tratamento IV: farinha de feijão caupi irradiado a 0,2 kGy, cozido sob baixa pressão.
- Tratamento V: farinha de feijão caupi submetido ao forno microondas por 15 minutos.
- Tratamento VI: farinha de feijão caupi irradiado a 0,2 kGy, submetido ao forno microondas por 15 minutos.
- Tratamento VII: farinha de feijão caupi submetido ao forno microondas por 30 minutos.
- Tratamento VIII: farinha de feijão caupi irradiado a 0,2 kGy, submetido ao forno microondas por 30 minutos.
- Tratamento IX: farinha de feijão caupi submetido ao forno microondas por 45 minutos.
- Tratamento X: farinha de feijão caupi irradiado a 0,2 kGy, submetido ao forno microondas por 45 minutos.
- Tratamento XI: farinha de feijão caupi autoclavado por 15 minutos.

- Tratamento XII: farinha de feijão caupi irradiado a 0,2 kGy, autoclavado por 15 minutos.
- Tratamento XIII: farinha de feijão caupi autoclavado por 30 minutos.
- Tratamento XIV: farinha de feijão caupi irradiado a 0,2 kGy, autoclavado por 30 minutos.
- Tratamento XV: farinha de feijão caupi autoclavado por 45 minutos.
- Tratamento XVI: farinha de feijão caupi irradiado a 0,2 kGy, autoclavado por 45 minutos.
- Tratamento XVII: caseína
- Tratamento XVIII: apteica

Os animais ficaram em gaiolas individuais e receberam alimentos "ad libitum", sendo o peso e o consumo dos alimentos registrados três vezes por semana durante 28 dias de duração do experimento. As fezes totais excretadas pelos ratos foram coletadas todos os dias do experimento, secas em estufa a 105°C durante 72 horas, moída e pesadas.

Uma amostra de cada grupo foi retirada para analisar o teor de nitrogênio, a fim de se calcular a digestibilidade. No 28.º dia do experimento, após jejum de 12 horas, todos os animais foram sacrificados. As cavidades abdominal, torácica e craniana foram abertas e secas em estufa a 105°C, até peso constante (aproximadamente 72 horas). As carcaças foram moídas e o nitrogênio foi determinado para o cálculo de NPU (Net Protein Utilization).

O nitrogênio das fezes e das carcaças foi determinado pela técnica descrita pela AOAC (1975).

A formulação de todas as dietas foi feita de acordo com o estabelecido pela AOAC (1975), ou seja, ao nível de 10% de proteína, 8% de óleo de milho, 4% de mistura salina, 1% de mistura vitamínica e completada até 100% com amido de milho (maizena).

A fim de corrigir a proteína consumida e eliminada, incluiu-se uma dieta aprroteica, para cálculo da digestibilidade e NPU (Net Protein Utilization).

O ensaio biológico nos permitiu avaliar os seguintes parâmetros:

-Digestibilidade % (D%):

$$D\% = \frac{\left[\begin{array}{c} \text{proteína} \\ \text{consumida} \\ (24 \text{ h}) \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{proteína} \\ \text{excretada} \\ (24 \text{ h}) \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{proteína} \\ \text{excretada pelo grupo} \\ \text{aproteico} \\ (24 \text{ h}) \end{array} \right]}{\text{Proteína consumida (24 h)}}$$

-Utilização Proteica Líquida (NPU):

$$NPU = \frac{[Bf - (Bk + Ik)]}{If} * 100$$

onde:

Bf = nitrogênio da carcaça do grupo experimental

If = nitrogênio ingerido

Bk = nitrogênio da carcaça do grupo aprotéico

Ik = nitrogênio ingerido pelo grupo aprotéico

(MILLER & BENDER, 1955)

-Valor Biológico (VB):

$$VB = \frac{NPU}{D} * 100$$

-Razão de Eficiência Proteica (PER):

$$PER = \frac{\text{ganho de peso em gramas}}{\text{proteína ingerida em gramas}}$$

(OSBORNE et alii, 1919)

-Coeficiente de Eficiência Alimentar (CEA):

$$CEA = \frac{\text{ganho de peso (gramas)}}{\text{consumo de ração (gramas)}}$$

3.5.2. 2.º Ensaio

O segundo ensaio biológico foi realizado para testar as farinhas complementadas. Cada grupo composto de seis animais, recebeu um tratamento diferente, que consistiu das duas melhores farinhas de feijão caupi selecionadas através de análise estatística (dados obtidos do 1.º ensaio biológico) complementadas com trigo, arroz, milho e sorgo, detalhados a seguir:

- Tratamento I: 65% de farinha de feijão caupi submetida ao forno microondas por 15 minutos + 35% de farinha de trigo.
- Tratamento II: 65% de farinha de feijão caupi submetida ao forno microondas por 15 minutos + 35% de farinha de arroz.
- Tratamento III: 70% de farinha de feijão caupi submetida ao forno microondas por 15 minutos + 30% de farinha de milho.

- Tratamento IV: 75% de farinha de feijão caupi submetida ao forno microondas por 15 minutos + 25% de farinha de sorgo.
- Tratamento V: 65% de farinha de feijão caupi irradiado a 0,2 kGy e submetido ao forno microondas por 30 minutos + 35% de farinha de trigo.
- Tratamento VI: 65% de farinha de feijão caupi irradiado a 0,2 kGy e submetido ao forno microondas por 30 minutos + 35% de farinha de arroz.
- Tratamento VII: 70% de farinha de feijão caupi irradiado a 0,2 kGy e submetido ao forno microondas por 30 minutos + 30% de farinha de milho.
- Tratamento VIII: 75% de farinha de feijão caupi irradiado a 0,2 kGy e submetido ao forno microondas por 30 minutos + 25% de farinha de sorgo.
- Tratamento IX: caseína.
- Tratamento X: aprotéica.

Esse segundo ensaio foi realizado da mesma maneira que o primeiro, permitindo-nos também avaliar os mesmos parâmetros já citados no ensaio anterior.

3.6. Preparo da Sopa e Avaliação Sensorial

Através do segundo ensaio biológico, selecionou-se uma mistura (65% de farinha de feijão caupi irradiado a 0,2 kGy e submetido ao forno microondas por 30 minutos + 35% de farinha de arroz) que foi significativamente superior as demais em relação à digestibilidade, Valor biológico, PER ou Razão de Eficiência Proteica, Utilização Proteica Líquida e Coeficiente de Eficácia Alimentar.

A aceitação dessa mistura foi avaliada por meio de sopa. A sopa foi preparada dispersando-se a mistura em pó na água na proporção de 1:12 (peso/volume). A seguir, a sopa foi fervida durante 10 minutos com agitação. O sabor foi melhorado adicionando-se 1,25% de sal, 0,5% de cebola em pó e 0,1% de alho em pó.

As amostras foram servidas a temperatura de $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e um painel composto de 10 provadores de ambos os sexos avaliaram a sopa quanto a cor, aroma, sabor e consistência. O teste incluiu três repetições e a avaliação foi feita através de escala hedônica (não estruturada) contendo nove pontos (Formulário - Apêndice) (LARMOND, 1970).

3.7. Análise Estatística

Para análise dos dados obtidos do primeiro e segundo ensaio biológico aplicou-se a técnica de análise de variância, com utilização do teste F referente ao delineamento inteiramente casualizado adotado.

Para comparar as médias dos diferentes tratamentos empregados em ambos ensaios biológicos, aplicou-se o teste de Scheffé (PIMENTEL GOMES, 1982) para os seguintes contrastes:

Contrastes do 1.º Ensaio Biológico:

Contraste 1 = C vs demais

Contraste 2 = R1 vs R2

Contraste 3 = (R1T1+R1T2) vs (R1T3+R1T4+R1T5+R1T6+R1T7+R1T8)

Contraste 4 = R1T1 vs R1T2

Contraste 5 = (R1T3 + R1T4 +R1T5) vs (R1T6 + R1T7 + R1T8)

Contraste 6 = R1T3 vs (R1T4 + R1T5)

Contraste 7 = R1T4 vs (R1T3 + R1T5)

Contraste 8 = R1T5 vs (R1T3 + R1T4)

Contraste 9 = R1T6 vs (R1T7 + R1T8)

Contraste 10 = R1T7 vs (R1T6 + R1T8)

Contraste 11 = R1T8 vs (R1T6 + R1T7)

Contraste 12 = (R2T1+R2T2)vs(R2T3+R2T4+R2T5+R2T6+R2T7+R2T8)

Contraste 13 = R2T1 + R2T2

Contraste 14 = (R2T3 + R2T4 + R2T5) vs (R2T6 + R2T7 + R2T8)

Contraste 15 = R2T3 vs (R2T4 + R2T5)

Contraste 16 = R2T4 vs (R2T3 + R2T5)

Contraste 17 = R2T5 vs (R2T3 + R2T4)

Contraste 18 = R2T6 vs (R2T7 + R2T8)

Contraste 19 = R2T7 vs (R2T6 + R2T8)

Contraste 20 = R2T8 vs (R2T6 + R2T7)

onde:

R1 = feijão não submetido à radiação

R2 = feijão irradiado a 0,2 kGy

T1 = farinha de feijão caupi cru

T2 = farinha de feijão caupi cozido sob pressão

T3 = farinha de feijão caupi submetido ao forno
microondas por 15 minutos

T4 = farinha de feijão caupi submetido ao forno
microondas por 30 minutos

T5 = farinha de feijão caupi submetido ao forno
microondas por 45 minutos

T6 = farinha de feijão caupi autoclavado por 15 minutos

T7 = farinha de feijão caupi autoclavado por 30 minutos

T8 = farinha de feijão caupi autoclavado por 45 minutos

C = dieta de caseína

Contrastes do 2.º Ensaio Biológico:

Contraste 1 = C vs demais

Contraste 2 = R1 vs R2

Contraste 3 = R1T1 vs (R1T2 + R1T3 + R1T4)

Contraste 4 = R1T2 vs (R1T3 + R1T4)

Contraste 5 = R1T3 vs R1T4

Contraste 6 = R2T1 vs (R2T2 + R2T3 + R2T4)

Contraste 7 = R2T2 vs (R2T3 + R2T4)

Contraste 8 = R2T3 vs R2T4)

Contraste 9 = R1T1 vs R2T1

Contraste 10 = R1T2 vs R2T2

Contraste 11 = R1T3 vs R2T3

Contraste 12 = R1T4 vs R2T4

onde:

R1 = feijão não irradiado submetido ao forno microondas por 15 minutos

R2 = feijão irradiado a 0,2 kGy, submetido ao forno microondas por 30 minutos

T1 = Complementação do feijão caupi + trigo

T2 = Complementação do feijão caupi + arroz

T3 = Complementação do feijão caupi + milho

T4 = Complementação do feijão caupi + sorgo

C = dieta de caseína

Para verificar a aceitabilidade da sopa em relação a cor, aroma, sabor e consistência foi feita uma análise estatística descritiva.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Farinhas

O rendimento fornecido pelos tratamentos dos grãos para obtenção das farinhas de feijão caupi foi de 35%. As farinhas cruas apresentaram uma coloração clara, embora elas tenham sido feitas com feijão com casca. Já as farinhas cozidas sob baixa pressão e as submetidas ao forno microondas apresentaram uma tonalidade bege claro, ao contrário daquelas submetidas a autoclavagem que foram de cor bege escuro. Não houve diferença visual em relação a cor entre as farinhas não irradiadas e aquelas submetidas a dose de radiação de 0,2 kGy, diferindo dos resultados encontrados por TSIEN & JOHNSON (1959) que verificaram uma coloração (mais clara) e odor diferente em feijões irradiados em doses mais baixas de 2,8 Krad e 9,3 Krad.

A farinha de arroz obtida foi de cor clara, branco-amarelado, com odor característico, apresentando um rendimento de 95% em relação ao grão antes do cozimento.

A farinha de sorgo teve um rendimento de 95,5% em relação ao grão antes do processamento. Sua

coloração foi bege clara e o odor da farinha era característico de sorgo.

4.2. Análises Químicas

4.2.1. Análises Bromatológicas

Os resultados das análises bromatológicas das farinhas de feijão caupi são apresentados na Tabela 01.

Tabela 01 - Composição química das farinhas de feijão caupi

Farinhas	* Umidade (%)	** Proteína (%)	* Extrato etéreo (%)	* Cinzas (%)	* Fibra (%)	* Carbo- idratos (%)
Feijão caupi cru	7,0	29,2	2,1	3,1	4,8	53,8
Feijão caupi irradiado a 0,2 kGy, cru	7,9	29,8	1,7	3,4	4,7	52,5
Feijão caupi cozido sob baixa pressão	8,1	27,6	2,4	2,5	4,8	54,6
Feijão caupi irradiado a 0,2 kGy cozido sob baixa pressão	9,0	28,1	1,9	2,8	5,1	53,1
Feijão caupi submetido ao forno microondas por 15 minutos	9,8	28,1	2,4	2,2	4,8	52,7
Feijão caupi irradiado a 0,2 kGy submetido ao forno microondas por 15 min.	10,0	28,6	1,7	2,9	5,5	51,3
Feijão caupi submetido ao forno microondas por 30 minutos	8,2	29,1	1,6	3,1	5,2	52,8
Feijão caupi irradiado a 0,2 kGy e submetido ao forno microondas por 30 minutos	10,1	29,2	1,6	2,7	5,3	51,1
Feijão caupi submetido ao forno microondas por 45 minutos	8,9	28,7	1,0	2,6	4,9	53,9
Feijão caupi irradiado a 0,2 kGy e submetido ao forno microondas por 45 minutos	10,3	30,4	1,6	2,4	5,2	50,1
Feijão caupi autoclavado por 15 minutos	7,9	24,6	2,2	3,2	5,5	56,6

* média de 3 repetições

** [proteína determinada pelo método de Kjeldahl (N*6,25)
também média de 3 repetições

Continuação..

Farinhas	* Umidade (%)	** Proteína (%)	* Extrato etéreo (%)	* Cinzas (%)	* Fibra (%)	* Carbo- idratos (%)
Feijão caupi irradiado a 0,2kGy e autoclavado por 15 minutos	7,1	26,9	1,4	3,7	4,8	56,1
Feijão caupi autoclavado por 30 minutos	7,1	26,4	1,9	3,8	5,5	55,3
Feijão caupi irradiado a 0,2 kGy e autoclavado por 30 minutos	8,9	27,3	1,7	3,5	4,8	53,8
Feijão caupi autoclavado por 45 minutos	8,6	25,7	1,6	3,1	4,8	56,2
Feijão caupi irradiado a 0,2 kGy e autoclavado por 45 minutos	8,2	28,0	1,0	3,3	5,9	53,6

* média de 3 repetições

** [proteína determinada pelo método de Kjeldahl (N*6,25)
também média de 3 repetições

Analisando a tabela 3, observa-se que quando se compara os tratamentos térmicos aplicados às farinhas, no que diz respeito à radiação, verifica-se que todas as amostras que foram submetidas à dose de 0,2 kGy, tiveram seus teores de proteína sensivelmente elevados com respectiva diminuição no teor de carboidratos em relação àquelas que não foram irradiadas. Um exemplo disso pode ser observado quando a farinha de feijão caupi autoclavada por 45 minutos foi irradiada; o nível de proteína elevou-se de

25,7 para 28,0%, enquanto o carboidrato passou de 56,2 para 53,6%. NENE et alii (1975a) justificam também o aumento do teor de proteína como sendo decorrente da quebra de proteínas que ocorre durante a radiação. Isso aumentaria o nível de alguns aminoácidos, como lisina e tirosina.

Os dados encontrados para as farinhas de feijão caupi cru no presente trabalho, foram semelhantes aos encontrados por SOSULSKI et alii (1987) em termos de cinzas (3,8%) e fibras (4,3%), porém são inferiores quanto à proteína (26,8%) e gordura (1,4%). Quanto ao teor proteico do feijão caupi cru KHAN et alii (1979) encontraram uma variação da proteína de 25,7 a 27,4%. Essa diferença encontrada em relação à proteína provavelmente se deva a diferenças entre cultivares e tratos culturais.

Os resultados encontrados para as farinhas de feijão caupi cozida sob baixa pressão foram superiores aos encontrados por LAGO et alii (1971) no que se refere à umidade (5,78%), proteína (24,90%) e fibra (1,41%); quanto à gordura os resultados foram semelhantes (2,12%), porém em relação às cinzas (3,10%), nossos resultados foram inferiores. As diferenças encontradas são facilmente justificáveis devido os feijões terem sido cozidos por um tempo maior (2 horas) e descascados. Isso resultou em diminuição da proteína e fibras.

Em relação às farinhas de feijão caupi submetidas ao forno microondas, raros são os trabalhos

realizados com o objetivo de se verificar perdas nutricionais em leguminosas, mais especificamente em feijões, portanto, não foram encontrados trabalhos que pudessem ser comparados com nossos resultados. Quanto aos dados obtidos no presente trabalho, a umidade variou de 8,2 a 10,3%, a gordura apresentou uma variação de 1,0 a 2,4%, cinzas de 2,2 a 3,1%, fibras de 4,8 a 5,5%, carboidratos de 50,1 a 53,9% e a proteína variou de 28,1 a 30,4%. Essas variações ocorreram devido aos diferentes tempos de cozimento aos quais o feijão foi submetido no forno microondas.

Quanto às farinhas de feijão caupi autoclavadas observou-se uma variação para umidade de 7,1 a 8,9%; a proteína variou de 24,6 a 28,0%; gordura de 1,0 a 2,2%; cinzas 3,1 a 3,8%; fibra 4,8 a 5,9% e carboidratos de 53,6 a 56,6%. Os resultados obtidos por esse trabalho estão de acordo com os encontrados por ELIAS et alii (1976) e os baixos teores de proteína encontrados para feijões autoclavados em relação aos demais tratamentos é justificado por esses autores como sendo devido a um decréscimo na lisina disponível, causado por uma reação de escurecimento não-enzimático, favorecido pela alta temperatura desenvolvida na massa perto da parede do container da autoclave.

A Tabela 02 mostra a composição química dos alimentos utilizados no ensaio biológico para complementação do padrão de aminoácidos.

Tabela 02 - Composição química dos alimentos utilizados para complementação da farinha de feijão caupi: farinha de trigo, farinha de arroz, farinha de milho e farinha de sorgo

Alimento	Componente (%)					
	*Umidade (%)	**Proteína (%)	*Extrato etéreo (%)	*Cinzas (%)	*Fibra (%)	*Carboidratos (%)
Farinha de trigo	10,1	14,0	0,91	2,5	0,65	71,8
Farinha de arroz	9,8	9,4	0,79	1,0	2,00	77,0
Farinha de milho	7,0	9,5	0,77	2,5	0,11	80,1
Farinha de sorgo	10,4	12,7	2,50	1,2	1,30	71,9

* média de 3 repetições

** [proteína determinada pelo método de Kjeldahl (N*6,25)
também média de 3 repetições

Os dados encontrados para a farinha de trigo, utilizada para complementação, foram semelhantes aos encontrados por OKAKA & POTTER (1977) quanto à umidade (11,14%), proteína (13,25%) e carboidratos (71,95%), porém foram superiores em termos de gordura (2,31) e inferiores quanto à cinzas (1,35%).

Em relação à farinha de arroz todos os resultados encontrados no presente trabalho superaram os dados

encontrados por SILVA (1969), ou seja, proteína (7,6%), gordura (0,3%), cinzas (0,4%) e fibras (0,2%). Quanto ao teor proteico do arroz TEIXEIRA & AZZINI (1976) encontraram uma variação da proteína de 5,21 a 10,20%. Estas diferenças encontradas quanto à composição química provavelmente também se deva a diferenças entre cultivares e tratos culturais.

Quanto à farinha de milho os valores encontrados superaram os achados por AKINYELE & FASAYE (1988) principalmente no que se refere à proteína (7,4%). Outros trabalhos como os de AVANCINI et alii (1987), FIGUEIREDO et alii (1973/4) e SGARBIERI et alii (1982) apresentaram resultados semelhantes para a composição química da farinha de milho.

Os resultados encontrados para a farinha de sorgo são semelhantes aos encontrados por outros autores (VIRUPAKSHA & SASTRY, 1968; DEOSTHALE et alii, 1978). Trata-se de uma variedade com teor médio de proteína 11,5%, extrato etéreo 2,73%, fibras 1,34% e cinzas 1,20% (ZAPARRART, 1987). Esses resultados são muito próximos aos encontrados no presente trabalho.

As dietas experimentais empregadas nos ensaios biológicos também foram analisadas quanto à sua composição química. Na Tabela 03, verifica-se a composição química dos tratamentos empregados para o 1.º ensaio biológico. A composição química dos tratamentos do 2.º ensaio biológico é apresentada na Tabela 04.

Tabela 03 - Composição química das dietas experimentais para o 1.º ensaio biológico ao nível de 10% de proteína.

Dietas experimentais **	Umidade (%)	Proteína (%)	Extrato etéreo (%)	Cinzas (%)	Fibra (%)	Carboidratos* (%)
Tratamento I	10,0	10,0	8,1	4,9	2,0	65,0
Tratamento II	10,1	10,1	7,9	5,0	2,0	64,9
Tratamento III	10,1	9,9	8,2	4,3	2,2	65,3
Tratamento IV	10,2	9,9	8,0	5,0	2,4	64,5
Tratamento V	10,2	10,0	8,1	4,5	2,1	65,1
Tratamento VI	9,9	10,0	8,0	4,4	2,2	65,5
Tratamento VII	9,2	10,2	8,0	5,2	2,4	65,0
Tratamento VIII	10,0	10,1	7,9	5,0	2,2	64,8
Tratamento IX	9,7	10,1	7,9	4,6	2,3	65,4
Tratamento X	10,5	10,2	8,0	4,2	2,0	65,1
Tratamento XI	8,4	10,0	8,1	3,7	2,2	67,6
Tratamento XII	9,4	9,9	7,9	4,8	2,3	65,7
Tratamento XIII	8,0	10,2	8,0	4,4	2,3	67,1
Tratamento XIV	9,8	10,0	8,1	4,2	2,2	65,7
Tratamento XV	9,1	10,1	8,0	3,8	2,3	66,7
Tratamento XVI	9,9	10,1	8,0	3,9	2,1	66,0
Tratamento XVII	6,1	10,0	8,4	0,9	0,2	74,4
Tratamento XVIII	6,0	2,0	8,4	0,9	0,2	82,5

* Calculados por diferença

** Tratamentos descritos no item 3.5.1. da metodologia desse trabalho

Tabela 04 - Composição química das dietas experimentais para o 2º ensaio biológico ao nível de 10% de proteína.

Dietas experimentais **	Umidade (%)	Proteína (%)	Extrato etéreo (%)	Cinzas (%)	Fibra (%)	* Carbohidratos (%)
Tratamento I	6,8	10,1	8,1	3,3	2,0	69,7
Tratamento II	5,7	10,0	7,9	3,2	2,1	71,1
Tratamento III	7,5	9,9	8,0	3,9	2,6	68,1
Tratamento IV	5,8	10,2	8,1	4,1	2,9	68,9
Tratamento V	6,5	10,1	8,2	4,1	2,8	68,3
Tratamento VI	5,8	10,0	8,1	3,5	2,9	69,7
Tratamento VII	7,7	10,1	7,9	3,3	2,5	68,5
Tratamento VIII	7,1	10,1	8,0	3,2	2,7	68,9
Tratamento IX	7,0	10,1	8,1	1,0	0,2	73,6
Tratamento X	6,3	2,4	7,9	0,9	0,2	82,3

* Calculados por diferença

** Tratamentos descritos no item 3.5.2. da metodologia desse trabalho

4.2.2. Determinação de Fatores Antinutricionais

A metodologia desenvolvida para determinação de inibidor de tripsina em amostras de feijão caupi cru mostrou que esse feijão não contém tal fator antinutricional. LAJOLO & MANCINI (1988) encontraram também resultados semelhantes, quando analisando 15 variedades de

feijão *Phaseolus vulgaris* e o feijão caupi, *Vigna unguiculata*, verificaram que entre todas as espécies estudadas a única que não apresentava atividade antitriptica era a *Vigna unguiculata* (feijão caupi). Pelo fato das amostras cruas não apresentarem atividade antitriptica, não foi necessário analisar as demais amostras submetidas aos tratamentos térmicos, pois segundo autores como SOHONIE & BHANDARKER alii (1954) e JAFFÉ (1950) o inibidor de tripsina é destruído pelo calor e mais efetivamente dentro de 1 hora a 100°C.

Quanto à determinação da atividade hemaglutinante face às hemáceas bovinas tripsinizadas, os resultados mostraram que o feijão caupi cru também não contém tal fator antinutricional. Ao definir o título hemaglutinante como sendo a maior diluição capaz de promover aglutinação das hemáceas nas condições de ensaio, verificou-se que para todas as repetições o título foi 0,0. Estes resultados estão também de acordo com os relatados por LAJOLO & MANCINI (1988), embora outros trabalhos como os de OLOGHOBO & FETUGA (1984) e OGUN et alii (1989) relatam que o feijão caupi tem atividade hemaglutinante. As diferenças dos resultados desses trabalhos com os encontrados aqui pode ser devido as variações que ocorrem entre cultivares da mesma espécie. Nesse caso, também não foram analisadas as amostras submetidas aos diferentes tratamentos térmicos, pois assim como o inibidor de tripsina a hemaglutinina

também pode ser destruída pelo calor da autoclave, microondas e panela de pressão (DE MUELENAERE 1965).

O teor de tanino de amostras de feijão caupi cru foi de 0,006% medido como mEq de catequina. Este resultado é bastante inferior quando comparado com os trabalhos de outros autores. LAURENA et alii (1984) encontraram para a semente inteira de caupi uma variação no teor de tanino de 0,144 a 1,025%; BURNS (1971) encontrou um teor de 0,175% e para HAGERMAN & BUTLER (1978) a variação foi de 0,082 a 1,85%. De acordo com os níveis tóxicos encontrados para animais (CHANG & FULLER, 1964; VOHRA et alii, 1966; SINGLETON & KRATZER, 1969) o teor de tanino encontrado por este trabalho não apresentaria problemas para seu consumo. Por esse motivo e pelo fato de trabalhos mostrarem a redução do nível de tanino em sementes de caupi submetidas a tratamentos térmicos (LAURENA et alii, 1987), análise de tanino nas demais sementes não foram realizadas. Quanto as grandes diferenças encontradas por outros trabalhos em relação aos resultados aqui obtidos para amostras cruas, LAURENA et alii (1984) sugerem que elas podem ocorrer devido à interação de taninos com as proteínas da semente durante a análise dos taninos nas sementes inteiras, provocando decréscimo em suas reatividades, além do que a cor da casca está positivamente relacionada com os teores encontrados.

4.3. Ensaíos Biológicos

O primeiro e o segundo ensaio biológico com ratos albinos foram efetuados para avaliação nutricional das farinhas de feijão caupi submetidas aos diferentes tratamentos térmicos e das farinhas de feijão complementadas com trigo, arroz, milho e sorgo, respectivamente, além da dieta de caseína como padrão.

4.3.1. 1.º Ensaio Biológico

Através dos dados obtidos com o 1.º ensaio biológico, foi possível calcular os parâmetros mostrados na Tabela 05. Os resultados da análise estatística estão dispostos no apêndice.

Tabela 05 - Resultados da digestibilidade (D), utilização proteica líquida (NPU), valor biológico (VB), razão de eficiência proteica (PER) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) para as dietas experimentais e controle do 1.º ensaio biológico.

Dietas experimentais *	D(%)	NPU(%)	VB(%)	PER	CEA
Tratamento I	76,30	46,41	60,82	1,43	0,14
Tratamento II	78,14	41,97	53,08	1,32	0,13
Tratamento III	78,75	47,91	60,83	1,92	0,19
Tratamento IV	78,39	46,39	59,17	1,74	0,17
Tratamento V	80,45	50,40	62,64	2,23	0,22
Tratamento VI	82,14	54,88	66,81	2,05	0,20
Tratamento VII	82,41	45,81	55,58	2,18	0,22
Tratamento VIII	82,72	55,16	66,68	2,13	0,21
Tratamento IX	82,36	40,66	49,36	1,97	0,20
Tratamento X	84,00	51,47	61,27	2,02	0,20
Tratamento XI	76,52	45,23	59,10	2,17	0,21
Tratamento XII	81,80	42,11	51,47	2,08	0,20
Tratamento XIII	73,98	39,04	52,77	1,68	0,17
Tratamento XIV	77,63	46,47	59,86	1,51	0,15
Tratamento XV	72,43	33,68	46,50	1,60	0,16
Tratamento XVI	75,40	40,86	54,19	1,36	0,13
Tratamento XVII	92,90	85,10	91,60	3,10	0,31

* média de seis repetições

Destes parâmetros conclui-se que a digestibilidade das farinhas submetidas à radiação (75,40 a 84,00%) superaram, de um modo geral, as farinhas não irradiadas (72,43 a 82,41%), porém quando as farinhas foram comparadas com a caseína (92,90%) observou-se uma inferioridade altamente significativa para todas elas. Em relação aos tratamentos utilizados, concluiu-se que as dietas que apresentaram maior digestibilidade foram aquelas em que o feijão caupi foi submetido ao forno microondas por 15, 30 e 45 minutos (80,45%, 82,41% e 82,36% para as farinhas não irradiadas e 82,14%, 82,72% e 84,00% para as farinhas submetidas à radiação, respectivamente). Resultados semelhantes foram encontrados por HAFEZ et alii (1985b).

A utilização proteica líquida (NPU) da caseína foi de 85,10% superando todas as demais farinhas (que apresentaram uma variação de 33,68 a 55,16%), sugerindo que a proteína, embora em quantidade relativamente alta no feijão caupi, não é de qualidade tão superior, talvez pelo fato da existência de um valor biológico baixo devido a deficiência em aminoácidos sulfurados no padrão aminoacídico do caupi. Resultados semelhantes foram encontrados por KHAN et alii (1979) e ROMAN et alii (1987). Quando os tratamentos foram comparados entre si não houve diferenças significativas.

O valor biológico da caseína foi de 91,60%, enquanto que para as demais farinhas houve uma variação de 46,50 a 66,81%. Quando confrontou-se o resultado da caseína com os das demais farinhas, houve uma diferença altamente significativa mostrando que o valor encontrado para a dieta padrão de caseína supera todos os demais tratamentos, porém, entre os tratamentos empregados não houve diferenças significativas.

A razão de eficiência proteica (PER) da caseína foi de 3,10 superando de modo altamente significativo os demais tratamentos, cujos resultados variaram de 1,32 a 2,23. A diferença em relação ao padrão ocorre principalmente devido à deficiência do caupi em aminoácidos sulfurados, e esses resultados estão de acordo com os encontrados por LAGO et alii (1971); ELIAS et alii (1976) e SALES (1980). Quando comparou-se os tratamentos entre si, verificou-se mais uma vez a superioridade das dietas nas quais o feijão caupi foi submetido ao forno microondas e mais especificamente daquelas em que o feijão caupi permaneceu por 15 minutos no forno (2,23 quando o feijão não era irradiado) e 30 minutos (2,13 quando o feijão foi irradiado com dose de 0,2 kGy).

Em relação ao coeficiente de eficiência alimentar (CEA) o resultado encontrado para a caseína (0,31) foi mais uma vez superior aos encontrados para os demais tratamentos (0,13 a 0,22) e esses resultados foram coerentes

com os resultados encontrados para os PER, significando que o maior consumo de ração correspondeu aos melhores tratamentos. Ao se comparar os tratamentos entre si verificou-se que o maior coeficiente de eficiência alimentar foi para as farinhas cujos feijões foram submetidos ao forno microondas seguido dos autoclavados.

Os animais alimentados com a dieta padrão de caseína apresentaram um ganho total em peso de 95,10 g que superou os demais tratamentos, porém, nenhum tratamento foi inferior quando comparado com a dieta apteica (Figuras 01 e 02).

Figura 01 - Peso semanal dos animais (referente a cada tratamento) durante o 1.º ensaio biológico ao nível de 10% de proteína.

Figura 02 - Peso total dos animais (referente a cada tratamento em 28 dias) adquirido durante o 1.º ensaio biológico ao nível de 10% de proteína.

Quando os tratamentos foram comparados entre si, houve diferenças significativas para ganho de peso apenas em relação às farinhas irradiadas e submetidas ao forno microondas e aquelas que foram irradiadas e autoclavadas, sendo que as submetidas ao forno microondas superaram as autoclavadas em todos os tempos estudados.

A conclusão que se chegou através da análise estatística aplicada foi de que em todos os parâmetros, a caseína superou todos os demais tratamentos, como era de se esperar. Quando se comparou os diferentes tratamentos entre

si, houve uma superioridade das farinhas de feijão caupi submetidos ao forno microondas sobre as demais. As farinhas de feijão caupi não irradiadas, submetidos ao forno microondas por 15 minutos e as irradiadas submetidas ao microondas por 30 minutos foram superiores as demais farinhas no microondas, e por isso, foram escolhidas para serem complementadas com trigo, arroz, milho e sorgo.

4.3.2. 2.º Ensaio Biológico

Com os dados obtidos no 2.º ensaio biológico, calculou-se os parâmetros apresentados na Tabela 06. Os resultados da análise estatística estão dispostos no apêndice.

Tabela 06 - Resultados da digestibilidade (D), utilização proteica líquida (NPU), valor biológico (VB), razão de eficiência proteica (PER) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) para as dietas experimentais e controle do 2.º ensaio biológico.

Dietas experimentais *	D(%)	NPU(%)	VB(%)	PER	CEA
Tratamento I	78,54	58,46	74,43	2,77	0,28
Tratamento II	76,27	58,07	76,13	3,08	0,30
Tratamento III	78,49	56,61	72,12	2,75	0,27
Tratamento IV	77,22	44,64	57,80	2,32	0,23
Tratamento V	78,22	52,62	67,27	2,78	0,28
Tratamento VI	78,97	61,48	77,85	3,19	0,32
Tratamento VII	79,46	52,96	66,64	2,72	0,27
Tratamento VIII	79,53	60,96	76,65	2,63	0,26
Tratamento IX	92,36	69,06	74,75	2,72	0,27

* média de seis repetições

Analisando os resultados encontrados para digestibilidade no 2.º ensaio biológico, concluiu-se que o valor encontrado para a caseína (92,36%) foi maior do que os encontrados para os demais tratamentos (variação de 76,27 a 79,53%), resultados que concordam com o obtido por AKINYELE & FASAYE (1988), o qual encontrou uma variação para digestibilidade de 74,1 a 78,9% em misturas de caupi + milho e caupi + arroz (70:30). Quando se comparou os diferentes tratamentos entre si, não houve significância.

Em relação a utilização proteica líquida (NPU) observou-se nenhuma significância quando os diferentes tratamentos foram comparados entre si, indicando, portanto, que nenhum tratamento superou os demais, mesmo a caseína como padrão. Este fato também ocorreu em relação ao valor biológico (VB), indicando que para esta variável também não houve um tratamento que superasse os demais. Por não haver diferenças significativas entre a caseína e os tratamentos empregados, conclui-se que o valor biológico e a utilização proteica líquida de tais tratamentos foram semelhantes ao da caseína. Isto sugere que houve em todas as dietas uma complementação adequada, proporcionando uma proteína de alta qualidade, o que nos mostra que o problema da deficiência em aminoácidos sulfurados foi superado com as complementações.

A razão de eficiência proteica (PER) e o coeficiente de eficiência alimentar (CEA) da caseína (2,72 e 0,27 respectivamente) foram semelhantes aos encontrados para os demais tratamentos, porém as farinhas de feijão caupi não irradiado submetido ao forno microondas por 15 minutos e complementada com arroz (PER = 3,08 e CEA = 0,30) e a de feijão caupi irradiado submetido ao forno microondas por 30 minutos e complementada com arroz (PER = 3,19 e CEA = 0,32) superaram as farinhas de feijão complementadas com milho e sorgo.

Em relação ao ganho em peso observou-se nenhuma significância entre os tratamentos, indicando que

para esse parâmetro não houve um tratamento que superasse os demais, mesmo o da caseína que é a dieta padrão (Figuras 03 e 04).

Figura 03 - Peso semanal dos animais (referente a cada tratamento) durante o 2.º ensaio biológico ao nível de 10% de proteína.

Figura 04 - Peso total dos animais (referente a cada tratamento em 28 dias) adquirido durante o 2º ensaio biológico ao nível de 10% de proteína.

Analisando todos os dados estatísticos obtidos para os parâmetros estudados, chegou-se a conclusão de que a farinha de feijão caupi (65%) irradiada a 0,2 kGy e submetida ao forno microondas por 30 minutos, quando complementada com arroz (35%) foi o melhor tratamento estudado, sendo portanto, escolhida para a elaboração da sopa.

4.4. Análise Sensorial

Os resultados da avaliação sensorial da sopa estão apresentados na tabela 07.

Tabela 07 - Avaliação da cor, aroma, sabor e consistência da sopa elaborada com mistura de farinha de feijão (65%) e farinha de arroz (35%) por um painel de 10 provadores com 3 repetições.

Aceitação/Notas	Cor	Aroma	Sabor	Consistência
Gosto muitíssimo/nota 9	0	5	4	8
Gosto muito/nota 8	3	8	10	3
Gosto moderadamente /nota 7	17	12	10	8
Gosto um pouco/nota 6	3	3	4	7
Me é indiferente/nota 5	4	1	0	2
Me desagrada um pouco /nota 4	3	1	2	2
Me desagrada moderadamente/nota 3	0	0	0	0
Me desagrada muito /nota 2	0	0	0	0
Me desagrada muitíssimo/nota 1	0	0	0	0

No que diz respeito à cor da sopa, 56,66% dos dez provadores gostaram moderadamente e 13,33% acharam a cor indiferente. Cerca de 30% dos provadores quando solicitados

a dar opinião sobre a cor da sopa, 10% gostaram muito, 10% gostaram um pouco e outros 10% acharam a cor um pouco desagradável (Figura 05).

Figura 05 - Aceitabilidade da cor da sopa elaborada com mistura de farinha de feijão caupi (65%) e farinha de arroz (35%) por um painel de 10 provadores com 3 repetições.

Quanto ao aroma da sopa, 40% dos provadores gostaram moderadamente, 27,66% gostaram muito, 16,66% gostaram muitíssimo, enquanto que 10% gostaram um pouco e 3,33% ou acharam indiferente ou o aroma lhes desagradou um pouco (Figura 06).

Figura 06 - Aceitabilidade do aroma da sopa elaborada com mistura de farinha de feijão caupi (65%) e farinha de arroz (35%) por um painel de 10 provadores com 3 repetições.

Em relação ao sabor da sopa, 33,33% dos provadores gostaram muito e outros 33,33% gostaram moderadamente; 13,33% gostaram muitíssimo; e outros 13,33% gostaram um pouco. Para 6,66% dos provadores, o sabor da sopa desagradou um pouco (Figura 07).

Figura 07 - Aceitabilidade do sabor da sopa elaborada com mistura de farinha de feijão caupi (65%) e farinha de arroz (35%) por um painel de 10 provadores com 3 repetições.

A análise sensorial mostrou que em relação à consistência da sopa, 26,66% dos provadores gostaram muitíssimo e outros 26,66% gostaram moderadamente; 23,33% gostaram um pouco, 10% gostaram muito e 6,66% ou acharam a consistência indiferente ou então desagradou-lhes um pouco (Figura 08).

Figura 08 - Aceitabilidade da consistência da sopa elaborada com mistura de farinha de feijão (65%) e farinha de arroz (35%) por um painel de 10 provadores com 3 repetições.

Finalmente, é de salientar que os resultados encontrados mostram que a sopa teve uma aceitabilidade bastante satisfatória em todas as características organolépticas julgadas, indicando, portanto, a possibilidade de sua utilização em programas alimentares, bem como pela população de um modo geral.

5. CONCLUSÕES

Do presente trabalho foram apresentadas as seguintes conclusões:

-A variedade de feijão caupi estudada não apresenta inibidor de tripsina e atividade hemaglutinante. Para tanino apresentou um teor desprezível de 0,006%.

-As farinhas de feijão caupi irradiadas a dose de 0,2 kGy são superiores às farinhas não irradiadas no que se refere a digestibilidade.

-As farinhas de feijão caupi submetidas ao forno microondas, do ponto de vista nutricional, são superiores às aquelas cozidas sob pressão, autoclavadas ou mesmo cruas.

-A proteína das mesmas responde de forma positiva à complementação com proteína de cereais, principalmente com farinha de arroz, que foi superior as demais misturas com trigo, milho e sorgo.

-A sopa elaborada com a mistura de 65% de farinha de feijão irradiado a dose de 0,2 kGy e submetido ao forno microondas por 30 minutos + 35% de farinha de arroz teve uma aceitabilidade bastante satisfatória no que se refere a sua cor, aroma, sabor e consistência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABC das Hortalças. Revista Horta, São Paulo, 1990.
p.186-7.

AHMED, A.H.R. & NOUR, A.A.A.M. Protein quality of common sudanese leguminous seeds. Food Science & Technology, London, 23(4): 301-4, 1990.

AKINYELE, I.O. & FASAYE, O.A. Nutrient quality of corn and sorghum supplemented with cowpeas (*V. unguiculata*) in the traditional manufacture of ogi. Journal of Food Science, Chicago, 53(6): 1750-5, 1988.

AKPAPUNAM, M.A. & MARKAKIS, P. Protein supplementation of cowpeas with sesame and watermelon seeds. Journal of Food Science, Chicago, 46: 960-1, 1981.

ANTUNES, P.L. & SGARBIERI, V.C. Fatores antinutricionais, toxicidade e valor nutricional do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.). Agros, Pelotas, 15(1): 39-62, 1980.

ARAÚJO, J.P.P. de.; RIOS, G.P.; WATT, E.E.; NEVES, B.P. das.; FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, I.P.; GUIMARÃES, C.M.; SILVEIRA FILHO, A. Cultura do Caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp; descrição e recomendações técnicas de cultivo. Goiânia, EMBRAPA/CNPAP, 1984. 82p. (EMBRAPA/CNPAP. Circular Técnica, 18).

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURE CHEMISTS. Official methods of analysis association of official agriculture chemists. 12ed. Washington, AOAC, 1975. 1018 p.

AVANCINI, S.R.P.; SALES, A.M.; AGUIRRE, J.M. Avaliação nutricional de farinha composta de milho e soja integrais. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 17(1): 72-7, 1987.

BEZERRA, F.F. Introdução. In: ARAÚJO, J.P.P. de & WATT, E.E., org. O caupi no Brasil. Brasília, EMBRAPA, 1988. n.p.

BRESSANI, R. Nutritive value of cowpea. In: SINGH, S.R. & RACHIE, K.O., ed. Cowpea research production and utilization. New York, John Wiley, 1985. p. 353-66.

BRESSANI, R & ELIAS, H.G. Nutricional Value of Legume Crops for Humans and Animals. In: INTERNATIONAL LEGUME CONFERENCE, Kew, 1978. Advances in legume science; proceedings. Kew, Royal Botanical Gardens; Missouri Botanical Garden, 1980. v.1, p. 135-55.

BRESSANI, R.; ELIAS, L.G.; NAVARRETE, D.A. The essential aminoacid content of samples of black beans, red beans, rice beans and cowpeas of Guatemala. Journal of Food Science, Chicago, 26: 525, 1961.

BURNS, R.C. Methods for estimation of tannin grain sorghum. Agronomy Journal, Madison, 63: 511-2, 1971.

CHANG, S.I & FULLER, H.L. Effect of tannin content of grain sorghum on their value for growing chicks. Poultry Science, Champaign, 43: 30-6, 1964.

COELHO, S.M. Aspectos nutricionais da farinha de feijão cowpea (*Vigna unguiculata*, L.) (Walp). Fortaleza, 1986. p. 93-96 e 99. (Mestrado - Universidade Federal do Ceará).

DE MUELENAERE, H.J.H. Toxicity and haemagglutinating activity of legumes. Nature, London, 206: 827, 1965.

DEOSTHALE, Y.G.; MOHAN, V.S.; VISWESWARARAO, K. Varietal differences in protein, lysine and leucine content of grain sorghum. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, 18(4): 644-6, 1978.

EDIJALA, J.K. Effects of processing on the thiamin, riboflavin and contents of cowpeas (*Vigna unguiculata*, L.) (Walp). Journal of Food Technology, Oxford, 15(4): 435-43, 1980.

ELIAS, L.G.; ROLINDRES, R.; BRESSANI, R. The nutritive value of eight varieties of cowpea (*Vigna sinensis*). Journal of Food Science, Chicago, 29: 118-22, 1964.

ELIAS, L.G.; BATES, R.P.; BRESSANI, R. Mexclas vegetables para consumo humano. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Caracas, 19(2): 109-27, 1969.

ELIAS, L.G.; HERNANDEZ, M.; BRESSANI, R. The nutritive value of precooked legume flours processed by different methods. Nutritional Reports International, Stoneham, 14(4): 385-403, 1976.

FAO. Aminoacid scoring pattern. Rome, 1984. 173p.

FERY, R.L. Cowpea production in the United States. Hortscience, Alexandria, 16(4): 474, 1981.

FIGUEIREDO, I.B.; SHIMOKOMAKI, M.; FUJITA, J.T.; FRANCO, J.F.; ANGELUCCI, E. Estudo comparativo entre o valor nutritivo do milho cultivar opaco2 e três cultivares de milho. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 5: 81-94, 1973/4.

HAFAZ, Y.S.; MOHAMED, A.I.; HEWEDY, F.M.; SINGH, G. Effects of microwave heating on solubility, digestibility and metabolism of soy protein. Journal of Food Science, Chicago, 50(2): 415-7 e 423, 1985a.

HAFAZ, Y.S.; MOHAMED, A.I.; HEWEDY, F.M.; SINGH, G. Effects of gamma irradiation on proteins and fatty acids of soybean. Journal of Food Science, Chicago, 50(5): 1271-4, 1985b.

HAFAZ, Y.S.; MOHAMED, A.I.; PERERA, P.A.; SINGH, G.; HUSSEIN, A.S. Effects of microwave heating and gamma irradiation on phytate and phospholipid contents of soybean (*Glycine max* L.). Journal of Food Science, Chicago, 50(4): 958-62, 1989.

- HAGERMAN, A. & BUTLER, L.G. Protein precipitation method for quantitative determination of tannins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, 26: 806-12, 1978.
- JAFFÉ, W.G. Protein digestibility and trypsin inhibitor activity of legume seeds. Proceedings of the Society for Experimental Biology, Baltimore, 75: 219-20, 1950.
- JUNQUEIRA, R.G. & SGARBIERI, V.C. Isolation and general properties of lectins from the bean (*Phaseolus vulgaris*, var. Rosinha 62). Journal of Food Biochemistry, Westport, 5: 165-79, 1981.
- KAKADE, M.L.; SIMONS, N.; LIENER, I.E. An evaluation of natural vs. synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. Cereal Chemistry, St. Paul, 46: 518-26, 1969.
- KHAN, M.A.; JACOBSEN, I.; EGGUM, B.O. Nutritive value of some improved varieties of legumes. Journal of the Science of Food and Agriculture, Oxford, 30: 395-400, 1979.

LAGO, E.S.; BION, F.M.; COSTA, L.P da. Valor biológico das proteínas do feijão macaçar complementado com aminoácidos. Revista Brasileira de Pesquisa Médica e Biológica, Ribeirão Preto, 4: 343-50, 1971.

LAJOLO, F.M. & MANCINI, J. Glicoproteínas com atividade antinutricional. In: SIMPÓSIO ANUAL DA ACIESP SOBRE TOXINAS PROTEICAS, 12., São Paulo, 1988. Anais. São Paulo, ACIESP, 1988. p. 62-101.

LARMOND, E. Methods for sensory evaluation of food. Ottawa, 1970. 57p.

LAURENA, A.C.; VANDEN, T.; MENDOZA, E.M.T. Effects of condensed tannins on the "in vitro" protein digestibility of cowpea (*Vigna unguiculata*, L. Walp). Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, 32(5): 1045-8, 1984.

LAURENA, A.C.; GARCIA, V.V; MENDOZA, E.M.T. Effects of heat on the removal of polyphenols and in vitro protein digestibility of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). Plant Foods For Human Nutrition, Dordrecht, 37: 183-192, 1987.

- LIMA, A.O. & SILVA, W.D. da. Imunologia, imunopatologia, alergia, métodos. Rio de Janeiro, Guanabara, Koogan, 1970. 673p.
- MANCINI, J. & LAJOLO, F.M. Fatores antinutricionais em diferentes variedades de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.). Ciência e Cultura, São Paulo, 33(1): 94-7, 1981.
- MILLER, D.S. & BENDER, A.C. The determination of net utilization of protein by shortened method. British Journal Nutrition, New York, 9: 382-3, 1955.
- MOLINA, M.R.; BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. Non conventional legumes grains as proteins sources. Food Technology, Chicago, 31(5): 188-90, 1977.
- MOURA, F.J.A.; HOLANDA, L.F.F. de.; MAIA, G.A.; GUEDES, Z.B.L.; ORIA, H.F.; GUIMARÃES, A.C.L. Estudo da composição química de quarenta cultivares de feijão corda (*Vigna sinensis*, Endl.). Ciências Agronômicas, Fortaleza, 12(1/2): 207-12, 1981.
- MUSTAFA, A.I.; AL-WESSALI, M.S.; AL-BASHA, O.M.; ALAMIR, R.H. Utilization of cowpea flour and protein isolate in bakery products. Cereal Foods World, St. Paul, 31(10): 756-9, 1980.

NENE, S.P.; VAKIL, V.K.; SREENIVASAN, A. Effect of gama irradiation on red gram (*Cajanus cajan*) proteins. Journal of Food Science, Chicago, 40: 815-9, 1975a.

NENE, S.P.; VAKIL, V.K.; SREENIVASAN, A. Improvement in the textural qualities of irradiated legumes. Acta Alimentaria, Budapest, 4(2): 199-209, 1975b.

OBIZOBA, I.C. Effects of germination, dehulling and cooking on the nutritive value of cowpea (*Vigna unguiculata*) flour. Journal of Food Science, Chicago, 54(5): 1371-2, 1989.

OGUN, P.O.; MARKAKIS, P.; CHENOWETH, W. Effect of processing on certain antinutrients in cowpeas. Journal of Food Science, Chicago, 55(4): 1084-5, 1989.

OKAKA, J.C. & POTTER, N.N. Functional and storage properties of cowpea powder-wheat flour blends in breadmaking. Journal of Food Science, Chicago, 42(3): 828-33, 1977.

OKE, O.L. A method for assessing, optimum supplementation of a cereal based diet with grain legume. Nutrition Reports International, Stoneham, 11(4): 313-21, 1975.

OLIVEIRA, I.P. de. & CARVALHO, A.M. de. A cultura do caupi nas condições de clima e de solo dos trópicos úmido e semi-árido do Brasil. In: ARAÚJO, J.P.P. de & WATT, E.E., org. O caupi no Brasil. Brasília, EMBRAPA, 1988. cap. 3, p.65-96.

OLOGHOBO, A.D. & FETUGA, B.L. Chemical composition of promising cowpea (*Vigna unguiculata*) varieties. Nutrition Reports International, Stoneham, 25(6): 913-9, 1982.

OLOGHOBO, A.D. & FETUGA, B.L. Effect of processing on the trypsin inhibitor, haemagglutinin, tannic acid and phytic acid contents of seeds of ten cowpea varieties. Tropical Agriculture, Trinidad, 61(4): 261-4, 1984.

OSBORNE, T.B.; MENDEL, L.B.; FENY, E.L. A method of expressing numencally the growth promoting value of protein. Journal of Biological Chemistry, Bethesda, 37: 223-5, 1919.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 10.ed. São Paulo, Nobel, 1982. 430p.

PRICE, M.L.; SOOYOC, S.V.; BUTLER, L.G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, 26(5): 1214-8, 1978.

PRICE, M.L.; HAGERMAN, A.E.; BUTLER, L.G. Tannin content of cowpeas, chickpeas, pigeon peas and mung beans. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, 28: 459-61, 1980.

RAD, V.S. & VAKIL, V.K. Effects of gamma-radiation on cooking quality and sensory attributes of four legumes. Journal of Food Science, Chicago, 50(2): 372-5, 1985.

ROMAN, A.V.; BENDER, A.E.; MORTON, I.D. Formulation and processing of a food based on rice, cowpea and skim milk powder. Human Nutrition: Food Sciences and Nutrition, London, 41F: 15-22, 1987.

SALES, M.G. Characteristics of processed food from whole cowpeas (*Vigna sinensis*). Arizona, 1980. 142p. (Doutorado - University of Arizona).

- SALES, M.G. & RODRIGUES, M.A.C. Consumo, qualidade nutricional e métodos de preparo do caupi. In: ARAUJO, J.P.P. de. & WATT, E.E. org. O caupi no Brasil. Brasília, EMBRAPA, 1988. Cap. 2, p.697-721.
- SGARBIERI, V.C.; CONTRERAS, E.; AMAYA, J.; SILVA, W.J.; REYES, F.G.R. Composição e valor nutritivo de quatro cultivares de milho (*Zea mays*) em dois estágios de maturação. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 2(2): 180-93, 1982.
- SILVA, P.D. da. O arroz como alimento. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, 22(252): 4-10, 1969.
- SINGLETON, V.L. & KRATZER, F.H. Toxicity and related physiological activity of phenolic substances of plant origin. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, 17: 497, 1969.
- SOHONIE, K. & BHANDARKER, A.P. Trypsin inhibitors in Indian foods tuffs. I. Inhibitors in vegetables. Journal of Indian Research, New Dehli, 133: 500, 1954.

SOSULSKI, F.W.; KASIRYE-ALEMU, E.N.; SUMNER, A.K.

Microscopic, nutritional and functional properties of cowpea flours and protein concentrates during storage. Journal of Food Science, Chicago, 52(3): 700-6 e 736, 1987.

TEIXEIRA, J.P.F. & AZZINI, L.E. Teores de proteína, óleo, lisina e triptofano em grãos integrais de diversos cultivares de arroz. Bragantia, Campinas, 35(2): 453-9, 1976.

TEIXEIRA, S.M.; MAY, P.H.; SANTANA, A.C. de. Produção e importância econômica do caupi no Brasil. In: ARAÚJO, J.P.P. de & WATT, E.E., org. O caupi no Brasil. Brasília, EMBRAPA, 1988. cap. 4, p.101-28.

TSIEN, W.S. & JOHNSON, B.C. The effect of radiation sterilization on the nutritive value of foods. Journal Nutrition, Bethesda, 68: 419-28, 1959.

URBAIN, W.M. Food irradiation. Advances in Food Research, San Diego, 24: 155-227, 1978.

VIRUPAKSHA, T.K. & SASTRY, L.V.S. Studies on the protein content and aminoacids composition of some varieties of grain sorghum. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, 16: 199-203, 1968.

VOHRA, P.; KRATZER, F.A.; JOSLYN, M.A. The growth depressing and toxic effects of tannin to chicks. Poultry Science, Champaign, 45(1): 135-42, 1966.

ZAPARRART, M.I.D. Avaliação química, nutricional e tecnológica da farinha integral de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para consumo humano. Piracicaba, 1987. 89p. (Mestrado - Universidade de São Paulo).

WING, R.W. & ALEXANDER, J.C. The heating of soybean meals by microwave radiations. Nutrition Reports International, Stoneham, 4(6): 387-96, 1971.

APÊNDICE

Formulário = Avaliação Sensorial da Sopa

Nome _____ Data _____

Sopa _____

Você vai receber uma amostra de sopa. Por favor, prove a amostra e dê a sua opinião sobre cor, aroma, sabor e consistência usando a classificação abaixo. Se desejar faça outros comentários no rodapé da folha.

	CARACTERÍSTICAS			
	COR	AROMA	SABOR	CONSISTÊNCIA
GOSTO MUITÍSSIMO				
GOSTO MUITO				
GOSTO MODERADAMENTE				
GOSTO UM POUCO				
ME É INDIFERENTE				
ME DESAGRADA UM POUCO				
ME DESAGRADA MODERADAMENTE				
ME DESAGRADA MUITO				
ME DESAGRADA MUITÍSSIMO				

Comentários:

Análise Estatística do 1.º Ensaio Biológico

Quadro n.º 1: Análise da variância para os dados obtidos de ganho de peso, razão de eficiência proteica (PER), digestibilidade, valor biológico (VB), utilização proteica líquida (NPU) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) do 1.º ensaio biológico.

C.V.	Q.M			
	GL	GANHO PESO	PER	DIGESTIBILIDADE
Tratamento	16	1398.9048**	1.1394**	138.0732**
Resíduo	85	72.3177	0.0294	2.2442

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, obtido através da aplicação do teste F.

Continuação..

C.V.	Q.M			
	GL	V.B.	NPU	CEA
Tratamento	16	634.5356**	766.3859**	0.0116**
Resíduo	85	82.6748	56.4263	0.0003

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, obtido através da aplicação do teste F.

Quadro n.º 2: Resultados da aplicação do teste de Scheffé para as médias de tratamento do 1.º ensaio biológico.

CONTRASTE	VALOR DO CONTRASTE		
	GANHO EM PESO	PER	DIGESTIBILIDADE
1	723.46670**	20.33667**	223.29989**
2	50.63332	1.00333	-17.05998**
3	-65.45001	-1.70667	-2.24666
4	-18.30000	-0.48667	-2.22333
5	35.55000	0.94333*	22.64334**
6	5.95001	0.33000	-3.80999
7	5.35000	0.14000	1.98500
8	-11.30001	-0.47000	1.82499
9	29.15000	1.09333**	7.00834
10	-10.65000	-0.37667	-0.54667
11	-18.49999	-0.71667	-6.46166
12	-49.28334	-1.95667*	-14.55330
13	-14.15000	-0.42000	-0.29500
14	51.90000**	1.25667**	14.16166**
15	11.43333	-0.02667	-2.42000
16	0.13334	0.17833	-0.42000
17	-11.56667	-0.15167	2.84000
18	33.68334	1.32000**	10.78166**
19	-1.21667	-0.40000	-1.86333
20	-32.46666	-0.92000	-8.91832*

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Continuação..

CONTRASTE	VALOR DO CONTRASTE		
	V.B.	NPU	CEA
1	551.47493**	638.60162**	2.07583**
2	-25.26167	-29.82832	0.10450
3	41.14831	30.06167	-0.18700*
4	-0.14167	-1.39167	-0.04683
5	10.87667	20.16001	0.09517**
6	21.79333	15.53834	0.02617
7	-1.60666	-0.30667	0.02067
8	-20.18667	-15.23167	-0.04683
9	20.34500	18.82333	0.10483**
10	0.27499	-0.61666	-0.03317
11	-20.62000	-18.20667	-0.07167
12	-22.48669	-26.46666	-0.20183*
13	-5.14499	-4.28000	-0.03867
14	30.15166	32.91667	0.13183**
15	5.94833	3.27333	-0.00933
16	7.14334	5.75333	0.01817
17	-13.09167	-9.02666	-0.00883
18	-9.87499	-2.22000	0.12650**
19	14.77999	10.57000	-0.03950
20	-4.90499	-8.35000	-0.08700

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Análise Estatística do 2.º Ensaio Biológico

Quadro n.º 1: Análise da variância para os dados obtidos de ganho de peso, razão de eficiência proteica (PER), digestibilidade, valor biológico (VB), utilização proteica líquida (NPU) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) do 2.º ensaio biológico.

C.V.	Q.M			
	GL	GANHO PESO	PER	DIGESTIBILIDADE
Trata- mento	8	1018.4482**	0.3941**	138.2763**
Resíduo	45	266.3856	0.0640	2.6521

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, obtido através da aplicação do teste F.

Continuação..

C.V.	Q.M			
	GL	V.B.	NPU	CEA
Trata- mento	8	296.6789*	315.5910**	0.0036**
Resíduo	45	123.9465	76.7377	0.0006

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, obtido através da aplicação do teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, obtido através da aplicação do teste F.

Quadro n.º 2: Resultados da aplicação do teste de Scheffé para as médias de tratamento do 2.º ensaio biológico.

CONTRASTE	VALOR DO CONTRASTE		
	GANHO EM PESO	PER	DIGESTIBILIDADE
1	-109.98335	-0.33500	-112.55337**
2	-2.31665	-0.42500	-5.66666
3	-0.91667	0.22000	3.36331
4	57.98334	1.11000*	-3.00666
5	12.65000	0.44667	1.40000
6	6.83333	-0.19167	-3.17666
7	56.83335	1.05833*	-0.82167
8	3.63334	0.07167	-0.21833
9	-2.51666	-0.00333	0.21833
10	0.45000	-0.12333	-2.68999
11	4.38334	0.03833	-0.78833
12	-4.63333	-0.33667	-2.40666

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Continuação..

CONTRASTE	VALOR DO CONTRASTE		
	V.B.	NPU	CEA
1	-35.04333	-111.67494	0.02333
2	-10.12002	-11.93499	-0.04667
3	19.82167	17.81166	0.02500
4	23.83168	16.00166	0.11000*
5	15.10166	12.58167	0.03667
6	-19.00499	-17.38999	-0.01500
7	13.65000	10.28499	0.10500*
8	-11.23666	-8.79500	0.00833
9	7.17666	5.81667	-0.00167
10	-2.37167	-4.01166	-0.01333
11	5.70666	3.81834	-0.00167
12	-20.63167	-17.55833	-0.03000

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade