

ASPECTOS NUTRICIONAIS DE FARINHAS DE FEIJÃO CAUPI (*Vigna*
unquicula (L.) Walp)

SÍLVIA DE MIRANDA COELHO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1986

Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com a ética científica.

Sílvia de Miranda Coelho

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 09 / 09 / 86

Prof^a. Miranice Gonzaga Sales
Orientadora da Dissertação

Prof^a. Zuleica Braga de Lima Guedes

Prof. Geraldo Arraes Maia

Prof. Jorge Fernando Fuentes Zapata

Ao CELSO, pela compreensão e apoio

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

À UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, especialmente ao DEPARTAMENTO DE ECONOMIA DOMÉSTICA, pela oportunidade a mim concedida para a realização do Curso de Mestrado.

Ao CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - CNPq, pelo apoio financeiro concedido para a realização desta pesquisa.

Ao Departamento de "Food and Nutrition" da Universidade do Arizona pelas determinações bioquímicas da proteína.

Ao Departamento de Bioquímica da Universidade Federal do Ceará, em especial ao Prof. RENATO AZEVEDO MOREIRA pela orientação e ajuda nas análises bioquímicas.

À Professora MIRANTICE GONZAGA SALES pela eficiência de sua orientação e apoio permanente durante o desenvolvimento deste trabalho de tese.

Aos Professores ZULEICA BRAGA DE LIMA GUEDES, GERALDO ARRAES MAIA e JORGE FERNANDO FUENTES ZAPATA, pelo apoio e valiosas sugestões imprescindíveis à realização deste trabalho.

Ao Professor J. WARREN STULL, pela co-orientação baseada no alto nível de seus conhecimentos científicos.

À Laboratorista VANDIRA ALVES DO NASCIMENTO e aos Engenheiros de Alimentos ANTENOR SILVA JÚNIOR e PEDRO MATIAS DE VASCONCELOS pela ajuda valiosa nas determinações analíticas.

À Bibliotecária RAQUEL MATOS BRITO CASTELO BRANCO pela revisão das referências bibliográficas.

À Professora LIA MATOS BRITO DE ALBUQUERQUE, pelo auxílio na revisão geral do texto.

À RITA DE CARVALHO FEITOSA, pela amizade e eficiência nos serviços de datilografia.

A todos os professores, colegas e servidores do Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos e do Departamento de Economia Doméstica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, em especial às colegas TEREZINHA FEITOSA, LÚCIA DE FÁTIMA PEREIRA ARAÚJO, JERUSA DE SOUZA ANDRADE e REGINA SILVIA OLIVEIRA FERREIRA.

SUMÁRIO

	Página
<u>LISTA DE TABELAS</u>	ix
<u>LISTA DE TABELAS EM ANEXO</u>	xi
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	xv
<u>RESUMO</u>	xvii
<u>ABSTRACT</u>	xix
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	5
2.1 - <u>Aspectos gerais</u>	5
2.1.1 - Generalidades botânicas.....	5
2.1.2 - Produção mundial e brasileira.....	6
2.2 - <u>Aspectos nutricionais</u>	9
2.2.1 - Valor nutritivo.....	9
2.2.2 - Fatores tóxicos e antinutricionais.....	13
2.3 - <u>Aspectos da utilização por métodos convencionais</u>	17
2.3.1 - Cocção e fatores que a afetam.....	17
2.3.2 - Efeitos da cocção sobre o valor nutritivo.....	22
2.3.3 - Efeitos da cocção sobre os fatores tóxicos e antinutricionais.....	29
2.4 - <u>Aspectos tecnológicos</u>	31
2.4.1 - Farinhas e extratos protéicos.....	32
2.4.2 - Suplementação protéica.....	36

3 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	41
3.1 - <u>Material</u>	41
3.1.1 - Processamento das farinhas.....	41
3.2 - <u>Métodos</u>	46
3.2.1 - Determinações físicas e químicas das farin has.....	46
3.2.1.1 - Composição centesimal.....	46
3.2.1.1.1 - Umidade.....	46
3.2.1.1.2 - Cinza.....	46
3.2.1.1.3 - Gordura.....	47
3.2.1.1.4 - Proteína.....	47
3.2.1.1.5 - Fibra.....	48
3.2.1.1.6 - Extrato não nitrogenado.....	48
3.2.1.2 - Minerais.....	49
3.2.1.2.1 - Cálcio.....	49
3.2.1.2.2 - Fósforo.....	50
3.2.1.2.3 - Ferro.....	50
3.2.1.3 - Determinação do pH das farinhas.....	51
3.2.2 - Determinações de aminoácidos.....	51
3.2.2.1 - Análise de aminoácidos.....	51
3.2.2.2 - Score de aminoácidos.....	52
3.2.3 - Determinação dos ácidos graxos da fração lipídica.....	53
3.2.3.1 - Extração de lipídios.....	53
3.2.3.2 - Transmetilação dos ácidos graxos.....	53
3.2.3.3 - Análise dos ácidos graxos.....	53
3.2.4 - Determinação de fatores antinutricionais e compostos tóxicos das farinhas.....	55

3.2.4.1 - Determinação da atividade hemaglutinan-	
te.....	55
3.2.4.1.1 - Extração de proteínas.....	55
3.2.4.1.2 - Determinação de proteínas.....	56
3.2.4.1.3 - Atividade hemaglutinante.....	56
3.2.4.2 - Determinação da atividade antitriptica.	56
3.2.4.2.1 - Extração de proteínas.....	56
3.2.4.2.2 - Determinação de proteínas.....	57
3.2.4.2.3 - Atividade antitriptica.....	57
3.2.5 - Análise estatística.....	58
4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	62
4.1 - <u>Características físicas e químicas das fa-</u>	
<u>rinhas</u>	62
4.2 - <u>Qualidade protéica</u>	71
4.3 - <u>Composição da fração lipídica</u>	82
4.4 - <u>Fatores antinutricionais</u>	93
5 - <u>CONCLUSÕES</u>	101
6 - <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	102
7 - <u>ANEXO</u>	130
<u>A - TABELAS</u>	131

LISTA DE TABELAS

TABELAS		Página
1	Composição centesimal (g/100g) obtida das farinhas de duas variedades de caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp).....	63
2	Determinações de cálcio, ferro e fósforo obtidas das farinhas de duas variedades de caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp)...	69
3	Aminograma obtido das farinhas da variedade clara de caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp).....	72
4	Aminograma obtido das farinhas da variedade escura de caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp).....	74
5	"Score" de aminoácidos essenciais obtido das farinhas da variedade clara de caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp).....	79
6	"Score" de aminoácidos essenciais obtido das farinhas da variedade escura de caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp).....	80
7	Ácidos graxos (% do total), obtido do óleo das farinhas de duas variedades de caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp).....	83
8	Determinação da atividade hemaglutinante (UH/mg P) obtida das farinhas de duas variedades de caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp).....	94

TABELAS

Página

9	Determinação da atividade hemaglutinante (UH/g F) obtida das farinhas de duas variedades de caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp).....	95
10	Determinação da atividade antitriptica (UI/g F e UI/mg P) obtida das farinhas de duas variedades de caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp).....	98

LISTA DE TABELAS EM ANEXO

TABELAS		Página
A1	Análise de variância dos valores de umida de das farinhas A, B, C e D das duas va riedades de caupi.....	132
A2	Análise de variância dos valores de cinza das farinhas A, B, C e D das duas varieda des de caupi.....	132
A3	Análise de variância dos valores de pro teína das farinhas A, B, C e D das duas ' variedades de caupi.....	133
A4	Análise de variância dos valores de extra to etéreo das farinhas A, B, C e D das du as variedades de caupi.....	133
A5	Análise de variância dos valores de fibra das farinhas A, B, C e D das duas varieda des de caupi.....	134
A6	Análise de variância dos valores de cálcio das farinhas A, B, C e D das duas varieda des de caupi.....	134
A7	Análise de variância dos valores de ferro das farinhas A, B, C e D das duas varieda des de caupi.....	135
A8	Análise de variância dos valores de fósfo ro das farinhas A, B, C e D das duas va riedades de caupi.....	135

TABELAS

Página

A9	Análise de variância dos valores do aminoácido lisina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	136
A10	Análise de variância dos valores do aminoácido metionina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	136
A11	Análise de variância dos valores do aminoácido isoleucina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	137
A12	Análise de variância dos valores do aminoácido leucina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	137
A13	Análise de variância dos valores do aminoácido fenilalanina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	138
A14	Análise de variância dos valores do aminoácido valina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	138
A15	Análise de variância dos valores do aminoácido treonina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	139
A16	Análise de variância dos valores do aminoácido treonina no cálculo químico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	139
A17	Análise de variância dos valores do aminoácido lisina no cálculo químico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	140

TABELAS

Página

A18	Análise de variância dos valores do aminoácido leucina no <u>cô</u> mputo químico das <u>fari</u> nhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	140
A19	Análise de variância dos valores do aminoácido isoleucina no <u>cô</u> mputo químico das <u>fa</u> rinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	141
A20	Análise de variância dos valores do aminoácido fenilalanina-tirosina no <u>cô</u> mputo quí <u>mi</u> co das farinhas A, B, C e D das duas <u>va</u> riedades de caupi.....	141
A21	Análise de variância dos valores do aminoácido valina no <u>cô</u> mputo químico das <u>fari</u> nhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	142
A22	Análise de variância dos valores do aminoácido metionina-cistina no <u>cô</u> mputo químico das farinhas A, B, C e D das duas <u>varieda</u> des de caupi.....	142
A23	Análise de variância dos valores do <u>á</u> cido graxo palmítico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	143
A24	Análise de variância dos valores do <u>á</u> cido graxo linolênico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	143
A25	Análise de variância dos valores do <u>á</u> cido graxo oléico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	144

TABELAS

Página

A26	Análise de variância dos valores do ácido graxo linolêico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	144
A27	Análise de variância dos valores do ácido graxo esteárico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.....	145

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS		Página
1	Fluxograma para a obtenção da farinha a partir de caupi cru integral.....	42
2	Fluxograma para a obtenção da farinha a partir de caupi tratado previamente, com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) a 0,5%.....	43
3	Fluxograma para a obtenção da farinha a partir de caupi torrado previamente, em forno comum a 160°C durante 50 min.....	44
4	Fluxograma para a obtenção da farinha a partir de caupi torrado previamente, em forno a microondas a 2.400 MHz por 6 min..	45
5	Cromatograma dos ésteres metílicos dos áci dos graxos da fração lipídica obtida da farinha de caupi cru integral da variedade clara.....	84
6	Cromatograma dos ésteres metílicos dos áci dos graxos da fração lipídica obtida da farinha de caupi da variedade clara tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) a 0,5%.....	85
7	Cromatograma dos ésteres metílicos dos áci dos graxos da fração lipídica obtida da farinha de caupi da variedade clara torrado previamente em forno comum a 160°C por 50 min.....	86

FIGURAS

Página

- 8 Cromatograma dos ésteres metílicos dos áci
dos graxos da fração lipídica obtida da
farinha de caupi da variedade clara torra
do previamente em forno a microondas a
2.400 MHz por 6 min..... 87
- 9 Cromatograma dos ésteres metílicos dos áci
dos graxos da fração lipídica obtida da
farinha de caupi cru integral da varieda
de escura..... 88
- 10 Cromatograma dos ésteres metílicos dos áci
dos graxos da fração lipídica obtida da
farinha de caupi da variedade escura tra
tado previamente com solução de bicarbona
to de sódio (NaHCO_3) a 0,5%..... 89
- 11 Cromatograma dos ésteres metílicos dos áci
dos graxos da fração lipídica obtida da
farinha de caupi da variedade escura tor
rado previamente em forno comum a 160°C
por 50 min..... 90
- 12 Cromatograma dos ésteres metílicos dos áci
dos graxos da fração lipídica obtida da
farinha de caupi da variedade escura tor
rado previamente em forno a microondas a
2.400 MHz por 6 min..... 91

RESUMO

Feijões caupis (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) integrais de duas variedades (clara e escura) foram processados obtendo-se quatro tipos de farinhas: farinha A - obtida da pulverização de grãos crus; farinha B - obtida da pulverização de grãos tratados previamente (remolho e cocção) com solução de bicarbonato de sódio a 0,5%; farinha C - obtida da pulverização de grãos torrados previamente em forno comum a 160°C durante 50 min; farinha D - obtida da pulverização de grãos torrados previamente em forno a microondas a 2.400MHz, por 6 min.

As farinhas foram analisadas quanto às suas características físicas e químicas (composição centesimal e mineral e pH), qualidade protéica (aminograma e *score* de aminoácidos), composição da fração lipídica e fatores antinutricionais (atividades hemaglutinante e antitriptica). Os resultados apresentados pelas farinhas obtidas dos grãos tratados previamente foram, então comparados entre si e com aqueles das farinhas obtidas de grãos crus integrais das respectivas variedades e que foram tomadas como padrões.

Os tratamentos prévios dados aos grãos não afetaram muito as características físicas e químicas das farinhas. As determinações químicas demonstraram que, comparadas com as farinhas obtidas dos grãos crus integrais, diferenças significativas foram observadas para todas as outras farinhas de ambas as variedades de caupi, somente em relação aos teores de umidade e de proteína. Para as farinhas obtidas de grãos tratados previamente com bicarbonato de sódio, foi verificada também uma redução significativa quanto aos teores de cinza para as duas variedades.

Os teores de cálcio, ferro e fósforo não diferiram significativamente entre as quatro farinhas de cada variedade.

Com exceção das farinhas tratadas previamente com bicarbonato de sódio que apresentaram pH alcalino, o pH de todas as outras farinhas permaneceu praticamente constante e foi ligeiramente ácido.

Diferenças não significativas também foram observadas entre as quatro farinhas de cada variedade quanto aos teores dos aminoácidos essenciais. O ácido glutâmico e o ácido aspártico foram os aminoácidos encontrados em maiores concentrações. A baixa proporção do par metionina-cistina em todas as farinhas de ambas as variedades faz com que se possa considerar os aminoácidos sulfurados totais como os limitantes primários das proteínas dos caupis estudados.

Apesar do baixo teor de lipídios, o linoléico foi o principal ácido graxo e o teor dos ácidos graxos insaturados representou cerca de 65% da fração lipídica de todas as farinhas.

Quanto aos fatores antinutricionais e tóxicos, nenhum dos tratamentos prévios causou a completa inibição da atividade hemaglutinante e somente o tratamento prévio com bicarbonato de sódio dos grãos de ambas as variedades foi efetivo na completa inativação dos inibidores de tripsina. O torramento prévio dos grãos da variedade escura em forno comum também resultou na completa inibição da atividade antitriptica desses feijões. A inativação desses fatores antinutricionais (inibidores de tripsina) pareceu estar correlacionada com a variedade e o teor de umidade dos grãos durante os tratamentos.

ABSTRACT

Two varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) (light and dark) were processed to four types of flour: type A - whole raw flour; type B - soaked cowpea in a 0,5% sodium bicarbonate solution; type C - roasted cowpea on a conventional oven, 160°C for 50 min; type D - roasted cowpea on microwave oven, during 6 min.

The proximate composition, protein quality, lipids, minerals, pH, antinutritional factors of the flours were studied and compared to the standard raw cowpea flour.

The treatments used to process the cowpea affected very little the physical and chemical characteristics of the flours. There were statistically significant differences for humidity and protein concentration for all flours. In the flours obtained from grains previously treated with sodium bicarbonate there was a significant decrease in the ash content for the two varieties.

Calcium, iron and phosphorus contents were not statistically different in the four flour modalities.

The flours treated with sodium bicarbonate had an alkaline pH, while all the others had a slightly acid pH.

The differences in the essential amino acid concentration among the flours were not statistically different. Glutamic and aspartic acids were the ones of greater concentration. Due to the low proportion of methionine-cystine in all varieties of flours, the sulfur-containing amino acids may be considered the limiting amino acids of the cowpea proteins studied.

In spite of the low lipid content, linoleic acid was the main fatty acid found. The content of unsaturated fatty acids represented 65% of total lipid fraction in all flours.

None of the treatments inhibited the hemagglutinating activity. The sodium bicarbonate treatment destroyed the trypsin inhibitor in the two varieties. The conventional oven roast method destroyed the trypsin inhibitor only in the grains of the dark variety. The destroying of the trypsin inhibitors appeared to be correlated with the variety and humidity content of the grains during all treatments.

1 - INTRODUÇÃO

Um dos mais sérios problemas com que se defrontam os países em desenvolvimento é a discrepância entre seu crescimento populacional e sua capacidade de produzir alimentos (MOREIRA, 1980). Até o ano 2000 prevê-se que a população mundial se elevará de 4 bilhões para 6,35 bilhões, com 90% deste aumento ocorrendo nos países subdesenvolvidos, enquanto que, no mesmo período estima-se que a produção de alimentos crescerá somente cerca de 2,2% (HANSEN, 1981). Portanto, a menos que a agricultura e a tecnologia de alimentos enfrentem o desafio para suprir as demandas maciças por alimentos mais baratos, são previsíveis fomes severas e frequentes ao redor do mundo (HANSEN, 1981).

Recentemente foi estimado que 460 milhões de pessoas no mundo são desnutridas e a deficiência protéica foi citada como a mais comum forma de desnutrição, notadamente nos países em desenvolvimento onde as dietas são, geralmente, deficientes qualitativa e quantitativamente em proteína (U.N., 1974). No Brasil, especialmente em crianças, há certa predominância da deficiência calórica sobre a deficiência protéica (CHAVES, 1978) e esta é muito mais qualitativa que quantitativa (SILVA, 1982).

A desnutrição protéica ou calórico-protéica tem se constituído, com o passar dos anos, na mais disseminada doença nutricional do globo, sendo responsabilizada por um número alarmante e crescente de óbitos nas áreas em desenvolvimento. Segundo as estimativas, mais de 300 milhões de crianças, ou seja, sete entre dez crianças com menos de seis anos de idade, são afetadas pela desnutrição em todo o mundo, o que conduz à deterioração da qualidade genética da espécie humana (CHAVES, 1978). A longo prazo, dietas de baixa qualidade calórico-protéica afetam a capacidade de trabalho e con

duzem a doenças como o *kwashiorkor* e o marasmo infantil, que podem afetar o desenvolvimento cerebral, resultando em baixo nível de inteligência (PINHEIRO, 1977).

Proteínas derivadas de fontes animais são comparativamente caras e sua disponibilidade é limitada em muitas áreas geográficas, o que vem despertando em todo o mundo o interesse pelas proteínas de origem vegetal para fazer face às necessidades de alimentos de grande parte das populações (CHAVES, 1962). Entre as fontes vegetais, leguminosas secas e alimentos produzidos à base de leguminosas constituem excelente fonte de proteínas e de energia para melhorar as dietas baseadas em cereais e raízes em países de baixa renda (BRESSANI, 1973; SOUZA & DUTRA DE OLIVEIRA, 1959; SGARBIERI et alii, 1978), nos quais os grãos constituem cerca de 80% da alimentação humana (DE ANGELIS, 1977; MILNER, 1977).

Leguminosas como feijões, além de ótimas fontes dietéticas de calorias e proteínas, contêm vários minerais e vitaminas (TABEKHIA & LUH, 1980; SGARBIERI et alii, 1979; PILOSOFF et alii, 1982) e seu papel potencial para melhorar os problemas da desnutrição calórico-protéica em muitos países em desenvolvimento tem sido muito enfatizado (PATWARDHAM, 1962; AYKROYD & DOUGHTY, 1966). Como uma fonte protéica, são particularmente importantes nas dietas dos grupos de média e baixa renda em muitos países tropicais (SALES, 1980).

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma leguminosa cujos grãos são usados como principal alimento em muitos países tropicais e subtropicais (AKPAPUNAM & MARKAKIS, 1981), principalmente nas zonas semi-áridas e sub-úmidas dos continentes africano, asiático e americano (TEÓFILO et alii, 1980).

No Brasil, o caupi distribui-se, praticamente, em todos os municípios da Região Nordeste, sendo o feijão mais cultivado (PAIVA et alii, 1971; PAIVA et alii, 1974; MOURA FÉ et alii, 1981). Juntamente com o arroz, o milho e a mandioca, o caupi é o alimento básico da dieta desta região onde o seu consumo "per capita" atinge 30kg na zona urbana e 40 kg na zona rural, constituindo-se uma fonte importante de

calorias e proteína, notadamente para as famílias de baixa renda, que não podem produzir nem adquirir proteína de origem animal (ANTUNES et alii, 1976; PAIVA et alii, 1977; ALBUQUERQUE et alii, 1980; LIRA et alii, 1981; ASSIS, 1976; TEÓFILO et alii, 1980; ARAÚJO, 1981).

Um importante problema em se contar com feijões, como a principal fonte de proteínas dietéticas, é a deficiência de aminoácidos sulfurados em suas moléculas (TANDON et alii, 1957; BRESSANI, 1961; PARDIA, 1972), o que impõe uma séria limitação sobre sua qualidade nutricional, quando não suplementada (ADANS, 1972).

Os feijões são usados mais eficientemente em dietas mistas e quando suplementados com proporções apropriadas de proteínas vegetais ou animais, apresentam valor nutritivo que se aproxima ou pode exceder a qualidade nutricional de algumas proteínas de origem animal (MILNER et alii, 1977).

Vários trabalhos têm sido realizados com a finalidade de aumentar o teor de metionina de dietas que têm como base os feijões. O aspecto genético tem sido estudado em todo o mundo e a complementação da proteína do feijão com outros alimentos mais ricos em metionina e a adição de metionina sintética em alguns itens alimentares prontos para o consumo também têm sido aplicados (ANTUNES et alii, 1979).

A expansão do uso do caupi, para incluir sua incorporação como um ingrediente significativo em alimentos processados, tem considerável potencial para aumentar a proteína dietética e superar os crescentes problemas da desnutrição calórico-protéica de muitas populações. A disponibilidade de farinhas de caupi prontas para serem usadas pode simplificar e encorajar grandemente o uso desta leguminosa (AKPA-PUNAM & MARKAKIS, 1981a). Resultados de estudos de processamentos e reidratação de farinhas de caupi indicaram que as condições podem ser melhoradas para se obter produtos com índices de qualidade aceitáveis em alimentos tradicionalmente preparados e que aplicações posteriores podem ser feitas em novas formulações de alimentos (AEYNOR & NGODDY, 1984).

A incorporação de farinhas de caupi na formulação

de certos alimentos é, no entanto, limitada pelo "flavor" típico de feijão que estas apresentam. SALES (1980), em pesquisas realizadas na Universidade do Arizona, U.S.A., mostrou que o "flavor" típico de feijão pode ser reduzido ou modificado tanto por tratamento alcalino suave como por torramento prévio da matéria-prima. Este trabalho objetivou estudar as características nutricionais de farinhas de feijão caupi obtidas por diversos tratamentos que apresentam potencial de suplementar alimentos processados para grupos de baixo poder econômico.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Aspectos gerais

2.1.1 - Generalidades botânicas

As leguminosas encontram-se entre os primeiros alimentos cultivados e têm constituído, por centenas de anos, uma fonte importante de calorias e proteínas para o homem e os animais domésticos (BRESSANI, 1972). Acredita-se que elas foram cultivadas ainda na era Neolítica, quando o homem passou da caça e do ajuntamento de alimentos para o estágio de produção de alimentos (SALES, 1980).

Apesar de incluírem, aproximadamente, 600 gêneros com cerca de 13.000 espécies, somente cerca de 20 espécies são regularmente consumidas pelo homem em maior ou menor extensão destacando-se entre estas, a soja, o amendoim, os feijões, ervilhas e lentilhas (BRESSANI, 1972).

Todas as leguminosas de grãos comestíveis são membros da família Leguminosae, sub-família Papilionoideae e pertencem a uma das três tribos da sub-família: a Viciaceae, a Hedysareae e a Phaseoleae. O gênero *Vigna* está incluído na tribo Phaseoleae juntamente com dois outros gêneros, *Phaseolus* e *Dolichos* (SMARTT, 1976).

O gênero *Vigna* é muito diverso em forma e engloba quatro grupos de espécies com larga distribuição no mundo, cada grupo contendo um certo número de formas proximamente relacionadas. Um destes grupos é o *Vigna sinensis* (L.) Savi que apresenta três sub-divisões designadas como espécies por alguns, sub-espécies ou variedades botânicas por outros, tendo como base, principalmente, as características das sementes.

tes e das vagens (FARIS, 1965). A tendência atual entre os especialistas é a de agrupar sob o nome de *Vigna sinensis* estas variedades outrora vistas como espécies distintas (*Vigna sinensis*, *Vigna sesquipedalis*, *Vigna catyang*) (BRAGA, 1976).

Originário da África Ocidental ou Central, onde foi primeiramente domesticado para cultivo regular e de onde se propagou para outras regiões do mundo, o caupi, *Vigna sinensis* (L.) Savi modernamente denominado *Vigna unguiculata* (L.) Walp, é uma importante leguminosa tropical e subtropical que é cultivada tanto para a produção de sementes verdes ou secas como para forragem (FARIS, 1965).

É predominantemente cultura de clima quente, sendo, no Brasil, cultivado principalmente nas Regiões Norte e Nordeste, áreas de condições climáticas quente e úmida e semi-árida quente, respectivamente (VIEIRA, 1978). Nestas regiões é conhecido por feijão-de-corda, feijão da praia, feijão-de-macassar, feijão-macassa e feijão miúdo (BRAGA, 1976). É planta herbácea, apresentando formas eretas, semi-eretas, prostradas e trepadoras. Ostenta pequena taxa de fecundação cruzada; flores sésseis de cores variadas; folhas trifolioladas relativamente lisas e brilhantes; vagens compridas, atingindo 14 a 30 cm de comprimento, cilíndricas, lisas, retas ou ligeiramente curvadas, que contêm de 10 a 20 sementes, dependendo da variedade (VIEIRA, 1978).

Há um grande número de variedades que diferem quanto ao tamanho, forma e cores das sementes, ciclo vegetativo, capacidade de produção, porte vegetativo e outras características. Algumas são precoces, completando o ciclo vegetativo em menos de 60 dias, mas outras levam até 7 ou 8 meses, dependendo do ambiente (VIEIRA, 1978). Em adição a estas características, apresentam diferenças intrínsecas em suas qualidades de cocção, textura e "flavor" (DOLVO, 1984).

2.1.2 - Produção mundial e brasileira

Os dados estatísticos disponíveis sobre a produção mundial de feijões secos referem-se, em conjunto, às espécies *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus lunatus*, e espécies de *Vigna* (VIEIRA, 1978). De acordo com estes dados, o Brasil, com uma produção média anual de 2.200.000 toneladas, é o maior produtor mundial, seguindo-se-lhe, em ordem decrescente, a Índia (2.100.000t), a China (1.467.000t), os Estados Unidos da América (944.000t) e o México (896.000t) (MEDINA, 1972; VIEIRA, 1978).

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), é cultivado principalmente nas áreas tropicais da Ásia, África e Índias Ocidentais, sudeste da Europa e nas Américas (DOLVO, 1984).

Na África, onde é a principal leguminosa, é cultivado sob condições diversas de solo e de clima e tradicionalmente em cultura consorciada com o inhame. A maior produção é proveniente das zonas semi-áridas do oeste da África, particularmente nordeste da Nigéria, Niger, Senegal, Upper Volta, Mali, Ghana e Toga (MUELBA et alii, 1984). O continente africano se destaca como o maior produtor mundial com 94,9% da produção, sendo a Nigéria o maior produtor com 760 mil toneladas por ano, que representa 61% da produção mundial, seguido pelo Niger e Uganda com 160 e 56 mil toneladas, respectivamente (PAIVA et alii, 1977).

Na Ásia é cultivado nas regiões Sul e Sudeste geralmente consorciado com o milho, sorgo, mandioca, algodão e cana-de-açúcar. As estimativas indicam que a área utilizada para as várias finalidades de caupi podem exceder a um milhão de hectares da qual mais da metade é plantada para a obtenção da semente seca (PANDEY et alii, 1984).

Esta leguminosa é ainda cultivada na Índia, alguns países da América Central e nos Estados Unidos da América (PAIVA et alii, 1977). O cultivo anual dos Estados Unidos é estimado em 80.000 hectares e as principais áreas de produção de feijão seco são Califórnia e Texas (FERY, 1984).

Os caupis crescem na América Latina em regiões com baixas altitudes e temperaturas mais altas. O principal pro

duto é o Brasil com 1,2 milhões de hectares produzindo 400-600 milhares de toneladas por ano. Outros países que produzem quantidades apreciáveis, incluem a Venezuela e Panamá. Alguns países como o Suriname cultivam grandes quantidades do feijão "yard-long" (*Vigna sesquipedalis*) para exportar para a Europa (WATT et alii, 1984).

No Brasil, o consumo generalizado do feijão, conforme dados da Fundação Getúlio Vargas, é um dos mais elevados do mundo, girando em torno de 28kg/habitante/ano, faz com que sua lavoura seja empreendida em qualquer parte do país onde se realiza a agricultura (MEDINA, 1972), apresentando um rendimento médio anual de 600kg/ha, aproximadamente, (VIEIRA, 1978). Sob a denominação de "feijões", as estatísticas brasileiras englobam, na realidade, o produto de duas espécies distintas: *Vigna unguiculata* (L.) Walp, cultivado unicamente nas Regiões Norte e Nordeste e *Phaseolus vulgaris* L., cultivado nas demais regiões do País (MEDINA, 1972).

O cultivo do caupi no Brasil predomina na região do trópico semi-árido, que abrange todo o Nordeste, delimitado pelas altitudes 3° e 18° S e longitudes 35° e 46° W e, em menor escala, na região do trópico úmido, (ARAÚJO et alii, 1981).

O Nordeste do Brasil é responsável por mais de 75% da produção total da América Latina, (DAOUST et alii, 1984) onde é cultivado em todos os municípios, notadamente dos Estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Maranhão, Paraíba e Pernambuco contribuindo com 70 a 80% da produção de grãos das leguminosas cultivadas para a alimentação humana, apresentando um rendimento médio em torno de 500kg/ha (PAIVA et alii, 1977).

No sistema de exploração agrícola da região, raramente constitui o principal cultivo, sendo plantado, via de regra, em caráter extensivo como cultura secundária, associada a outros produtos agrícolas, principalmente o milho, o algodão arbóreo e a mandioca (PAIVA et alii, 1977). As safras da região caracterizam-se por uma grande instabilidade, apresentando quedas ou elevações acentuadas de um ano para outro, em decorrência, principalmente das condições climáti

cas (MEDINA, 1972).

Dentre os estados produtores de caupi, o Ceará é o que se apresenta com maior área de dispersão, podendo-se admitir que esta leguminosa é cultivada em praticamente todo o estado. Corresponde a 95% do total do feijão cultivado, sendo o quarto produto de suas lavouras, contribuindo com aproximadamente, 12% de sua renda agrícola (PAIVA et alii, 1977).

2.2 - Aspectos nutricionais

2.2.1 - Valor nutritivo

Feijões secos são importantes fontes de nutrientes para os seres humanos (TABEKHIA & LUH, 1980). Apesar de apresentarem composição química variável entre as espécies, têm como característica comum seu alto teor protéico (SMARTT, 1976), além de serem ótimas fontes de carboidratos, vitaminas do complexo B e de diversos minerais, especialmente ferro e manganês (FRANCO, 1982). Segundo OLIVEIRA e Mc GINNIS et alii (1975), citados por SALES (1980), o valor nutritivo das leguminosas tende a variar dependendo de fatores genéticos, solo, uso de fertilizantes e tipo de processamento. ROCKLAND et alii (1979), compararam a composição centesimal do caupi (*Vigna unguiculata*) cru integral com a composição centesimal de outras leguminosas comerciais nas mesmas condições e encontraram para soja (*G. max*), "winged bean" (*P. tetragonolobus*), "garbanzo" (*C. arietinum*) e caupi (*V. unguiculata*), respectivamente, os seguintes resultados: proteína 40,4, 37,5, 18,8 e 24,4%; lipídios 22,3, 21,5, 7,6 e 1,6%; fibra 5,5, 7,5, 2,6 e 3,1%; e cinza 4,9, 3,8, 2,8 e 3,8%.

À semelhança de outras leguminosas, o caupi apresenta variabilidade em sua composição (OMUETTI, 1984). Estudos de algumas variedades de caupi apresentaram valores variá

veis de 6 a 13% para a umidade, 24 a 33% para proteína bruta, 1 a 2% para extrato etéreo, 2 a 5% para fibra bruta, 2 a 5% para cinza e, por diferença, 56 a 68% para carboidratos (LONGE, 1980; OLOGHOBO & FETUGA, 1982).

OLOGHOBO & FETUGA (1982) GUPTA et alii (1980) e OMUETTI et alii (1984) estudaram algumas variedades de caupi. Os resultados encontrados demonstraram uma grande variabilidade quanto à composição mineral, e todas as variedades apresentaram teores elevados de potássio, sódio, magnésio, fósforo e ferro, e relativamente baixos teores de cálcio.

FRANCO (1982) destaca serem os feijões excelentes fontes de vitaminas do complexo B, especialmente riboflavina e niacina. CONNIE & SISTRUNK (1979) consideram-nos geralmente, ótimas fontes de vitamina E. Feijões secos crus contêm, em 100g, uma média de 2mcg de retinol, 540mcg de tiamina, 190mcg de riboflavina, 2,1mg de niacina e 3,0mg de ácido ascórbico (FRANCO, 1982). ADENIJI & POTTER (1981) verificaram ser o caupi uma ótima fonte de tiamina e que uma porção comestível crua de 100g de caupi contém 1,250mg de tiamina.

Vinte variedades de caupi foram analisadas com relação aos teores de açúcar, amido e carboidratos da parede celular. Do total dos carboidratos, 37 a 48% foi amido, 6 a 13% açúcares solúveis e 11 a 13% carboidratos da parede celular. A fração solúvel em etanol continha verbascose, estaquiose, sacarose e rafinose em quantidades variáveis, mas somente traços de frutose e glicose foram encontrados (LONGE, 1980). Em quarenta variedades de caupi estudadas, os teores de açúcares totais - redutores e não redutores - variaram de 2,37 a 5,35% (MOURA FÉ et alii, 1981).

OLOGHOBO & FETUGA (1983a) estudaram dez variedades de caupi e constataram que, apesar de apresentarem considerável variabilidade quanto à composição da fração lipídica, todas as variedades eram pobres fontes de óleo. Em cinco tipos de leguminosas, inclusive caupi, estudadas por MAHADEVAPPA & RAINA (1978) o teor de lipídios totais variou de 1,7 a 2,2% com os lipídios neutros, consistindo principalmente de

triglicerídios, constituindo 46 a 52% do total, fosfolipídios 35 a 40% e glicolipídios 10 a 12%. A análise da matéria não saponificável demonstrou que os esteróis livres predominavam sobre os esterificados (MAHADEVAPPA & RAINA, 1978; SHIOTA & MIZUGASHIRA, 1980) e que o stigmasterol e o β -sitosterol eram os principais esteróis do caupi (MAHADEVAPPA & RAINA, 1981; GAYDON et alii, 1983). Os ácidos graxos predominantes foram o linoléico, palmítico e linolênico (OLOGHOBO & FETUGA, 1983; MAHADEVAPPA & RAINA, 1978) enquanto traços de gadolêico, erúcico e lignocérico também foram encontrados no caupi (OLOGHOBO & FETUGA, 1983).

A qualidade e quantidade de proteínas dos feijões tende a variar (BRESSANI, 1972). Estudos realizados demonstraram que o teor protéico dos feijões varia com o grau de maturidade e peso dos grãos (RUTGER, citado por MEINERS, 1972), com o local de cultivo e época da colheita (SILBERNEGEL, citado por MEINERS, 1972) e com a cor da casca dos grãos (ELIAS et alii, 1979). As proteínas das leguminosas estão localizadas nos cotilédones e eixos embriônicos do grão e somente pequenas quantidades são encontradas nas cascas (BRESSANI, 1972). São de natureza complexa, sendo, em sua maioria, globulinas e albuminas (SATHE & SALUNKHE, 1981d). De um modo geral, as principais proteínas encontradas nos feijões são a faseolina e vicilina (globulinas) e a legumelina (albumina) (SCHMIDT, 1973).

No caupi, a síntese da proteína parece progredir rapidamente nos cotilédones à medida que as sementes se desenvolvem (BLISS, 1972). Em sementes de dezoito cultivares de caupi, a globulina foi a fração predominante (63,35 a 66,88%) do nitrogênio total, a albumina compreendeu uma fração menor (8,44 a 11,72%) e as proteínas alcalinas e álcali-solúveis foram os componentes menores. Os mais altos níveis da maioria dos aminoácidos essenciais ocorreram na fração albumina (DEL ROSARIO, 1981).

JOHNSON et alii, citados por KANAMORI et alii (1982), consideram que a proporção relativa de cada tipo de proteína na semente determina a qualidade nutricional da proteína total porque cada fração tende a ter uma composição de ami

noácidos com características diferentes. Em oito espécies de leguminosas comestíveis estudadas, foi verificado que, embora apresentassem diferenças na composição de aminoácidos, as albuminas continham mais triptofano, lisina, treonina, valina e metionina e menos arginina, leucina e fenilalanina que as globulinas das proteínas isoladas das mesmas espécies de leguminosas (BATTHY, 1982).

Geralmente as proteínas dos feijões apresentam alto teor de lisina mas são deficientes em aminoácidos sulfurados totais (BRESSANI, 1972). YOKE et alii, citados por MEINERS (1972), verificaram que em 313 linhagens de feijão estudadas, o teor de metionina variou de 0,55 para 1,78% da proteína, com uma média de 1,20%. Para o caupi, valores de 1,42 a 1,57% da proteína bruta foram encontrados para metionina (RACKIE, 1972). Outros estudos demonstraram que quanto maior o teor da proteína, menor o teor de cistina e de metionina, e o mais alto nível de cistina e de metionina ocorre em feijões com cerca de 20 a 22% de proteína (BURTON, 1979).

O caupi é considerado fonte potencial de proteínas de ótima qualidade (DEL ROSARIO, 1981). Segundo MITCHELL et alii (1978), a qualidade de uma proteína é a medida da eficiência com a qual ela é usada para o crescimento e manutenção e pode ser avaliada da seguinte maneira: (a) pelo cômputo químico - comparação dos aminoácidos essenciais da proteína em estudo com aqueles encontrados numa proteína de referência; (b) pelo valor biológico (VB) - representa a quantidade de nitrogênio absorvida e retida no organismo; (c) pela taxa de eficiência protéica (PER) - representa a medida de ganho em peso, por quantidade de proteína consumida. Quando comparada com a proteína da FAO (FAO/WHO, 1965), os aminoácidos limitantes do caupi são metionina, cisteína e triptofano (BOULTER, 1972). Isoleucina e algumas vezes valina, foram os aminoácidos limitantes em alguns cultivares estudados (DEL ROSARIO, 1981). Um estudo comparativo do valor biológico de algumas espécies e variedades de feijões mostrou os seguintes valores: *Cajanus cajan*, 46 a 74%; *Phaseolus vulgaris*, 62 a 68%; *Phaseolus aureus*, 39 a 66%; *Phaseolus mungo*, 60 a 64% e *Vigna sinensis* (caupi), 45 a 72% (BRESSANI,

1972). Em relação à taxa de eficiência protéica (PER), ROCKLAND e RADKE (1981) encontraram para o caupi cru, o valor de 1,2 quando comparado com 2,5 para a caseína. LIMA (1972) e CHAVES et alii (1952) verificaram, respectivamente, que a qualidade protéica do caupi era superior a do *Phaseolus*, quando ambos foram utilizados em dietas experimentais para animais.

Dentre as práticas de manuseio são de significado particular os efeitos da aplicação de fertilizantes ao solo. A fertilização de ervilhas com enxofre aumentou o teor de metionina de 1,29 para 2,18g por 100g de proteína (BRESSANI, 1972). A fertilização com nitrogênio aumentou o teor de proteína de sementes de feijão e provocou mudanças na composição de seus aminoácidos. Os teores de lisina, cistina, prolina e leucina aumentaram, mas os teores da maioria dos outros aminoácidos diminuíram; os teores de alanina e fenilalanina foram os menos afetados (CARELLI et alii, 1982). Segundo OMUETTI et alii (1970), citados por SALES (1980), a elevação dos níveis de fósforo parece aumentar a quantidade de proteína em amendoim e caupi, mas não há notícias sobre o valor nutritivo das proteínas resultantes. SOUZA et alii, também citados por SALES (1980), afirmam que a produção e o valor nutritivo de feijões comuns são também influenciados pela fertilização com nitrogênio, potássio e fósforo.

2.2.2 - Fatores tóxicos e antinutricionais

Um grande número de compostos que afetam adversamente a atividade enzimática, digestibilidade, saúde e nutrição são encontrados em sementes de leguminosas (ELKOWICS et alii, 1982).

Inibidores de enzimas digestivas (tripsina, quimotripsina) tanto de natureza protéica como não protéica são constituintes comuns dos feijões (ELIAS et alii, 1979; LIENER & TOMLINSON, 1981; SATHE & SALUNKHE 1981a; SINGH & JAMBUNATHAN, 1981; BRESSANI et alii, 1982; HAFEZ & MOHAMED, 1983). A redução da digestibilidade dos feijões nos animais e no homem

(BRESSANI & ELIAS, 1979; SATHE & SALUNKHE, 1981b; SATHE et alii, 1982), a inibição do crescimento e hipertrofia pancreática em ratos (JAFFÉ et alii, 1973; COLLINS & BEATY, 1980; HAFEZ & MOHAMED, 1983) têm sido associados com a presença destes inibidores. BOOTH et alii, citados por LIENER (1972), são da opinião de que a hipertrofia pancreática leva a uma perda excessiva de proteína endógena secretada pelo pâncreas. Como esta proteína é rica em cistina, o efeito resultante é uma perda líquida de aminoácidos sulfurados totais a partir do organismo. BRESSANI (1972) CHANG & SATTERLEE (1975) e DESHPANDE et alii (1982) admitem que a baixa disponibilidade proteica dos feijões secos pode ser devida à compacta estrutura de suas proteínas, as quais, mesmo após a desnaturação pelo calor, ainda são resistentes à hidrólise pelas enzimas proteolíticas.

Inibidores das atividades das amilases pancreáticas têm sido encontrados em feijões (SINGH et alii, 1982; KOVALENKO & CHERNOBAI, 1982). JAFFÉ et alii (1973) constataram a presença destes inibidores em várias espécies de leguminosas, verificando uma grande variabilidade em suas atividades e que em alguns cultivares de "kidney bean" essas atividades foram mais elevadas.

Glicoproteínas termolábeis, conhecidas como lectinas ou hemaglutininas, estão presentes nas leguminosas, especialmente em feijões das espécies *Phaseolus* (THOMPSON et alii, 1983; MANCINI FILHO et alii, 1979) e interessam à nutrição humana e animal porque são tóxicas quando ingeridas em grandes quantidades (THOMPSON et alii, 1983). Têm sido observados retardo no crescimento, redução do ganho de peso e da digestibilidade de nitrogênio (ROUANET & BESANCON, 1979), má absorção de lipídios, nitrogênio e vitamina B₁₂ (BANWELL et alii, 1983), interrupção da gestação (HUANG, 1980), diarreia e mesmo morte (JANZEN, 1981) de animais experimentais pela ingestão de feijões crus ou pela administração, mesmo em baixas concentrações, de fitoemaglutininas extraídas de *P. vulgaris*. Casos de toxicidade em seres humanos que têm ingerido feijão "red kidney" (*P. vulgaris*) crus ou parcialmente cozidos foram relatados por NOAH et alii citados por THOMPSON

& JENKINS (1983). Os sinais de envenenamento são náusea, vômito e diarreia, aproximadamente duas horas após o consumo de feijões (BENDER & REAIDI, 1982). JAFFÉ et alii, citados por MANCINI FILHO et alii (1979) e ROUANET & BESANCON (1979) consideram que uma possível explicação para o mecanismo da toxicidade das lectinas é sua combinação com certas glicoproteínas da membrana celular que limita a parede intestinal interferindo com a hidrólise e a absorção normal dos nutrientes.

Ácido fítico, fibras e saponinas também têm sido relacionados com a redução do valor nutritivo dos feijões. O efeito benéfico do consumo de fibras dietéticas tem sido enfatizado (NOMANI et alii, 1979) mas acredita-se que estas interferem negativamente com a absorção de minerais traços pelo trato gastrointestinal (CAMIRE & CLYDESDALE, 1981). A baixa absorção do ferro e de outros minerais em dietas ricas em leguminosas e cereais tem sido estudada e os teores de compostos como o ácido fítico e fibras detergentes neutras nestes alimentos, aliados a diferentes valores de pH, temperatura e tipo de aquecimento têm sido apontados como os mais prováveis responsáveis por esta má absorção (GARCIA et alii, 1982; CLYDESDALE & CAMIRE, 1983). KIES et alii (1979) e THOMPSON et alii (1979), citados por ELKOWICZ & SOSULSKI (1982), admitem que a fibra da parede celular pode reduzir a absorção de cobre, zinco e ferro enquanto SPILLER et alii também citados por ELKOWICZ & SOSULSKI (1982), consideram que o ácido fítico em sua forma natural como um complexo fitato-mineral-proteína pode diminuir a disponibilidade de zinco, magnésio, fósforo, cálcio e ferro. Recentemente, ACTON et alii (1982), declararam que os constituintes das fibras dietéticas podem reduzir a digestibilidade protéica e aumentar a excreção de nitrogênio. Segundo CHEEKE e WEST et alii, citados por ELKOWICZ & SOSULSKI (1982), a inibição do crescimento provocada por saponinas, pode ser devida à redução da ingestão de alimentos e à formação de complexos insolúveis de saponinas-minerais.

Considerável variabilidade quanto às atividades de hemaglutininas e de inibidor de tripsina foram observadas em

diferentes linhagens de caupi (OLOGHOBO & FETUGA, 1983b; DEL ROSARIO et alii, 1980). OLOGHOBO & FETUGA (1983b) encontraram em algumas linhagens de caupi, por miligrama de proteína, para as atividades antitriptica e hemaglutinante, valores de 19,6 a 28,2 TUI (unidades inibidoras de tripsina) e de 33,5 a 98,9 HU (unidades de hemaglutininas). O estudo comparativo dos resultados obtidos da análise de onze diferentes tipos de leguminosas mostrou para o caupi valores intermediários de ácido fítico (7,61mg/g de caupi para 11,64mg/g de soja) e de fibra dietética insolúvel (4,28% em caupi para 5,94% em soja) e os mais altos valores de atividade hemolisante de saponinas (12,8HA/g de caupi para 0,0HA/g de soja), o que pode ter efeitos adversos sobre o seu valor nutritivo (ELKOWICZ & SOSULSKI, 1982).

Quanto à digestibilidade "in vitro" do amido, o caupi revelou-se como sendo a melhor das leguminosas estudadas (JYOTHI & REDDY, 1981).

As sementes de leguminosas têm a propriedade de estimular a formação de gases após sua ingestão (FLEMING, 1981) o que, além de ser um desconforto social para muitas pessoas (SATHE & SALUNKHE, 1981b) é um dos fatores que limita seu consumo (FLEMING, 1982). Experimentos com seres humanos têm demonstrado que as espécies, biótipos e cultivares de leguminosas exibem grandes variações nessa produção de "flatus" (SOSULSKI et alii, 1982). Segundo STEGGARDA e STEGGARDA et alii, citados por ONIGBINDE & AKINYELE (1983), o desconforto gastrointestinal experimentado após a ingestão de caupi, caracterizado por flatulência e diarreia, tem sido associado especificamente com oligossacarídeos de baixo peso molecular, especialmente rafinose, estaquiose e verbascose. Estes açúcares que são solúveis em solução alcoólica de 80% (FLEMING, 1981) e estáveis ao calor e nos quais a galactose está presente em ligação α (GUPTA & WAGLE, 1980), escapam à digestão devido a deficiência de atividade da α -1-6-galactosidase na mucosa intestinal dos mamíferos (SATHE & SALUNKHE, 1981b) e por isso não são absorvidos para a corrente sanguínea (REDDY et alii, 1980). Aparentemente, estes açúcares não digeríveis passam para o intestino grosso onde são fermenta

dos por microrganismos com a formação de gases (AKPAPUNAN & MARKAKIS, 1979). Segundo RACKIS e ANDERSON et alii, citados por REDDY et alii (1980), estes gases compreendem grandes quantidades de dióxido de carbono, hidrogênio e pequenas quantidades de metano. Os teores médios, em base seca, de rafinose, estaquiose e verbascose encontrados em estudos com caupis integrais de diferentes cultivares, variaram de 0,41 a 2,60%, de 3,30 a 4,44% e de 0,48 a 0,90%, respectivamente (AKPAPUNAN & MARKAKIS, 1979; ONIGBINDE & AKINYELE, 1983; SO SULSKI et alii, 1982).

2.3 - Aspectos da utilização por métodos convencionais

2.3.1 - Cocção e fatores que a afetam

As leguminosas podem ser utilizadas de várias maneiras, mas acredita-se que o maior volume dos grãos produzidos são consumidos maduros e secos já que este é o modo mais econômico de armazenar a colheita. Em menor extensão, são também utilizados em forma de vagens frescas (modo mais comum do *Phaseolus vulgaris* e do *Phaseolus coccineus* serem consumidos na Europa Ocidental); como grãos frescos maduros ou verdes ("lima beans" são frequentemente consumidos desta maneira); e como sementes germinadas ou produtos fermentados (práticas muito difundidas no Oriente e Sudeste da África) (SMARTT, 1976).

Segundo LIENER & KAKADE, citados por SILVA et alii (1981) e por VARRIANO-MARSTON & OMANA (1979), a dureza dos feijões secos, responsável por sua durabilidade de armazenamento, deve ser superada pela cocção, de modo a torná-los palatáveis, desenvolver sabor e textura aceitáveis, inativar os fatores antinutricionais e tornar suas proteínas nutricionalmente disponíveis.

A cocção através da ebulição por 3 a 4 horas a pressão atmosférica é a forma mais usada para preparar legumino

sas secas para o consumo (BRESSANI, 1973). No entanto, tempos de cocção prolongados podem resultar em grandes perdas de nutrientes (VARRIANO-MARSTON & OMANA, 1979).

O tempo de cocção de leguminosas secas depende da variedade (CRAWFORD, 1966), do teor de umidade dos grãos e da temperatura e teor de umidade relativa de armazenamento (WESTON et alii; MORRIS et alii; BURR et alii; KON e BURR; citados por SEFA-DEDEH et alii, 1979).

Certas variedades de lentilhas e ervilhas secas cozinham em 15 a 40 min, feijões mulatinho e preto, cozinham no espaço de 1 a 3 h e é quase impossível cozinhar algumas variedades de soja, mesmo em panela de pressão (CRAWFORD, 1966).

Pesquisas diversas têm demonstrado que o caupi e outras leguminosas, após armazenamento prolongado sob condições desfavoráveis, como temperatura e teor de umidade relativa elevados, podem desenvolver o defeito "hard-to-cook", isto é, um aumento do tempo requerido para o amaciamento, constituindo-se no principal problema que afeta a sua utilização (SEFA-DEDEH et alii, 1979; KON & SANSHUCK, 1981; JONES & BOULTER, 1983; JACKSON & VARRIANO-MARSTON, 1981).

O aumento do tempo de cocção de feijões armazenados imprópriamente tem sido relacionado com o desenvolvimento da impermeabilidade tanto das cascas como dos cotilédones dos grãos (JACKSON & VARRIANO-MARSTON, 1981).

Segundo ROCKLAND & JONES e SEFA-DEDEH et alii, citados por SEFA-DEDEH et alii (1979), o amaciamento dos feijões durante a cocção, é acompanhado de mudanças estruturais tais como a quebra da lamela média nos cotilédones. MATTSON, citado por VARRIANO-MARSTON & OMANA (1979), encontrou uma relação positiva entre o conteúdo de fosfato orgânico do grão e a facilidade de cocção. O ácido fítico é a principal fonte de fosfato orgânico em feijões e outros grãos (TABEKHIA & LUH, 1980) e a conversão enzimática do ácido fítico a fosfato inorgânico afeta a rapidez de cocção das leguminosas (MATTSON; MATTSON et alii e KON, citados por VARRIANO-MARSTON & JACKSON, 1981). ROCKLAND & METZLER, citados por SIL

VA et alii (1981), acreditam que os fosfatos orgânicos atuam como agentes quelantes que ajudam a dissociar possíveis sais de cálcio ou outros metais que formam complexos sais-proteínas facilitando, assim, o amaciamento.

A lignificação da lamela média, a conversão do ácido fítico a fósforo inorgânico pela ação catalítica da enzima fitase e a degradação das membranas que circundam algumas organelas citoplasmáticas por digestão autofágica, são algumas modificações que ocorrem em feijões pretos durante o armazenamento a temperatura e umidades relativas elevadas (40°C e 75% a 100% de umidade relativa) e que podem explicar o decréscimo da capacidade de cocção destas leguminosas (VARIANO-MARSTON & JACKSON, 1981). SEFA-DEDEH et alii (1979) armazenaram feijão caupi, a 0°C (80% de umidade relativa), 21°C (35% de umidade relativa) e 29°C (85% de umidade relativa). Após 12 meses de armazenamento, o estudo desses feijões demonstrou que aqueles armazenados a 29°C (85% de umidade relativa) apresentaram pronunciado escurecimento dos grãos, incidência de 10% de grãos mofados, perdas de proteínas em decorrência do remolho por 24 h e a ocorrência do defeito "hard-to-cook". A microestrutura dos feijões defeituosos mostrou uma quebra incompleta da lamela média, ficando assim parcialmente explicado este defeito. A perda de proteínas em decorrência do remolho, possivelmente, foi devida à ação de proteases que devem ter sido ativadas durante o armazenamento, o que pode explicar algumas mudanças funcionais e estruturais sofridas pelos grãos (SEFA-DEDEH et alii, 1979).

Aumento do tempo de cocção, decréscimo do PER e da disponibilidade de metionina e cistina de feijões secos (*Phaseolus vulgaris*, L.) foram observados, após o armazenamento a temperatura e teor de umidade relativa elevados (37°C e 76% de umidade relativa), por ANTUNES & SGARBIERI (1979). Uma redução do valor nutritivo da proteína, da disponibilidade de lisina e do teor de tiamina, em decorrência de armazenamento inadequados também foram observados respectivamente, por MITCHELL et alii, BEN-GERA et alii e DAWSON et alii, citados por SALES (1980).

Segundo JORDÃO & STOLF (1969/70), o controle da umi

dade dos grãos é também muito importante durante o armazenamento. MORRIS & WOOD, citados por NORDSTROM & SISTRUNK (1979), verificaram que feijões com teor de umidade acima de 13% deterioraram significativamente em "flavor" e textura após armazenamento por 6 meses a 25°C. Feijões armazenados com menos de 10% de umidade mantiveram ótima qualidade mesmo após 24 meses de armazenamento (NORDSTROM & SISTRUNK, 1979).

Para feijões "black beans", JACKSON & VARRIANO-MARTON (1981) observaram que o processo de cocção envolve pelo menos dois passos: absorção de água para uma condição de equilíbrio com a água livre, seguida pelo amaciamento pelo calor e que o tempo de cocção mostrou ser inversamente proporcional ao teor de umidade contido nos grãos após a reidratação.

O tempo de cocção de feijões secos pode ser marcadamente reduzido pelos procedimentos que influenciam a integridade celular, textura, capacidade de embebição de água e transferência de calor (HACKLER, citado por KILGORE & SISTRUNK, 1981). Estes procedimentos empregam o uso do tratamento de remolho, capaz de amolecer a casca dos grãos de feijões secos (KILGORE & SISTRUNK, 1981). Portanto, para obter uma cocção mais rápida, quando feijões são preparados para o consumo, eles são usualmente reidratados antes da cocção (KON, 1979). O peso da maioria dos grãos, da maioria das variedades, aumenta 100% ou mais durante este processo (CRAWFORD, 1966). Segundo EKPENYONG & BORCHERS (1980) a cocção prolongada, depois de um período longo de remolho, melhorou o "flavor" e aumentou a maciez e o peso de feijões "winged" cozidos.

O remolho, contudo, é um processo demorado e vários métodos têm sido propostos para reduzi-lo, sendo o método mais comum realizá-lo com água a temperaturas elevadas para aumentar as taxas de embebição (KON, 1979). Através deste método, o tempo de remolho necessário para a máxima embebição ser alcançada em feijões "California small white" foi reduzido de 16 h a 20°C (temperatura ambiente), para menos de 1h a 90°C. A temperatura de remolho também teve um importante efeito sobre o tempo de cocção desses feijões. Aqueles

reidratados a 90°C apresentaram um tempo de cocção consideravelmente menor que os demais (reidratados, respectivamente, a 20, 40, 50, 60, 70 e 80°C) e foi paralelo às quantidades de fósforo orgânico retidos nos feijões após o remolho (KON, 1979). Segundo VARRIANO-MARSTON & OMANA (1979) durante o remolho, os feijões podem ganhar ou perder minerais enquanto os íons são redistribuídos dentro da estrutura celular. KON (1979) verificou que mais fosfato orgânico (ácido fítico) foi hidrolisado a fosfato inorgânico, pela ação da enzima fitase, a temperaturas mais baixas de remolho (20 a 40°C), enquanto que mais material contendo fosfato inorgânico e algum fosfato orgânico foi drenado a temperaturas mais altas (60, 70 e 80°C). Como consequência destas duas ações independentes, os feijões "California small white" reidratados a 70°C retiveram a menor quantidade de fosfato orgânico correspondendo aos feijões com o maior tempo de cocção. O remolho a 90°C provocou uma rápida inativação da fitase dos feijões permitindo que, somente 25 % do fitato fosse hidrolisado, e fazendo os feijões cozinarem mais rapidamente.

Segundo pesquisadores diversos, a adição de bicarbonato de sódio ou de outros sais à água de remolho ou de cocção, também reduz significativamente o tempo de cocção dos feijões secos, porque permite melhor embebição da água através do amolecimento da casca da semente (SHINDE & SHIRALKAR, 1980; SILVA *et alii*, 1981; KADAM *et alii*, 1981; NARAYANA, 1981; KILGORE & SISTRUNK, 1981; IYER *et alii*, 1980). VARRIANO-MARSTON & OMANA (1979) mostraram que a ação dos sais de sódio no amaciamento dos feijões ocorre por troca de íons e possivelmente por quelação e que também durante o remolho e cocção em meio alcalino, os íons responsáveis pela firmeza celular, especialmente potássio e magnésio, são substituídos ou expulsos pelos íons de sódio, resultando na solubilização das substâncias pécnicas, facilitando o amaciamento dos grãos. No entanto, EDIJALA (1980) verificou que a redução do tempo de cocção do caupi só foi significativa quando altas concentrações de bicarbonato de sódio foram usadas, tornando assim, o produto final inaceitável organolepticamente.

Outros meios efetivos de reduzir o tempo de cocção

de feijões secos envolvem a cocção a pressão (15 libras) (ORNELLAS, 1979), ou a microondas (CHUNG et alii, 1981) e o descasque dos grãos já reidratados (JACKSON & VARRIANO-MARSTON, 1981).

Segundo CRAWFORD (1966), o teor de sais divalentes contido na água usada para a cocção também é um fator importante. BUREN (1983) verificou que enquanto sais monovalentes como NaCl usualmente amolecem o produto, cátions divalentes como CaCl_2 , usualmente dão firmeza ao produto. Portanto, águas duras com alto teor de sais de cálcio e de magnésio, provocam o endurecimento das cascas dos feijões, tornando-os de difícil cocção. O sal de cozinha (NaCl) pode também conter cálcio e magnésio em quantidades suficientes para provocar ligeiro endurecimento das cascas dos grãos (CRAWFORD, 1966). STEPANOV (1972) verificou que o tempo de cocção de feijões aos quais foi acrescentado sal (NaCl), no início da cocção, aumentou de 4 a 5% quando comparado com o tempo de cocção daqueles cozidos sem a adição de sal.

2.3.2 - Efeitos da cocção sobre o valor nutritivo

O valor nutritivo das leguminosas pode ser influenciado marcadamente pela maneira pela qual elas são utilizadas (SMARTT, 1976).

Uma redução do teor de minerais e de vitaminas (especialmente as hidrossolúveis), em decorrência do remolho e fervura de leguminosas em água, foi verificada por diversos pesquisadores (RAAB et alii, 1973; SALIB et alii, 1981; ODACHI et alii, 1980; HARRING & VANDELFT, 1981; AUGUSTIN, et alii, 1981; GROTE & FROMME, 1982; SOETRISNO et alii, 1982). Segundo EDIJALA (1980a), os teores de tiamina e riboflavina de algumas variedades de caupi não foram significativamente afetados pelo remolho em água por 5 1/2h a 6 1/2h, mas o descasque das variedades marrons e a fervura de todas as variedades resultaram em perdas consideráveis dessas duas vitaminas. O remolho de feijões "California small white" realizado a temperaturas de 60°C ou mais (até 90°C) provocou uma

maior redução dos teores de cálcio, magnésio, tiamina, riboflavina e niacina do que aqueles realizados a temperaturas de até 50°C (KON, 1979). Caupi e outras leguminosas fervidos por 2 min, deixados em repouso por 1h e cozidos em um excesso de água até ficarem macios, apresentaram uma retenção de cinza, potássio, ferro, zinco e cobre, respectivamente, de 72 a 98%, 70 a 77%, 86 a 98%, 91 a 100% e 57 a 85%. Quanto às vitaminas, a retenção foi de 47 a 85% para tiamina, de 76 a 100% para riboflavina, de 60 a 75% para niacina, de 53 a 83% para vitamina B₆ e de 46 a 87% para ácido pantotênico (HAYTAWITZ, 1983). Segundo BLUMENTAL et alii (1981) a fervura de "French beans" em grande quantidade de água provocou maiores perdas de magnésio, ferro, zinco, cobre e manganês, do que a cocção a vapor enquanto a cocção rápida a pressão foi aquela que mostrou menores perdas. Com exceção do teor de sódio que aumentou, uma redução muito acentuada de alguns minerais, especialmente potássio e magnésio, foi observada pelo remolho e fervura de feijões pretos (*Phaseolus vulagris*, L.) em soluções salinas de sódio (VARRIANO-MARSTON & OMANA, 1979). Uma maior retenção dos teores de ácido L-ascórbico, tiamina e riboflavina foi observada em alguns vegetais (inclusive caupis) fervidos em meio ácido (pH 6) do que em meio alcalino (pH 8). O aumento do tempo de fervura resultou em maiores perdas dessas vitaminas (SALTB et alii, 1980). O estudo de caupis (cultivar Crimson) cozidos por fervura e vapor, previamente reidratados por 3h de remolho em três diferentes tampões (citrato, fosfato e bicarbonato) a quatro diferentes valores de pH (4,5; 5,5; 7,0; 8,0) com ou sem a adição de EDTA (etilenodiaminatetracetato), mostrou que vitaminas como ácido pantotênico, niacina e folacina foram mais estáveis ao tampão bicarbonato e não foram afetados por EDTA. Nenhum dos tampões mostrou efeito consistentemente negativo sobre a perda de todas as vitaminas e nem a cocção a vapor reteve mais vitaminas que a cocção por fervura (KILGORE & SISTRUNK, 1981). No entanto, EDIJALA (1980b) verificou que o tratamento alcalino de caupi com potassa e bicarbonato de sódio provocou uma severa perda de tiamina e riboflavina, e que as perdas dessas vitaminas não foram dependentes do pH mas da concentração das soluções alcalinas.

Diferenças não significativas, foram observadas, quanto a retenção de minerais e vitaminas, pela cocção a microondas e método convencional, de feijões "Colossus peas" (*Vigna unguiculata*) (CHUNG et alii, 1981; CROSS, 1982). Segundo QUENZER & BURNS (1981) e THERMADOR citado por MAI et alii (1980), quando comparada com os métodos convencionais, a cocção a microondas resulta em maior retenção de ácido ascórbico em frutas e vegetais. O acréscimo de diferentes quantidades de NaCl na água para cocção de "French beans" e outros vegetais não afetou as perdas por cocção, de potássio, magnésio, ferro e zinco, mas provocou um aumento do teor de sódio e um decréscimo do teor de cálcio (SHEFFELD et alii, 1982). A cocção de leguminosas em água, contendo NaCl, reduziu as perdas de tiamina em torno de 4 a 9%, de riboflavina em torno de 1,5 a 3% e não teve nenhum efeito sobre a retenção de niacina (STEPANOV, 1972).

A fermentação natural por 4 dias a 25°C de caupi e "chickpeas" provocou um decréscimo significativo do teor de niacina em ambos os feijões, um decréscimo de teor de tiamina em "chickpeas" e um aumento do teor de riboflavina no caupi (ZAMORA & FIELDS, 1979). Uma elevação significativa dos níveis de ácido L-ascórbico, riboflavina e niacina foi observada em leguminosas pela germinação (SMARTT, 1976).

AZPIROZ et alii (1983) e OLSON et alii (1982), respectivamente, observaram uma redução do teor de açúcares após o remolho de algumas variedades de feijões e LAURENT (1983) verificou que os teores de açúcares solúveis, amido e fibras de feijões submetidos à cocção lenta e rápida foram mais baixos após a cocção lenta e que um longo tempo de cocção afetou especialmente os ácidos urônicos (pectinas). Segundo ANDERSON & CLYDESDALE (1980), o processamento úmido de aquecimento (30 min em água fervendo) tendeu primeiro a solubilizar e depois a destruir as substâncias pecticas de "green beans", cenouras e farelo de trigo. Apesar de CROSS & FUNG (1982) afirmarem não haver diferenças quanto ao teor de carboidratos entre alimentos processados por métodos convencionais e a microondas, HIGO et alii (1981) verificaram que uma pasta preparada de amido, após cocção a microondas,

continha grânulos de amido não entumescidos e fragmentos específicos, o que sugere que a irradiação por microondas teve, sobre o amido, efeitos diferentes do que teve o simples aquecimento.

FLEMING & VOSE (1979) e FLEMING (1982), após vários estudos, realizados em ratos, sobre a influência do processamento (cocção em panela de pressão ou autoclavagem, secagem em secador atomizador ou liofilização, ou simultaneamente cocção e secagem em secador de tambor ou cocção por extrusão) sobre o valor nutritivo do amido de diversas leguminosas, verificaram que os amidos crus de todas as leguminosas foram 100% digestíveis e que a cocção do amido não trouxe nenhuma vantagem adicional, pela avaliação a partir do ganho de peso, taxa de eficiência de alimentação ou digestibilidade protéica aparente. No entanto, JYOTHI & REDDY (1981) verificaram que tanto a cocção por calor seco (torramento) como por calor úmido (fervura) melhoraram a digestibilidade do amido de "black gram", "chickpea", "green gram", "horse gram", "red gram" e caupi. Verificaram também um aumento progressivo da digestibilidade dessas leguminosas com o aumento do período de germinação de 0 a 36h e uma ótima digestibilidade com 36h de germinação. O estudo do efeito da germinação a 22°C nas alterações nos carboidratos de "red kidney", "gloria pink" (ambos *Phaseolus vulgaris*, L.) e caupis secos (*Vigna sinensis*, Endl.) demonstrou que amido, amilose e amilopectina diminuíram gradualmente durante os seis dias do período de germinação, os níveis de sacarose aumentaram nos brotos de quatro dias e os teores de fibra ácido detergente, celulose e lignina não mudaram apreciavelmente durante a germinação (LABANEIAH & LUH, 1981).

Uma retenção de 72 a 100% do teor original de lipídios de várias leguminosas, inclusive caupi, após remolho a temperaturas elevadas e fervura em água, foi observada por diversos pesquisadores (HAYTAWITZ, 1983 e OLSON, 1982). Comparadas com a cocção convencional, nem a cocção em meio alcalino, nem a cocção a microondas apresentaram diferenças significativas quanto ao teor de lipídios de diversas leguminosas (MAI et alii, 1980; CHUNG et alii, 1981; CROSS, 1982

e AZPIROZ et alii, 1983). No entanto, segundo HIGO et alii (1982), componentes contendo ésteres metílicos de ácidos graxos e amido de trigo, após irradiação a microondas, apresentaram quantidades consideráveis de ésteres metílicos de ácidos graxos que não foram extraídos com éter de petróleo, indicando a formação de complexos entre o amido e os lipídios.

Um aumento da digestibilidade "in vitro" das proteínas de diversas variedades de feijões, por aquecimento, foi relatada por vários pesquisadores (GEERVANI & THEOPHILUS, 1980; SATHE & SALUNKHE, 1981a; SATHE et alii, 1982; SATHE et alii, 1982) e atribuído, em parte, à desnaturação protéica, o que aumenta a susceptibilidade da proteína ao ataque enzimático (SATHE et alii, 1982), bem como à eliminação da atividade anti-tríptica (EKPENYONG & BROCHERS, 1981) provocadas pelo calor. Para feijões "blackeye" (caupi), "pink", "small white" e "pinto" cozidos, as taxas de eficiência protéica (PER) foram 1,6, 1,2 a 1,3, 1,2 a 1,4 e 1,2 a 1,3, respectivamente, quando comparadas com 2,5 para a caseína. Os mesmos feijões quando crus apresentaram valores de PER de 1,2, 0,0, 0,0 e 0,0, respectivamente (ROCKLAND & RADKE, 1981).

Os métodos que empregaram calor úmido foram muito mais eficazes em aumentar a digestibilidade protéica de feijões "redgram", "blackgram", "bengalgram" (GEERVANI & THEOPHILUS, 1980) e "great northern" (SATHE et alii, 1982) do que os métodos que empregaram calor seco. Foi verificado que algumas variedades de feijões ("greengram", caupi, "mung bean", "lima bean" e soja) apresentaram índices nutricionais ligeiramente mais elevados após fermentação e germinação (KRISHNAMURTHY et alii, 1982; BUI et alii, 1980; FAHMAY et alii 1981). No entanto, segundo GEERVANI & THEOPHILUS (1980), a fermentação e germinação não tiveram nenhuma vantagem sobre os métodos que empregam calor úmido em aumentar a qualidade biológica protéica de feijões "redgram", "blackgram" e "bengalgram".

EKPENYONG & BROCHERS (1981) observaram que apesar da autoclavagem ter melhorado a digestibilidade protéica "in vitro" de feijões "winged", pelo aumento da disponibilidade biológica dos aminoácidos sulfurados totais, em decorrência

da destruição dos inibidores de tripsina, este tipo de processamento resultou em um decréscimo dos teores de lisina, arginina, histidina, leucina e ácido glutâmico desses feijões. Outros pesquisadores também observaram uma redução dos teores de diversos aminoácidos, tanto essenciais como não essenciais, de feijões submetidos, respectivamente, a diferentes métodos de cocção, como fervura convencional (TALANOV, 1972), cocção a pressão (ODACHI, 1980), cocção a vapor (ADDO & HILL, 1983), autoclavagem (ANTUNES & SGARBIERI, 1980), secagem por ar quente (SUOZIL & LISKÁ, 1981), torramento (FERRIER & LOPEZ, 1979; LUH & WOODROOF, 1975) e cocção a microondas (CHUNG *et alii*, 1981). Foi observada uma diminuição da digestibilidade protéica de leguminosas e outros alimentos, pela redução da disponibilidade biológica de diversos aminoácidos essenciais, especialmente lisina, serina, treonina e sulfurados totais, em decorrência de processamentos que envolvem principalmente tratamento alcalino (FRIEDMAN *et alii*, 1981; ISHIDA *et alii*, 1979; JEUNINK & CHEFTEL, 1979; FRIEDMAN & MARSTERS, 1982; STEINING & MONTAG, 1982; ROBBINS & BALLEW, 1982; SAVOIE & PARENT, 1983) e calor (MARSHALL *et alii*, 1982; CHANG *et alii*, 1982; LUH & WOODROOF, 1975).

As proteínas submetidas ao tratamento alcalino podem sofrer quatro diferentes tipos de reações: hidrólise das ligações peptídicas, destruição das cadeias laterais dos aminoácidos, racemização de L- para D-aminoácidos e formação de um aminoácido de ligação cruzada, N ξ - (DI-2-amino-2-carboxietil)-L-lisina, comumente chamado lisinoalanina (LAL) (SAVOIE & PARENT, 1983; ROBBINS & BALLEW, 1982; HAYASHI & KAMEDA, 1980). Segundo BOHAK e NASEF *et alii*, citados por RETHIWILL & WARTHESEN (1980), LAL é formado pela adição nucleofílica do grupo ξ -amino da lisina à ligação dupla da deidroalanina, durante o tratamento alcalino das proteínas. Sob condições alcalinas, deidroalanina pode se formar a partir da β -eliminação de uma variedade de compostos, inclusive cistina, cisteína, serina e treonina (RETHIWILL & WARTHESEN, 1980; SAVOIE & PARENT, 1983). Apesar da cistina ser um aminoácido não essencial, ele economiza a metionina dietética, contribuindo, assim, para o requerimento dos aminoácidos sulfurados totais (ROBBINS & BALLEW, 1982). Além de reduzir

a biodisponibilidade de aminoácidos, foi verificado, por diversos pesquisadores, que LAL também produz lesões renais (nefracitomegalia) em ratos (RAYMOND, 1980; RETHIWILL e WARTHESEN, 1980; SAVOIE & PARENT, 1983). STERNBERG et alii, citados por RAYMOND (1980), estudaram o teor de LAL de uma variedade de alimentos de preparação comercial e caseira e verificaram que LAL ocorreu não somente em alimentos e ingredientes preparados por tratamento alcalino como também quando aquecidos em condições não alcalinas.

A redução da biodisponibilidade da lisina pode também resultar da reação de escurecimento não enzimático(MAILLARD), quando alimentos protéicos recebem tratamento por calor ou são armazenados por longos períodos de tempo na presença de açúcares redutores(MAGA, 1981; PETERSON & WARTHESEN, 1979). Nos estágios iniciais da reação de MAILLARD, o grupo ξ -amino da lisina é bloqueado por um açúcar redutor. Esta lisina que reagiu não é susceptível ao ataque enzimático e torna-se, portanto, nutricionalmente não disponível (PETERSON & WARTHESEN, 1979; MARSHALL et alii, 1982). Segundo ORSI (1980), a reação de MAILLARD entre glicose e lisina ocorre a 128-202°C com um segundo passo a 197-237°C, sendo a proporção ótima de glicose e lisina de 70:30. Não obstante o escurecimento ocorrer a temperatura ambiente e abaixo desta, e nos alimentos de pH e conteúdo de umidade normais, ocorre mais rapidamente, sob temperaturas elevadas, em meio alcalino e quando o conteúdo em umidade é baixo, como no processamento por calor seco (GRISWOLD, 1972).

Os aminoácidos sulfurados, metionina e cistina/cisteína podem ser convertidos em várias formas parcial ou completamente oxidadas, como metionina sulfoxida, metionina sulfona, cisteína ácido sulfúrico e ácido cisteico, por tratamento com o calor e/ou por agentes oxidantes sob tratamentos suaves com calor (KUNACHOWICZ et alii, STRANGE et alii, SLUNP & SCHRENDER e SCHBACK & KLOSTERMEYER, citados por CHANG et alii, 1982). A biodisponibilidade das várias formas oxidadas de metionina e cistina diferem, dependendo do grau de oxidação (MARSHALL et alii, 1982).

2.3.3 - Efeitos da cocção sobre os fatores tóxicos e antinutricionais

Muitos dos fatores tóxicos e antinutricionais das leguminosas podem ser destruídos ou reduzidos em grande extensão por aquecimento apropriado e processamento durante o preparo do alimento, o que leva a um aumento do seu valor nutritivo (SMARTT, 1976). Os tratamentos podem incluir descasque, remolho e drenagem, esterilização, vapor, fervura, autoclavagem e germinação (ELKOWICZ & SOSULSKI, 1982; SMARTT, 1976).

O remolho dos grãos das leguminosas pode levar à redução das atividades dos inibidores de tripsina (GATFIELD, 1980; CAMACHO et alii, 1981) e de hemaglutininas (SATHE & SALUNKHE, 1981a; SATHE et alii, 1982) e dos teores de taninos (DE LUMEN & SALAMAT, 1980), ácido fítico (TABEKHIA & LUH, 1980; KON, 1979), saponinas (SMARTT, 1976) e de oligossacarídeos como rafinose e estaquiose (DA SILVA et alii, 1981; LABANEIAH & LUH, 1981; JACORZYNSKI et alii, 1981; SILVA & BRAGA, 1982; AZPIROZ et alii, 1983).

Segundo, LIENER, citado, respectivamente, por SMARTT (1976), DESHPANDE et alii (1982) e THOMPSON et alii (1983), o aquecimento pela cocção é, contudo, o meio mais potente para aumentar o valor nutritivo de feijões, pela eliminação da maioria dos fatores antinutricionais e tóxicos, especialmente dos inibidores de enzimas digestivas e de lectinas.

A extensão da redução desses fatores antinutricionais pelo remolho e cocção é dependente do modo de aplicação do calor, do tipo de leguminosa, do tipo de solução, da temperatura e do tempo utilizados. AL-BAKIR et alii (1982) verificaram que o remolho em água, a temperatura ambiente, provocou uma redução da atividade do inibidor de tripsina em grãos de "broad bean" e "chickpea" e um aumento dessa atividade em grãos de "black eyed pea" (caupi), enquanto BENDER (1983) verificou que o remolho em água destilada por 48h removeu 11% de hemaglutininas em *Lens culinaris* e 100% em *Vigna sinensis*. O remolho de sementes de sorgo em solução al

calina a 30°C removeu 75 a 85 % de taninos em 24h, enquanto que a 100°C o tempo requerido para remover a mesma quantidade de taninos foi reduzido de 24h para 20min (CHAVAN et alii, 1979). Quanto ao modo de aplicação de calor durante a cocção, a autoclavagem foi o melhor método, seguido da cocção em calor úmido (fervura), vapor e torramento para a redução da atividade do inibidor de tripsina em quatro variedades de soja e seis variedades de "winged bean", respectivamente. Os tratamentos alcalinos e ácidos tiveram um efeito favorável e o remolho prévio favoreceu a destruição mais rápida em todos os métodos de aquecimento úmido (MANORAMA & SAROJINI, 1982; TAN & WONG, 1982). ALBRECHT et alii, citados por SOE TRISNO et alii, (1982), SOHONIE et alii, citados por SATHE & SALUNKHE (1981a) e KANG et alii (1980), verificaram que o método de cocção por fervura de feijões previamente reidratados pode ser tão eficiente quanto a autoclavagem na destruição do inibidor de tripsina, mas AL-BAKIR et alii (1982) verificaram que, para o "black-eyed pea" (caupi), previamente reidratado, o aquecimento a 121°C por 30 min resultou em completa inativação do inibidor, enquanto 94% e 58% da atividade inibitória foi retida após aquecimento por 30min a 80°C e 100°C, respectivamente. Uma comparação entre os efeitos dos métodos de cocção a microondas e convencional (fervura), usados na preparação caseira do "colossus peas" (*Vigna unguiculata*), mostrou que ambos os métodos resultaram na perda de 92 a 97% da atividade do inibidor de tripsina (CHUNG et alii, 1981). Segundo BRESSANI et alii (1979), os taninos não são destruídos pela fervura mas são removidos por difusão o que diminui a atividade inibitória, resultando em um aumento da qualidade protéica. Segundo BENDER & REAIDI (1982), apesar de haver variações na estabilidade das lectinas de diferentes amostras de feijões, as lectinas de "kidney bean" (*Phaseolus vulgaris*, L.) são completamente destruídas por aproximadamente 10min de fervura. No entanto, o aquecimento do mesmo feijão a 80°C provocou um aumento da quantidade de lectinas de aproximadamente cinco (5) vezes, de modo que os feijões cozidos incompletamente podem ser mais tóxicos do que os feijões crus. O remolho de feijões "California small white" em água a 60°C e a temperaturas mais ele

vadas (90°C) removeu 50 a 75 % de estaquiose e rafinose, enquanto o remolho abaixo de 60°C removeu somente pequenas frações destes dois oligossacarídeos (cerca de 5% a temperatura ambiente e de 15% a 50°C) (KON, 1979). Em adição a simples difusão, estes compostos são também hidrolisados sob aquelas condições (60 a 90°C), desde que foi verificado ser a temperatura ótima da α -galactosidase do feijão, em torno de 55°C (KON et alii; BECKER et alii; KON & WAGNER, citados por KON, 1979). Segundo ONIGBINDE & AKINYELE (1983), a cocção por ebulição de vinte variedades de caupi promoveu um decréscimo da concentração de estaquiose e rafinose provavelmente devido a hidrólise, provocada pelo calor, desses oligossacarídeos para dissacarídeos simples e monossacarídeos, ou devido a formação de outros compostos. Uma significativa redução da distensão gastrintestinal foi verificada, em seres humanos que ingeriram feijões cozidos previamente reidratados por remolho em comparação com feijões cozidos sem prévia reidratação (OLSON, 1982).

Outras maneiras de neutralizar os fatores antinutricionais e tóxicos são através do descasque, fermentação e germinação. A germinação de algumas espécies de feijão reduziu os teores do ácido fítico (TABEKHIA & LUH, 1980), rafinose e estaquiose (LABANEIAH & LUH, 1981) e inibidor de tripsina (OLOGHOBO & FETUGA, 1983). Caupi e "chickpeas" fermentados naturalmente por 4 dias a 25°C apresentaram significativa redução do teor de inibidor de tripsina (ZAMORA & FIELDS, 1979) e "black gram" fermentado e tratado a vapor produziu flatulência significativamente menor que quando cozido (REDDY et alii, 1980). O descasque aumentou significativamente o teor de ácido fítico e as atividades inibitórias de tripsina, quimotripsina e α -amilase dos feijões secos (*Phaseolus vulgaris* L.), mas abaixou o teor de taninos em torno de 68 a 95%, levando a um aumento significativo da digestibilidade "in vitro" das proteínas dos feijões, o que pode ser atribuído a remoção dos polifenóis (taninos) existentes nas cascas (DESHPANDE et alii, 1982).

2.4 - Aspectos tecnológicos

2.4.1 - Farinhas e extratos protéicos

Nos anos recentes, tem sido muito enfatizada a utilização de farinhas, proteínas texturizadas e concentrados e isolados protéicos obtidos de leguminosas, tanto em alimentos tradicionais como na formulação de novos alimentos, visando uma utilização mais efetiva de proteínas baratas com fins nutricionais e funcionais (CHAVES et alii, 1962; BOOTH, 1974; ONAYEMI & POTTER, 1976; ONAYEMI et alii, 1976; BRESSANI et alii, 1977; LIESELOTTE, 1979; OBIZOBA, 1980; AKPAPUNAM & MARKAKIS, 1981; SATHE & SALUNKHE, 1981c; AGUILERA et alii, 1982; AYENOR & NGODDY, 1984).

Segundo BRESSANI et alii (1977), quando comparadas com a forma tradicional em que os feijões são vendidos no mercado (grãos inteiros, secos e crus), as farinhas de feijão pré-cozidas e instantâneas, preparadas industrialmente, apresentam uma série de vantagens, quais sejam, a disponibilidade constante de um produto mais estável, com menor risco de infestação por insetos e mais fácil de preparar para o consumo humano.

Farinhas integrais e instantâneas de feijões pré-cozidos têm sido preparadas por remolho, cocção, drenagem e desidratação em secador de tambor ou em secador atomizador (BAKKER et alii, citados por AGUILERA et alii, 1982).

Farinha integral de caupi foi obtida por CHAVES et alii, (1962), submetendo os grãos à cocção comum, desidratação em estufa a 60°C e moagem. SALES (1980) também obteve farinhas integrais de caupi, submetendo os grãos crus a três tipos de tratamentos: 1) remolho em água por 12h a temperatura ambiente, drenagem, branqueamento em água a 100°C por 30 min, homogeneização para a obtenção de uma pasta com 12% de sólidos e desidratação em secador atomizador; 2) o mesmo procedimento do tratamento anterior, sendo o remolho feito em uma solução de bicarbonato de sódio a 0,5%; e 3) torramento a seco dos grãos a 160°C por 50 min, seguido de resfriamento a temperatura ambiente e pulverização por moagem para 100 mesh. A taxa de eficiência protéica (PER) das fa

rinhas obtidas dos tratamentos 1, 2 e 3 foram, respectivamente, 1,8, 1,3 e 1,3.

Segundo AGUILERA et alii (1982) a disponibilidade de farinhas de feijão integrais é de interesse, por causa do uso difundido do feijão como grão integral em preparações como sopas, purês e, potencialmente, na formulação de farinhas compostas. No entanto, ONAYEMI & POTTER (1976) consideram que, no caso do caupi, as cascas dos grãos devem ser removidas, antes da preparação da farinha, para evitar a presença de resíduos escuros (provenientes do "olho" preto do grão) que não são aceitáveis para muitos usos, especialmente para a formulação de certos pratos tradicionais africanos como "moin-moin" e "akara". AKPAPUNAM & MARKAKIS (1981) também consideram que a prévia remoção das cascas dos grãos fornece um produto mais macio e de maior digestibilidade, especialmente para crianças.

Farinha de caupi obtida por moagens sucessivas da fração cotilédone proveniente de grãos secos (12% de umidade), previamente moídos e com as cascas removidas por aspiração, foi estudada por PHILLIPS (1982). A farinha assim obtida correspondeu a 88% dos grãos iniciais e sua composição diferiu daquela obtida de grãos integrais, principalmente quanto ao teor de fibras (2,5% e 7,1% respectivamente) e apresentou 26% de proteínas, 1,6% de gordura, 3,3% de cinza e 67,0% de extrato livre de nitrogênio. A remoção das cascas dos grãos reduziu o teor de taninos e a atividade afetiva do inibidor de tripsina da farinha (PHILLIPS, 1982).

Segundo BRESSANI et alii (1977) e ONAYEMI & POTTER (1976) o uso do secador de tambor duplo tem sido preferido por diversos pesquisadores, para a obtenção de farinhas a partir de feijões, porque resulta em maior economia e simplificação de operações já que engloba em uma só operação, simultaneamente, os processos de cocção e de desidratação. Os mesmos ONAYEMI & POTTER (1976) obtiveram farinhas de caupi por prévia reidratação dos grãos (18h a 25°C), descasque por fricção manual, moagem, suplementação com vários níveis de DL-metionina e desidratação em secador de tambor duplo. As determinações químicas indicaram que os teores de proteí

na e de tiamina, composição de aminoácidos, lisina disponível e retenção de metionina das farinhas obtidas, comparadas com os dos caupis crus, não foram apreciavelmente afetados pelo processamento e condições de armazenamento, inclusive 24 semanas a temperaturas superiores a 37°C. Os estudos nutricionais indicaram que a desidratação em secador de tambor eliminou os inibidores de tripsina (ONAYEMI & POTTER, 1976).

Os efeitos de diferentes velocidades de rotação dos tambores sobre a qualidade protéica do caupi e feijão preto, previamente reidratados e moídos, foram estudados por BRESSANI *et alii* (1977). Os resultados mostraram que uma menor atividade do inibidor de tripsina e valores máximos de PER foram obtidos quando foi usada a velocidade de 4rpm. A velocidade de 6rpm não permitiu uma destruição completa dos inibidores de tripsina devido o tempo de contato do material com a superfície do tambor ser muito reduzida, enquanto que com a velocidade de 2rpm, esse tempo parece ser maior de que o necessário, causando, assim, não só uma destruição dos inibidores de tripsina como também, possivelmente, da qualidade protéica. Segundo LEE & UEBERSAX (1983) a obtenção de farinhas de feijão por prévio remolho e cocção dos grãos em água ou vapor, seguido de desidratação a altas temperaturas por secadores de tambor é um procedimento altamente energético que forma grandes quantidades de substâncias inúteis e resulta em um declínio do valor nutritivo devido a drenagem.

AKPAPUNAM & MARKAKIS (1981) verificaram que a remoção das cascas, por jatos de ar, de grãos de caupi previamente reidratados e transformados em uma farinha grosseira por moagem, em relação ao procedimento tradicional de fricção manual, minimiza o trabalho envolvido e economiza o uso de água, o que é importante nas áreas em que a farinha de caupi pode ser de utilidade.

NIELSEN *et alii* (1983) obtiveram farinha de feijões pretos utilizando remolho por 12h, cocção em panela a pressão por 20 min, desidratação em forno e moagem, enquanto ANTUNES & SGARBIERI (1979) utilizaram remolho (12h), drenagem, cocção por fervura comum (pressão atmosférica), desidratação em liofilizador e moagem para a obtenção de farinhas de fei

jões secos (*Phaseolus vulgaris*, L.) variedade Rosinha G₂.

Oito variedades de feijões "navy" foram torradas a seco a 92°C e 128°C em um trocador de calor de partícula-para partícula e moídos para produzir farinha integral e farinha de casca. As farinhas integrais apresentaram 8,8% de umidade, 1,9% de gordura, 25,9% de proteína, 4,6% de cinza e 7,6% de fibra dietética. O torramento prévio a seco dos grãos reduziu a atividade antitriptica e hemaglutinante em torno, respectivamente, de 22 a 92% e de 1 a 48% dos teores originais. As farinhas de casca continham 31,24% a 50,17% de fibras dietéticas, ou seja, componentes não hidrolisáveis pelas enzimas do trato digestivo humano e não absorvíveis. Cerca de 60% da fibra dietética, correspondeu à fibra bruta e foi composta principalmente de lignina e de celulose (AGUILERA et alii, 1982).

Devido suas propriedades funcionais (capacidade de emulsificação, de incorporar ar, de formar espuma, de adsorver água, de gelatinizar e viscosidade) as proteínas das leguminosas, especialmente de soja, têm potencial para serem importantes ingredientes na indústria alimentícia, (RHEE & RHEE, 1981; GAVA, 1979; SHELEF & MORTAN, 1976; SATTERLEE, 1981; OKESIE & BELLO, não publicado; SATHE & SALUNKHE, 1981c).

Produtos de soja como farinha desengordurada (50% de proteína), concentrado protéico (70% de proteína), isolado protéico (90% de proteína), soja texturizada (50% de proteína) e extrato de soja (45% de proteína), podem ser usados com vantagens em sopas, macarrão, formulações com carnes e cereais, misturas para panquecas, produtos de pastelaria, molhos, etc, aumentando o valor nutritivo e, em muitos casos, melhorando as propriedades funcionais destes produtos (JACOBS, 1951; LIESELOTTE, 1979; GAVA, 1979; SATTERLEE, 1981; SHELEF & MORTON, 1976).

SALES (1981) e MCWATTERS (1984), respectivamente, realizaram estudos para verificar a funcionalidade e os efeitos da adição de farinhas de caupi sobre a qualidade final de diversos produtos alimentícios como carne moída, biscoitos, pães e sobremesas congeladas. Os resultados mostraram que as propriedades funcionais e a maioria dos atributos da qua

lidade sensorial desses produtos não foram adversamente afetados quando da adição de até 30% de farinha de caupi.

As propriedades funcionais de concentrados proteicos do "Great northern bean" e do "mung bean" foram estudadas, respectivamente, por SATHE & SALUNKHE (1981) e DEL ROSARIO & FLORES (1981) e apresentaram ótimo potencial para serem aplicados na formulação de uma grande variedade de sistemas alimentares.

Segundo RHEE & RHEE (1981), o valor nutritivo das proteínas das leguminosas é, no entanto, determinado pela natureza e severidade do processamento a que os grãos são submetidos para a sua obtenção. Pesquisas têm sido realizadas para a obtenção de proteínas texturizadas por extrusão termoplástica (JEUNINK & CHEFTEL, 1979), por extrusão e fiação (fibrilação) (GAVA, 1979) e por tratamento alcalino (REHIWILL & WARTHESEN, 1980). Extratos, concentrados e isolados protéicos têm sido obtidos por tratamento alcalino (REHIWILL & WARTHESEN, 1980; SAVOIE & PARENT, 1983), por ultrafiltração (NICHOLS & CHERYAM, 1981) por extração salina (SATHE & SALUNKHE, 1981; KANAMORI *et alii*, 1982) e por torramento a seco em trocador de calor de partícula-para-partícula (ZABIK *et alii*, 1983; AGUILERA *et alii*, 1982). Uma redução da solubilidade das proteínas de soja e de "field bean" para menos de 22% e do teor de cisteína-cistina do "field bean" de 8,5% e perda de disponibilidade química de 1,4% (soja) e de 3,2% (feijão) dos resíduos de lisina, como resultado do tratamento por extrusão em pH tampão de 6,9, foram observados por JEUNINK & CHEFTEL (1979). No entanto, segundo OKESIE & BELLO (não publicado) a extração alcalina (pH 10,0 e 12,0, respectivamente) da proteína do "winged bean" não afetou a distribuição de seus aminoácidos. ZABIK, *et alii* (1983) verificaram que a cor, solubilidade de nitrogênio e estabilidade de mistura do concentrado protéico obtido de "navy beans" foram negativamente influenciados pelo aumento do tempo e da temperatura de tostagem a seco a que foram submetidos os grãos.

2.4.2 - Suplementação protéica

As proteínas vegetais são deficientes em alguns aminoácidos essenciais tais como lisina, metionina, treonina ou triptofano, sendo portanto, de baixo valor biológico (WHITNEY & HAMILTON, 1977). Contudo, pode-se estar bem alimentado consumindo apenas proteínas vegetais, desde que a dieta contenha uma quantidade corretamente selecionada dessas proteínas, incluindo composição diferente, fato que tenderia a assegurar o fornecimento de todo o espectro de aminoácidos essenciais (BURTON, 1979). Segundo SRIHARA & ALEXANDER (1983), algumas misturas proteicas vegetais podem efetivamente substituir as proteínas animais desde que adequadamente tratadas pelo calor. É também possível complementar as proteínas vegetais, combinando-as com pequenas quantidades de proteínas animais como carne, leite, ovos e queijos (FLECK & MUNIES, 1964). Outra possibilidade de aumentar o valor biológico dessas proteínas é o de lhes adicionar os aminoácidos deficientes, embora esta última solução seja menos econômica (CHAVES *et alii*, 1962).

Segundo BURTON (1979), desde que não existe um mecanismo fisiológico para o armazenamento de aminoácidos individuais no organismo, para os períodos nos quais possam ser requisitados para a síntese de uma proteína específica, a suplementação eficaz ocorre somente quando as proteínas deficientes e as suplementares são administradas simultaneamente ou num intervalo de tempo muito curto. CANNON & ELMAN, citados por CHAVES *et alii* (1962), demonstraram que é suficiente o atraso de uma hora na ingestão de um aminoácido essencial para que não se verifique a utilização dos outros. Uma regra geral, é a de que misturas de cereais e leguminosas ingeridas numa mesma refeição, exercem efeitos suplementares mútuos, porque os cereais são ricos em aminoácidos sulfurados totais mas são deficientes em lisina, em comparação com a maioria das leguminosas comestíveis, inclusive feijões (FAO, 1970; OBIZOBA, 1980; WANG & HESSELTINE, 1981; NIELSEN *et alii*, 1983; WHITNEY & HAMILTON, 1977). Além da suplementação proteica, ODENDAAL (1968) considera que os feijões também suplementam os cereais, especialmente milho e trigo, em relação aos teores de ferro, niacina, tiamina e riboflavina.

Um aumento da qualidade protéica foi observado em dietas em que feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) foi combinado, respectivamente com milho (nas proporções em 50/50 e de 30/70), arroz (nas proporções de 45/55 e de 20/80), farinha de trigo (na proporção de 27/73) e soja (na proporção de 50/50) (SGARBIEIR et alii, 1981; BRESSANI, 1972; ANTUNES et alii, 1979; CONTRERAS et alii, 1980; DE ANGELIS et alii, 1982; PENZ et alii, 1983). A qualidade protéica também melhorou quando 50% da proteína da dieta foi proveniente de "navy bean" ou de "black bean" e 50% da proteína de gergelim (BOLOORFOROOSHAN & MARKAKIS, 1979; NIELSEN et alii, 1983) e quando farinha de trigo integral foi suplementada, respectivamente, com farinha de amendoim, concentrado de soja ou outras leguminosas, sozinhas ou em combinação com N-acetil-L-metionina (OBIZOBA, 1980; HSU et alii, 1980). Resultados semelhantes foram obtidos pela suplementação de farinhas de milho, fermentadas ou não, com soja (10 a 20%) (PLAHAR et alii, 1983; BRESSANI et alii, 1979).

Em relação ao caupi, BRESSANI et alii (1977) ao estudarem misturas desse feijão com feijão preto (*Phaseolus vulgaris*, L.) em diferentes proporções, verificaram que quanto maior a percentagem de caupi, maior a qualidade protéica da mistura. No entanto, em relação ao sabor, odor e textura, a proporção ótima foi de 50/50. A melhor qualidade protéica das misturas em que houve predominância do caupi, foi atribuída ao menor conteúdo de inibidores protéicos, bem como à superioridade da qualidade e da digestibilidade da proteína desses feijões em relação ao feijão preto.

CHAVES et alii (1962) estudaram os efeitos suplementares de farinhas de caupi com farinhas de castanha de caju em dietas experimentais para ratos, com níveis protéicos de 10 e 19%, respectivamente. As dietas foram balanceadas e comparadas com dietas de caseína nos mesmos níveis. Baseados nos testes de valor biológico, taxa de eficiência protéica, coeficiente de digestibilidade, composição em aminoácidos e aspecto físico dos animais, concluíram que a mistura estudada apresentou um bom valor nutritivo em relação à caseína. Eles admitiram que a dieta com o nível de 19% de proteínas pareceu preencher melhor as necessidades protéicas

do organismo do que a de 10%.

Um aumento da taxa de eficiência protéica (PER), da digestibilidade de nitrogênio e da disponibilidade "in vitro" da lisina, também foram observados por AKPAPUNAM & MARKAKIS (1981b) quando farinhas de feijão caupi, previamente autoclavadas, foram suplementadas em diversos níveis, com farinhas de gergelim e de melão desengorduradas. Os valores de PER das dietas, quando 50% das proteínas foram provenientes do caupi e 50% do gergelim ou 50% do melão foram, respectivamente, de 2,4 e de 2,28 quando comparados com 2,50 para a caseína.

O efeito benéfico da adição de metionina aos feijões tem sido demonstrado para muitas espécies (GRAHAN et alii, 1979; KHADER & RAQ, 1982; FUKUDA et alii, 1982; BRESSANI et alii, 1983). No entanto, segundo BRESSANI (1972), em alguns casos, a adição de somente metionina não exerce nenhum efeito. A adição de metionina ao *Cajanus cajan* não melhorou sua qualidade protéica e o mesmo aconteceu quando somente trip tofano foi adicionado. Contudo, quando ambos os aminoácidos foram adicionados, a qualidade protéica aumentou, o que indicou que no *Cajanus*, ambos os aminoácidos são igualmente limitantes (BRESSANI, 1972).

Para o caupi, SALES (1981) verificou que a adição de 0,36% de metionina elevou os valores de PER de farinhas de caupi, previamente tratadas com bicarbonato de sódio e por torramento, de 1,3 para 3,3 e de 1,3 para 2,5, respectivamente, enquanto que a adição de lisina (0,1%) e de treonina (0,06%) não apresentou respostas significativas. JORGE JOÃO et alii, (1980) também verificaram um aumento da qualidade protéica de misturas de caupi-milho (65/25) e de caupi-mandioca (72/18) obtidos por extrusão quando suplementados com 0,3% de DL-metionina.

Segundo ONAYEMI & POTTER (1976), há um estreito limite entre os níveis ideais e tóxicos de metionina que podem ser adicionados aos feijões. Outro problema relacionado com a suplementação com metionina são o sabor e o odor indesejáveis que podem ser produzidos por este aminoácido (BALANCE, BEIGLER e DUNLAP et alii, citados por ONAYEMI & POTTER,

1976).

Com o objetivo de observar os efeitos da adição de diferentes níveis de metionina a caupis, os mesmos ONAYEMI & POTTER(1976) estudaram a taxa de eficiência protéica(PER), digestibilidade da matéria seca e os fígados de ratos alimentados, respectivamente, com dietas de farinhas de caupi sem suplementação e suplementadas com 0,2, 0,4 e 0,6% de DL-metionina, usando como controle, dieta à base de caseína. Os resultados demonstraram haver uma relação direta entre os níveis de suplementação e a qualidade protéica destas dietas, o que foi evidenciado pelo ganho de peso dos animais e valores de PER que aumentaram de 1,64 na dieta com farinha sem suplementação para 2,65 com adição de metionina ao nível de 0,6%. No entanto, a suplementação ao nível de 0,6% provocou infiltração gordurosa nos fígados dos animais. Isto também foi evidenciado, mas muito menos pronunciado, quando o nível de metionina adicionado foi de 0,4%. Exames microscópicos revelaram que as células hepáticas próximas à veia porta foram distendidas por grandes glóbulos de gordura, indicativo que as farinhas suplementadas com 0,6% e, possivelmente, com 0,4% de metionina podem produzir efeitos adversos ou estimular a ingestão de alimentos, resultando em excessivas calorias em relação à proteína balanceada, o que pode aumentar a síntese de gordura.

A infiltração gordurosa no fígado pela suplementação de farinhas de caupi com 0,6% de DL-metionina também foi observada por ONAYEMI et alii (1976). DUNLAP et alii, citados por ADENIJI & POTTER (1981), verificaram que a suplementação de "pinto beans" com metionina nesse mesmo nível, embora tenha aumentado os valores de PER, conferiu sabor e odor desagradáveis ao produto.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Material

O material utilizado neste estudo foi constituído de amostras de farinhas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) consistindo de duas variedades obtidas nos Estados Unidos da América, sendo:

- a) Caupi de coloração clara similar ao caupi California nº 3.
- b) Caupi de coloração escura "Mississippi purple", similar ao caupi Pitiuba.

3.1.1 - Processamento das farinhas

Das duas variedades de caupi foram processados quatro tipos de farinhas a partir dos grãos integrais, conforme os fluxogramas das FIGURAS 1, 2, 3 e 4, incluindo:

Farinha A: farinha obtida a partir da moagem de caupi cru.

Farinha B: farinha obtida a partir da moagem de caupi tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) a 0,5%.

Farinha C: farinha obtida a partir da moagem de caupi torrado previamente em forno comum a 160°C durante 50 min.

Farinha D: farinha obtida a partir da moagem de caupi torrado previamente em forno a microondas a 2.400 MHz por 6 min.

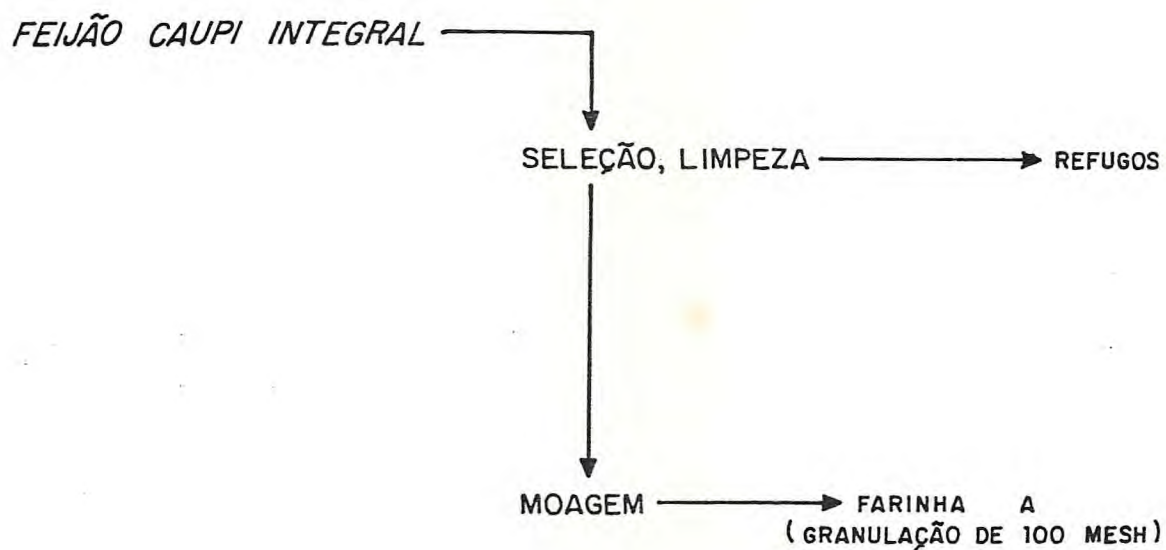


FIGURA 1 - Fluxograma para a obtenção da farinha a partir de caupi cru integral.

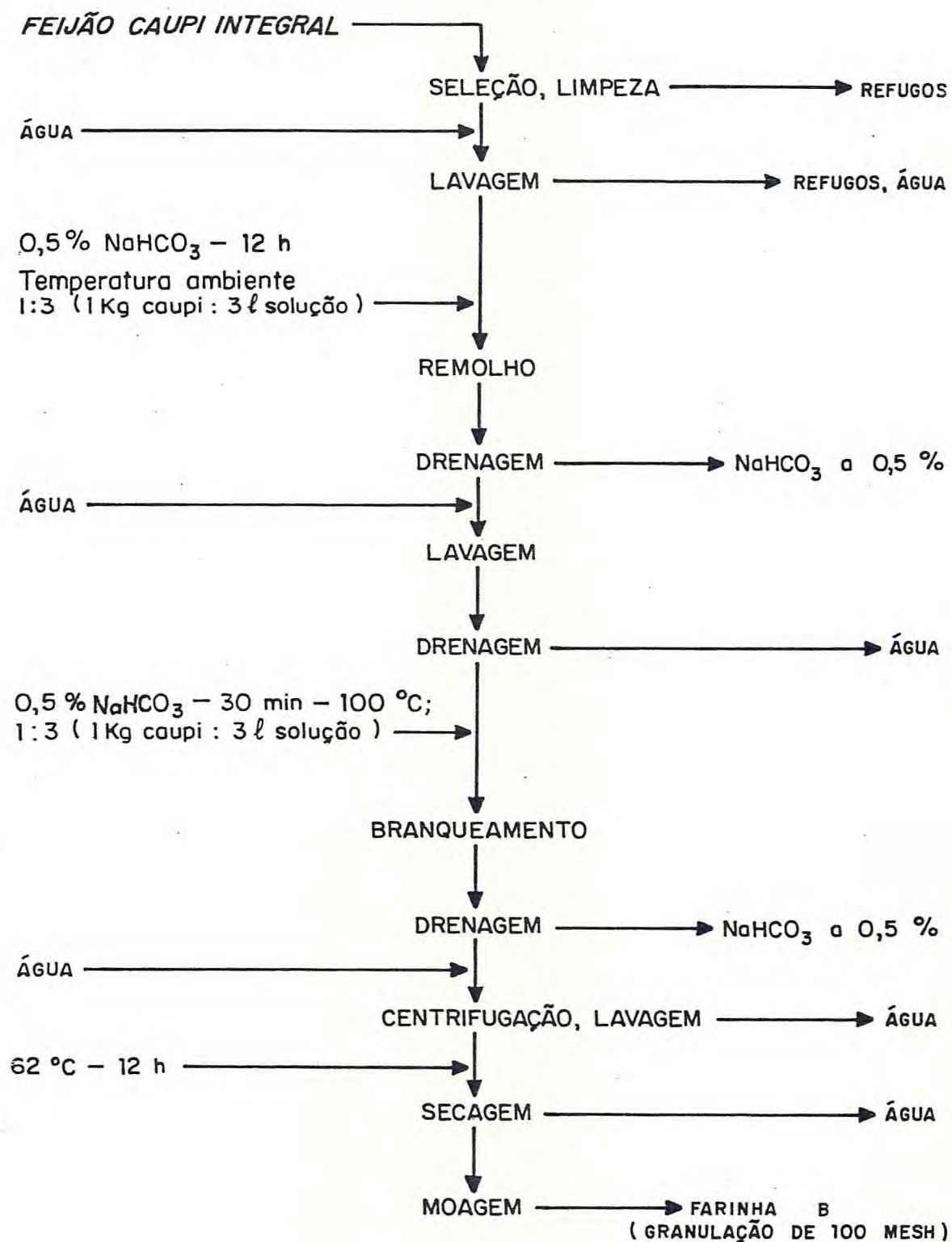


FIGURA 2 - Fluxograma para a obtenção da farinha a partir de caupi tratado previamente, com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO₃) a 0,5%.

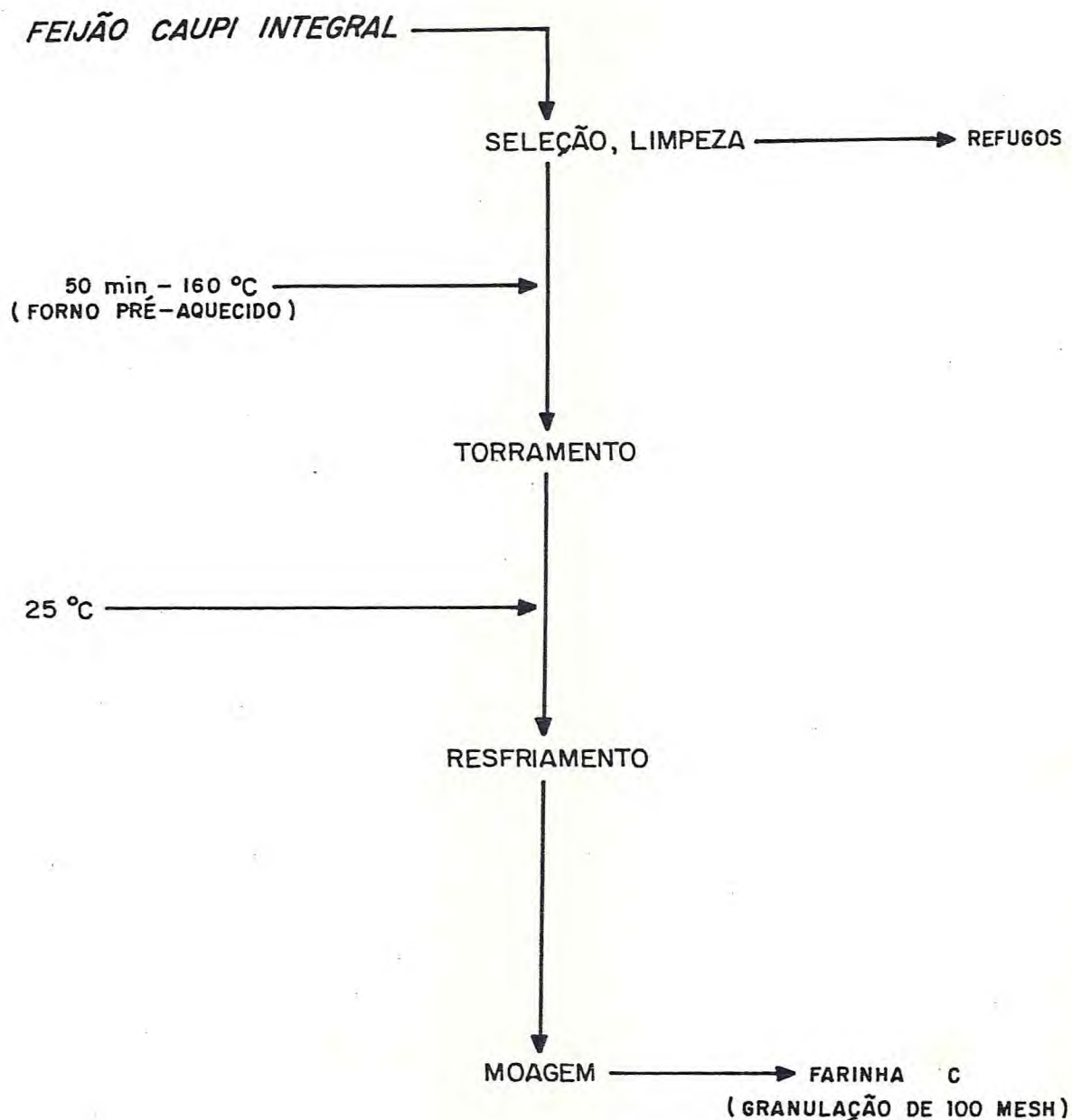


FIGURA 3 - Fluxograma para a obtenção da farinha a partir de caupi torrado previamente, em forno comum a 160°C durante 50 min.

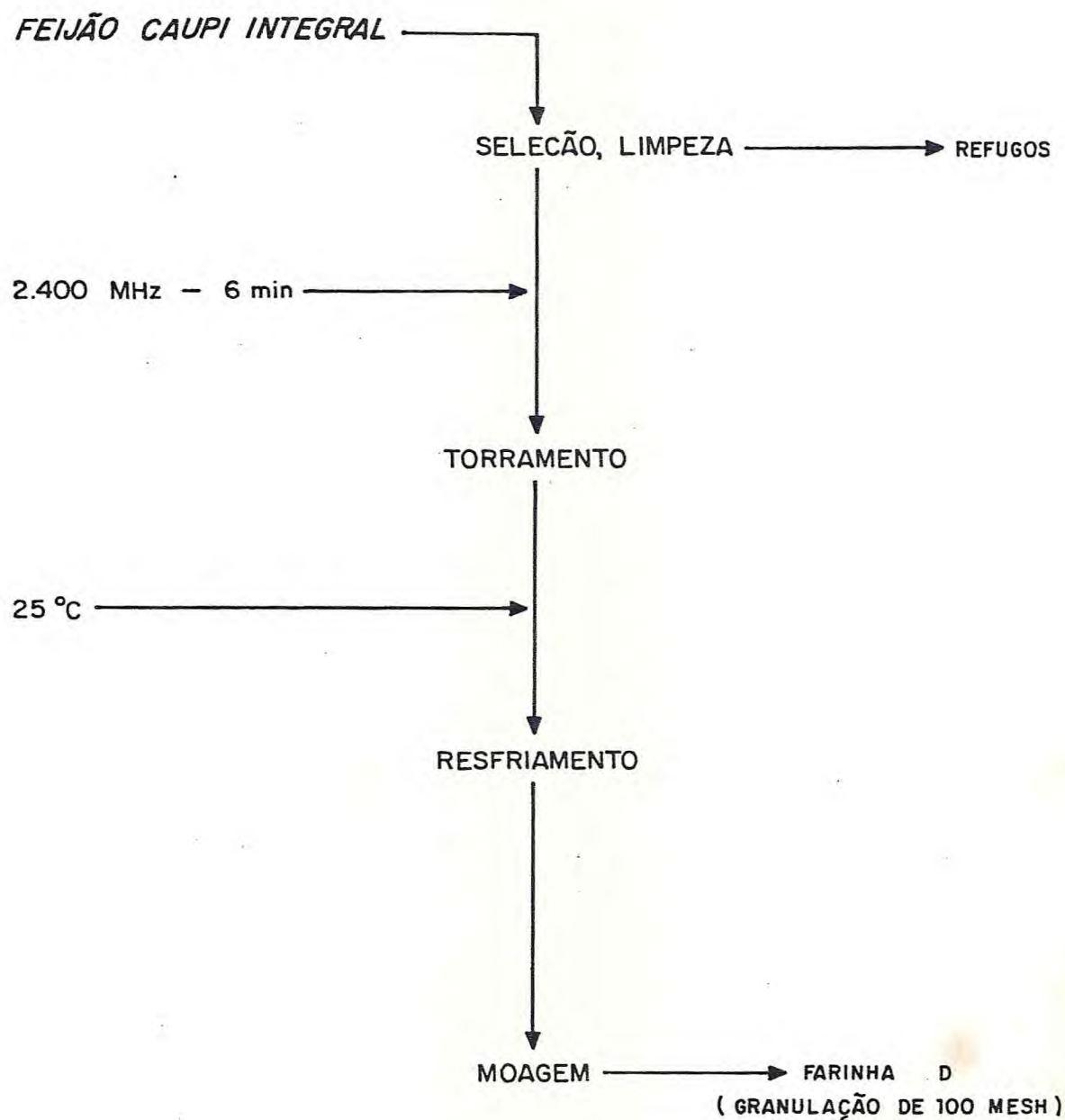


FIGURA 4 - Fluxograma para a obtenção da farinha a partir de caupi torrado previamente, em forno a microondas a 2.400 MHz por 6 min.

O processamento foi realizado no "Department of Nutrition and Food Science" da Universidade do Arizona, Estados Unidos da América. As farinhas foram enviadas via-aérea para Fortaleza, Ceará, onde foram armazenadas em frascos hermeticamente fechados, rotulados com todos os dados pertinentes e estocados em câmara fria (0 a 4°C) até serem utilizadas nos trabalhos da pesquisa.

3.2 - Métodos

3.2.1 - Determinações físicas e químicas das farinhas

3.2.1.1 - Composição centesimal

3.2.1.1.1 - Umidade

A umidade foi determinada conforme indicações do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976). Pesou-se aproximadamente 3g de amostra em cápsula de porcelana previamente tarada e, em seguida, levou-se à estufa a 105°C, onde o material foi dessecado até peso constante. A perda de peso foi relacionada para 100g da amostra integral.

3.2.1.1.2 - Cinza

O teor de cinza foi calculado pelo método recomendado pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1960). Pesou-se aproximadamente 2g da amostra em cadinho previamente tarado. Submeteu-se a amostra a uma carbonização à temperatura de 200°C e, em seguida, incinerou-se em mufla à temperatura de 550°C até completa eliminação do carvão. Resfriou-se em dessecador e pesou-se. A quantidade de cinza

da amostra foi calculada relacionando-se o peso inicial e o peso final após a incineração. O resultado obtido foi relacionado para 100g da amostra integral.

3.2.1.1.3 - Gordura

Transferiu-se aproximadamente 2g de amostra para um cartucho de Soxhlet. Procedeu-se a extração em aparelho de Soxhlet, com balão previamente tarado, utilizando-se como solvente o hexano. Após evaporação do solvente, colocou-se o balão contendo o resíduo em estufa à temperatura de 105°C por uma hora. Resfriou-se em dessecador e pesou-se. Os resultados foram obtidos por diferença de pesagem do balão de extração, efetuadas antes e após a obtenção do extrato etéreo, conforme indicações do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976) e relacionados para 100g da amostra integral.

3.2.1.1.4 - Proteína

Determinou-se o teor protéico conforme indicações da A.O.A.C. (1960). Transferiu-se aproximadamente 1g de amostra para balão de Kjeldahl juntamente com 0,5g de sulfato de cobre, 20ml de ácido sulfúrico concentrado e 10g de sulfato de sódio. A amostra foi digerida até o aparecimento de coloração clara e, após resfriamento, transferiu-se o material digerido para um frasco de destilação de Kjeldahl ao qual adicionou-se, cuidadosamente e com agitação, 200ml de água e solução concentrada de hidróxido de sódio a 40%, até mudança de coloração de azul claro a azul mais intenso e finalmente pardo, o que indicou a alcalinidade do meio. Destilou-se cerca de 2/3 do volume inicial, recebendo-se o destilado em 50ml de ácido sulfúrico 0,1N contendo gotas do indicador vermelho de metila. Antes de dar por terminada a destilação, verificou-se com auxílio de papel de Nessler se ainda havia presença de amônia no destilado. Determinou-se

o excesso de ácido sulfúrico 0,1N com solução de hidróxido de sódio 0,1N. A quantidade de ácido sulfúrico 0,1N consumida foi multiplicada por 0,0014 obtendo-se, desse modo, o nitrogênio total da amostra que multiplicada por 6,25 nos deu o teor protéico do produto. O resultado obtido foi relacionado para 100g da amostra integral.

3.2.1.1.5 - Fibra

A fração fibra foi determinada de acordo com o método recomendado pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976). Pesou-se cerca de 2g de amostra dessecada e desengordurada e transferiu-se para um frasco de erlenmeyer de 500ml com o auxílio de 200ml de solução 1,25% de ácido sulfúrico previamente aquecido. Adaptou-se no frasco um refrigerador de refluxo, aqueceu-se até a ebulição por 30 min, resfriou-se, filtrou-se e lavou-se com água destilada fria. Transferiu-se o resíduo para o mesmo frasco erlenmeyer com o auxílio de 200ml de solução de hidróxido de sódio 1,25% aquecido. Novamente adaptou-se ao frasco o refrigerador de refluxo, aqueceu-se até a ebulição por 30 min, resfriou-se e filtrou-se em papel de filtro de cinza conhecida e previamente tarado. Lavou-se com água destilada quente retirando-se o material existente no frasco e continuou-se lavando até o filtrado não apresentar mais alcalinidade. Em seguida, lavou-se o resíduo contido no papel de filtro duas vezes com álcool e duas com éter. Após a evaporação total do éter levou-se à estufa a 105°C até peso constante. Posteriormente, dobrou-se o papel de filtro sobre a fibra e incinerou-se em mufla a 550°C, usando cadinho de porcelana previamente tarado. Esfriou-se em dessecador e pesou-se. O teor de fibra foi dado por diferença entre o peso do resíduo a 105°C e o peso da cinza, e o resultado obtido foi relacionado para 100g do produto integral.

3.2.1.1.6 - Extrato não nitrogenado

Foi determinado pela diferença entre 100 e a soma percentual das frações de umidade, cinza, extrato etéreo, proteína e fibra.

3.2.1.2 - Minerais

3.2.1.2.1 - Cálcio

Determinou-se o teor de cálcio de acordo com a técnica descrita pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976). Pesou-se de terminada quantidade de amostra e incinerou-se em mufla a 550°C. Adicionou-se 2ml de ácido clorídrico (1:1) e aqueceu-se até a ebulição. Adicionou-se água destilada e filtrou-se. Recebeu-se o filtrado em balão volumétrico de 100ml e completou-se o volume. Mediu-se 20ml dessa solução, transferiu-se para um becker de 250ml e neutralizou-se com hidróxido de amônio (1:1). Adicionou-se 10ml de solução de acetato de amônio a 1% e 1ml de ácido acético glacial. Aqueceu-se próximo a ebulição. Adicionou-se, lentamente e agitando sempre, 50ml de uma solução de oxalato de amônio a 0,5% quente e, em seguida, deixou-se em repouso durante 12h. Filtrou-se e lavou-se o filtrado até completa eliminação do íon oxalato. Transferiu-se o papel de filtro com o precipitado para o becker, onde foi feita a precipitação. Dissolveu-se o precipitado com 20ml de ácido sulfúrico (1 + 4) e adicionou-se 50ml de água destilada. Titulou-se, a quente, com solução de permanganato de potássio 0,05N, até aparecimento de coloração rósea.

Calculou-se o teor de cálcio pela seguinte fórmula:

$$\frac{V \times f \times 1,002}{P}$$

onde:

V = nº de ml da solução de KMnO_4 0,05N gasto na titulação

f = fator da solução de KMnO_4 0,05N

P = nº de gramas da amostra usada na precipitação

3.2.1.2.2 - Fósforo

Determinou-se o teor de fósforo conforme método indicado por PEARSON (1975). Pesou-se determinada quantidade de amostra e incinerou-se em mufla a 550°C . Adicionou-se 2ml de ácido clorídrico (1:1) e aqueceu-se até a ebulição. Adicionou-se água destilada e filtrou-se. Recebeu-se o filtrado em balão volumétrico de 100ml e completou-se o volume. Mediu-se 5ml dessa solução e transferiu-se para um becker de 250ml. Adicionou-se 1ml de solução de hidróxido de amônio 1:1, 2ml de solução de ácido nítrico 1:2 e 20ml de solução de molibdato de amônio. Deixou-se em repouso por 30 min. A leitura da transmitância foi feita em espectrofotômetro (BAUSCH & LOMB-SPECTRONIC 20) a 470nm, determinando-se o teor de P_2O_5 correspondente, usando-se uma curva padrão previamente estabelecida.

3.2.1.2.3 - Ferro

Determinou-se o teor de ferro conforme indicações do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976). Pesou-se determinada quantidade de amostra e incinerou-se em mufla a 550°C . Adicionou-se 2ml de ácido clorídrico (1:1), aqueceu-se à ebulição, adicionou-se água destilada e filtrou-se. Recebeu-se o filtrado em um balão volumétrico de 100ml e completou-se o volume. Mediu-se 10ml dessa solução e transferiu-se para um balão de 50ml. Adicionou-se 1ml de ácido clorídrico concentrado e 1ml de cloridrato de hidroxilamina a 10%. Adicionou-se 5ml de solução tampão de acetato de amônio e 2ml de solução de fenantrolina a 1% e completou-se com água destilada. Em

seguida, deixou-se em repouso por 30 min e leu-se a transmi
tância em espectrofotômetro (BAUSCH & LOMB - SPECTRONIC 20) a
510nm. Determinou-se o ferro correspondente, usando-se uma
curva padrão estabelecida previamente.

3.2.1.3 - Determinação do pH das farinhas

Determinou-se o pH de conformidade com o método in
dicado pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976). Pesou-se 10g de
amostra e adicionou-se 100ml de água destilada a temperatu
ra ambiente. Homogeneizou-se, agitando-se ocasionalmente por
30 min, filtrou-se e fez-se a leitura em potenciômetro
PROCYON mod. pHN-4 à temperatura de 27°C, previamente cali
brado com soluções tampões de pH 6,86 e pH 4,00.

3.2.2 - Determinações de aminoácidos

3.2.2.1 - Análise de aminoácidos

A análise de aminoácidos foi realizada sob a respon
sabilidade do "Department of Nutrition and Food Science" da
Universidade do Arizona, Estados Unidos da América de acor
do com o método desenvolvido por REID e citado por SALES
(1980).

Para a hidrólise da proteína pesaram-se quantidades
exatas de amostra (a quantidade da amostra foi calculada pa
ra uma concentração de 0,7%/ml quando dissolvida em 25ml de
solução padrão pH 2,2 (HCL 6N)).

Transferiu-se cuidadosamente a amostra para uma am
pola de vidro onde foram adicionados 12ml de HCL 6N. Conec
to-se esta ampola a uma bomba de vácuo e processou-se a re
tirada de ar do interior da mesma.

Submergiu-se cada ampola em banho de gelo seco até

o congelamento do conteúdo. Retirou-se novamente o ar de cada ampola conectando-se à bomba de vácuo. Após a retirada das ampolas do banho de gelo, esperou-se o tempo suficiente para o descongelamento do conteúdo, ainda sob o vácuo remanescente. Congelou-se novamente as ampolas sob vácuo. Lavou-se ainda as ampolas com nitrogênio seco por mais três vezes.

Hidrolisou-se as amostras por um período de 4 h a 145°C. Após a hidrólise as ampolas foram abertas e os conteúdos transferidos para frascos de fundo redondo com auxílio de água deionizada, lavando-se sucessivamente as ampolas para retirar todo o material e fazendo-se vácuo até a secagem.

Transferiu-se o resíduo para um becker de 25ml com tampão pH 2,2 e filtrou-se em papel de filtro Whatman nº 42. Injetou-se as amostras no analisador de aminoácidos BECKMAN (modelo 120B).

3.2.2.2 - Score de aminoácidos

Calculou-se o score de aminoácidos pelo método proposto pela FAO e de acordo com a descrição de PIKE & BROWN (1975), o qual se baseia na comparação do conteúdo de aminoácidos da proteína teste com o da proteína padrão que possui um score protéico igual a 100.

O score de aminoácidos foi calculado dividindo-se a quantidade de cada aminoácido essencial contido na proteína teste pelas correspondentes percentagens destes na proteína padrão da FAO/WHO, 1973, da seguinte maneira:

$$\text{Score de aminoácidos} = \frac{\text{Aminoácido na proteína teste}}{\text{Aminoácido na proteína padrão}} \times 100$$

O aminoácido essencial que apresentou o mais baixo score foi designado aminoácido limitante.

3.2.3 - Determinação dos ácidos graxos da fração lipídica

3.2.3.1 - Extração de lipídios

Para a extração de lipídios pesou-se 100g de amostra e homogeneizou-se com 200ml de clorofórmio-metanol(1:2) por 10 min. Filtrou-se em papel de filtro Whatman nº 1 e procedeu-se a evaporação do solvente em rotavapor a 80°C.

3.2.3.2 - Transmetilação dos ácidos graxos

A transmetilação dos ácidos graxos processou-se de acordo com o método descrito por GAMMON & WHITING (1969). Transferiu-se 0,2ml do óleo de feijão para um erlenmeyer de 50ml de capacidade, provido com tampa de teflon. Acrescentou-se três pedras de ebulição e levou-se o erlenmeyer à estufa à vácuo a 100°C, por 10 min, para secagem. Após a secagem, resfriou-se o material em dessecador, por 30 min. Em seguida, adicionou-se 5ml de uma solução de metilato de sódio recém-preparada (0,025g de NaOH em 20ml de CH₃OH) e aqueceu-se a mistura em banho-maria, a 61°C, durante 60 min, com agitação. Resfriou-se o material. Adicionou-se 2,5ml de água destilada, 2 gotas de ácido acético glacial e 1ml de hexano e agitou-se a mistura. Transferiu-se, então, todo o material para um funil de separação de 30ml de capacidade, provido com torneira de teflon. Após a separação das duas fases, desprezou-se a camada aquosa e coletou-se a porção superior, contendo os ácidos graxos metilados, em pequenos tubos de ensaio dotados de tampas de teflon, que foram conservados sob refrigeração até a injeção no cromatógrafo.

3.2.3.3 - Análise dos ácidos graxos

Fez-se a análise dos ácidos graxos, após a metilação, por meio de cromatografia em fase gasosa, sob as seguintes condições:

- Instrumento	Tracor MT mod. 160
- Detector	Ionização de chama (H ₂ - 60ml/min) (Ar-120ml/min)
- Registrador	Sargent Welch mod. SRG
- Coluna	Aço inox 2,0m x 0,6cm
- Fase estacionária	15% DEGS sobre Chromosorb C.W.R. 60/80 mesh
- Gás de arraste	N ₂ (25ml/min)
- Temperatura do injetor	250°C
- Temperatura do detector	250°C
- Temperatura da coluna	200°C (isotérmica)
- Velocidade do registrador	2,5cm/min
- Atenuação	128 x 10 ²
- Volume de amostra injetado	2 µl (microlitro)

Calculou-se a área de cada pico por integração de sub-áreas aproximadas de figuras geométricas conhecidas (triângulos, trapézios, quadrados, retângulos, etc). Considerou-se a resposta do detector igual para todos os ácidos graxos e utilizou-se, para calcular a percentagem de ácidos graxos, o seguinte método de normalização, de acordo com McNAIR & BONELLI (1969).

$$\%A = \frac{\text{Área de A}}{\text{Área total}} \times 100$$

Fez-se a identificação de cada ácido graxo, usando-se o princípio da co-cromatografia, comparando-se os tempos de retenção e o número de átomos de carbono.

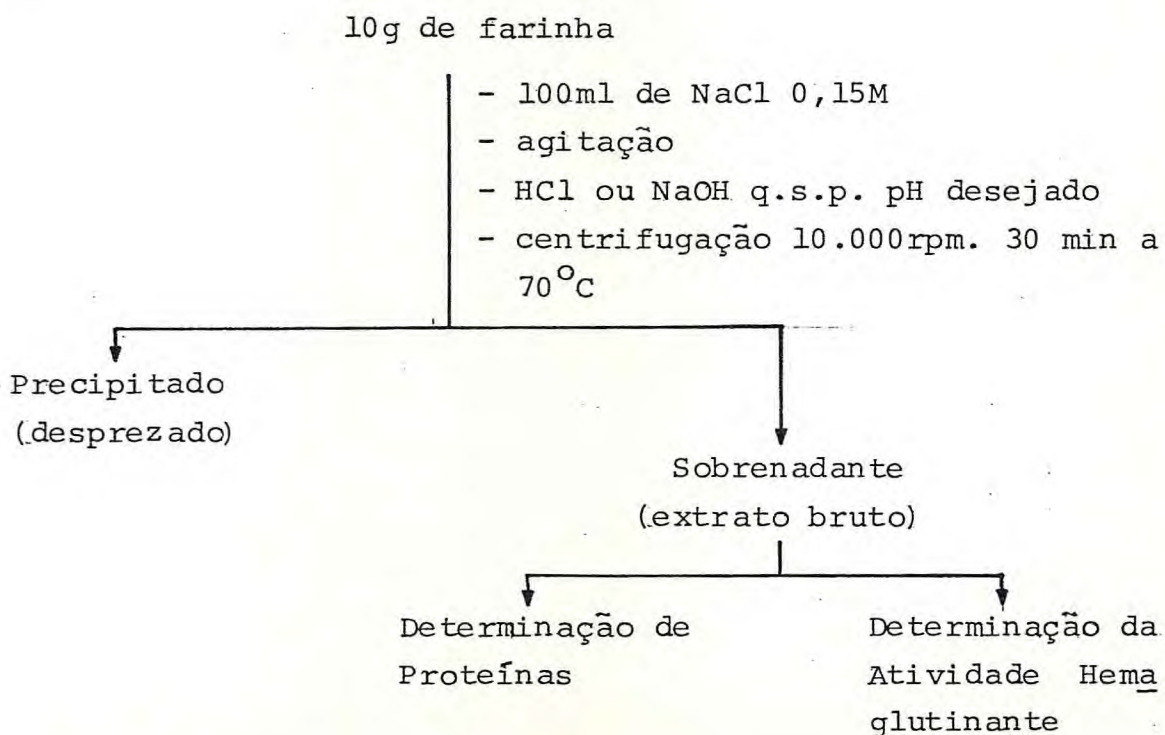
3.2.4 - Determinação de fatores antinutricionais e compostos tóxicos das farinhas

Estas determinações foram feitas em colaboração com o Departamento de Bioquímica da Universidade Federal do Ceará.

3.2.4.1 - Determinação da atividade hemaglutinante

3.2.4.1.1 - Extração de proteínas

A extração de proteínas foi feita com solução de NaCl 0,15M e o pH ajustado (após suspensão da amostra) para diferentes valores de 2 a 10 de acordo com o esquema que se segue:



3.2.4.1.2 - Determinação de proteínas

Para a determinação do teor de proteínas, utilizou-se o método do microbiureto de acordo com a técnica descrita por GOA (1953). Usou-se volumes crescentes da solução de proteína (extrato bruto diluído) e adicionou-se tampão fosfato 0,1M pH 7,6 até o volume de 1,0ml.

Em seguida adicionou-se 3,0ml de NaOH a 4% e 0,2 ml do reagente do microbiureto - solução preparada à base de cobre em meio alcalino. Após 15 min fez-se a leitura da absorçância a 330nm em espectrofotômetro Beckman modelo DU.

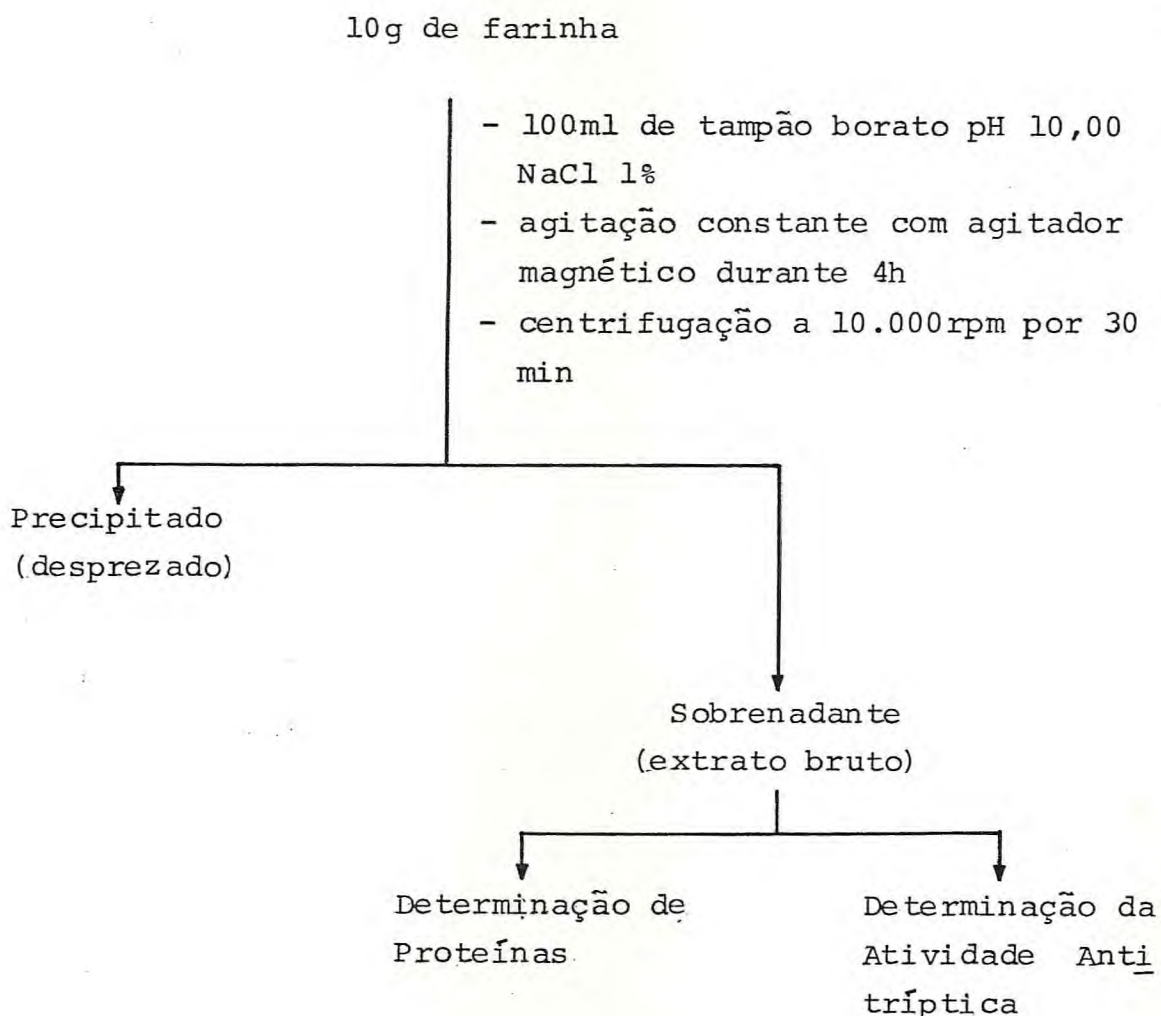
3.2.4.1.3 - Atividade hemaglutinante

Determinou-se a atividade hemaglutinante de acordo com o método descrito por MOREIRA (1975). Submeteu-se as amostras a diluição seriada (1:2) em placas de microdiluição com NaCl 0,15M. Em seguida adicionou-se a cada poço igual volume de uma suspensão de hemácias a 2% em salina isotônica (NaCl 0,15M). Deixou-se as placas incubando a 37°C em estufa por 30 min, seguidos por 30 min de repouso, a temperatura ambiente após o que fez-se observação visual dos poços onde houve aglutinação. Para confirmação dos dados fez-se também observação em microscópio ótico.

3.2.4.2 - Determinação da atividade antitriptica

3.2.4.2.1 - Extração de proteínas

A extração foi feita em tampão borato pH 10,0 com NaCl 1%, na proporção de 1:10 p/v de acordo com o esquema que segue:



3.2.4.2.2 - Determinação de proteínas

Ver ítem 3.2.4.1.2.

3.2.4.2.3 - Atividade antitriptica

Determinou-se a atividade inibitória contra tripsi na usando-se o método de KUNITZ citado por XAVIER(1973). Adicionou-se tampão fosfato 0,1M pH 7,6 a volumes crescentes de amostra (extrato bruto) até o volume de 1,5ml em tubos apropriados. Em seguida adicionou-se 0,5ml de solução de tripsi na e colocou-se os tubos em banho-maria a 37°C por 10 min para estabelecer o equilíbrio; adicionou-se 1,0ml da caseí

na 1% em tampão fosfato pH 7,6 e deixou-se no banho-maria por 20 min. Adicionou-se 3,0ml de ácido tricloroacético 5% retirando-se em seguida os tubos do banho-maria. Após 30 min, filtrou-se as suspensões em papel quantitativo (Framex 9cm Ø 389³ faixa azul). Pipetou-se alíquotas de 1,0ml dos filtrados em outros tubos e neutralizou-se com 0,05ml de NaOH 2N. Em seguida, adicionou-se 5ml da mistura da solução A e B do reagente de Folin na proporção de 50ml de A (NaOH 0,01N em Na₂CO₃ anidro 2%) e 1ml da solução B (CuSO₄.5H₂O 0,5%, citrato de sódio 1,0%). Após 10 min adicionou-se 0,5ml de reagente de Folin propriamente dito, diluído para 1N. Após 30 min fez-se a leitura da absorbância a 750nm em espectrofotômetro (SPEKOL AUS JENA). Para concentrações extremas da amostra fez-se provas em branco. Nestes casos a adição de ácido tricloroacético sempre precede a de caseína. Valores intermediários foram obtidos por interpolação gráfica.

Considerou-se a atividade antitriptica como sendo proporcional a diferença entre a atividade triptica (unidade de densidade ótica/20min) de uma amostra contendo tripsina e a atividade da amostra contendo inibidor de tripsina. Esta amostra contendo o inibidor de tripsina estava em concentração igual a da outra que continha somente tripsina.

3.2.5 - Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos às seguintes análises estatísticas:

- Análise de variância, conforme MONTGOMERY (1946).
- Teste de TUKEY, de acordo com as especificações de SNEDECOR (1977).
- Teste de DUNCAN, baseado nas descrições de MONTGOMERY (1946).

De acordo com as peculiaridades dos estudos realizados, a análise estatística foi dividida em duas partes conforme a descrição que segue:

Parte I - Análise estatística dos dados obtidos sobre a composição centesimal e mineral das farinhas (A, B, C e D) das duas variedades de caupi.

Para esta parte da análise foi usado o seguinte modelo fatorial geral:

$$Y_{ijk} = u + T_i + B_j + (TB)_{ij} + E_{ijk}$$

onde:

- $i = 1, 2$ (para as duas variedades de caupi)
 $J = 1, 2, 3, 4$ (para as farinhas obtidas a partir das duas variedades)
 $K = 1, 2$ ou $1, 2, 3$ ou $1, 2, 3, 4$ (número de determinações em cada análise)

Onde:

Y_{ijk} representa uma informação que será descrita por:

- u = média geral das observações.
 T_i = efeito da variedade de caupi ($i = 1$, variedade clara; $i = 2$, variedade escura) (Fator 1).
 B_j = efeito do processamento para a obtenção da farinha j ($j = 1$, farinha A; $j = 2$, farinha B; $j = 3$, farinha C; $j = 4$, farinha D) (Fator 2).
 $(TB)_{ij}$ = efeito devido à interação entre os fatores (1 x 2).
 E_{ijk} = efeito do fator aleatório.

As hipóteses de interesse foram:

$$H_0^{(1)} : T_i = 0 \text{ para } i = 1, 2$$

$$H_1^{(1)} : T_i \neq 0 \text{ para pelo menos um } i$$

$$H_O^{(2)} : B_j = 0 \text{ para } j = 1, 2, 3, 4$$

$$H_L^{(2)} : B_j \neq 0 \text{ para pelo menos um } j$$

$$H_O^{(3)} : (TB)_{ij} = 0 \text{ para } i = 1, 2 \text{ e } j = 1, 2, 3, 4$$

$$H_L^{(3)} : (TB)_{ij} \neq 0 \text{ para pelo menos um } i, j.$$

Parte II - Análise estatística dos dados obtidos sobre o aminograma, score de aminoácidos e composição da fração lipídica das farinhas (A, B, C e D) das duas variedades de caupi.

Para esta parte da análise foi usado o seguinte modelo fatorial geral:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + (TB)_{ij} + E_{ij}$$

onde:

u = média geral das observações

T_i = efeito da variedade de caupi ($i = 1$, variedade clara; $i = 2$, variedade escura) (Fator 1)

B_j = efeito da farinha j - em uma parte da análise (score de aminoácidos) foram comparados quatro tipos de farinhas e a proteína padrão da FAO, assim: $j = 1$, efeito da proteína padrão da FAO; $j = 2$, efeito da farinha A; $j = 3$, efeito da farinha B; $j = 4$, efeito da farinha C; $j = 5$, efeito da farinha D. Na outra parte da análise (aminograma e composição da fração lipídica) foram comparados quatro tipos de farinhas: $j = 1$, efeito da farinha A; $j = 2$, efeito da farinha B; $j = 3$, efeito da farinha C; $j = 4$, efeito da farinha D. (Fator 2).

$(TB)_{ij}$ = efeito devido à interação entre os fatores (1 x 2).

E_{ij} = efeito do fator aleatório.

Como o modelo não tinha repetição, para efetuar a análise de variância teve-se primeiro que verificar se o modelo era aditivo como:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

ou seja, se não existia interação entre os fatores, o que foi feito pelo teste de não aditividade de Tukey onde testou-se:

$$\begin{matrix} (1) \\ H_0 \end{matrix} : (TB)_{ij} = 0 \text{ para todo } i, j.$$

$$\begin{matrix} (1) \\ H_1 \end{matrix} : (TB)_{ij} \neq 0 \text{ para pelo menos um } i, j.$$

Quando foi possível aceitar H_0 o modelo foi aditivo e o fator devido à interação foi considerado como fator aleatório e procedeu-se a análise de variância normalmente onde as hipóteses de interesse foram:

$$\begin{matrix} (1) \\ H_0 \end{matrix} : T_i = 0 \text{ para todo } i$$

$$\begin{matrix} (1) \\ H_1 \end{matrix} : T_i \neq 0 \text{ para pelo menos um } i$$

$$\begin{matrix} (2) \\ H_0 \end{matrix} : B_j = 0 \text{ para todo } j$$

$$\begin{matrix} (2) \\ H_1 \end{matrix} : B_j \neq 0 \text{ para pelo menos um } j$$

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Características físicas e químicas das farinhas

Os valores da composição centesimal das farinhas das duas variedades de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) estudadas (farinhas A, B, C e D) estão apresentadas na TABELA 1, expressos em g/100g do produto integral, correspondendo cada um, à média de pelo menos três determinações.

AKPAPUNAM & MARKAKIS (1979) estudaram, quanto à composição centesimal, 13 variedades de caupi. Comparando-se os resultados obtidos para as farinhas dos feijões crus integrais (farinhas A) de ambas as variedades de caupi (TABELA 1) com os resultados destes autores, verifica-se que estão coerentes e dentro dos limites citados. As ligeiras discrepâncias quanto ao teor percentual dos diversos constituintes são, provavelmente, devidas à influência exercida pela variedade genética, local de cultivo, tratamentos culturais, clima, métodos analíticos empregados, diferenças individuais e outros fatores de menor importância.

DEL ROSARIO, LOZANO & NOEL (1981) estudaram 18 cultivares de caupi e verificaram que o teor de proteína variou de 19,96% a 24,40%, os valores de gordura variaram entre 0,3% a 1,12% e a composição mineral variou com as diferentes variedades. Uma grande variabilidade de vários constituintes nutricionais também foi observada por OMUETI & SIMEN (1984) em trinta e sete novas variedades de caupi. Nessas variedades, o teor de açúcar variou de 5,9% para 8,3%, amido de 39,1% para 54,9%, gordura bruta de 1,7% para 2,8%, proteína bruta de 29,1% para 30,3%, fibra bruta de 2,7% para 5,8% e o teor total de cinza de 2,6% para 4,6%.

TABELA 1 - Composição centesimal (g/100g) obtida das farinhas de duas variedades de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Farinhas	Variedade clara				Variedade escura			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Determinações								
Umidade	9,28	4,12	0,83	2,43	11,28	3,70	2,41	7,43
Extrato etéreo	1,75	1,94	1,54	1,51	1,46	1,96	1,92	1,89
Proteína	23,58	24,45	25,72	25,91	25,93	29,16	28,24	26,21
Cinza	3,30	3,09	3,57	3,48	3,60	3,29	3,83	3,61
Fibra	1,72	4,18	2,24	3,62	4,01	4,38	3,59	2,39
Extrato não nitrogenado	60,37	62,22	66,10	63,05	53,72	57,51	60,01	58,47

A - Farinha obtida de caupi cru integral.

B - Farinha obtida de caupi tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) a 0,5%.

C - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno comum a 160°C durante 50 min.

D - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno a microondas a 2.400MHz por 6 min.

Comparando-se os resultados da TABELA 1 entre si, verifica-se que o teor de umidade das farinhas obtidas por tratamento prévio dos grãos (farinhas B, C e D) apresenta valores diferentes entre si e muito inferiores aos valores encontrados para as farinhas obtidas dos grãos crus integrais (farinhas A) das respectivas variedades, e que foram tomadas como padrões de referência. Essa redução era esperada já que para a obtenção das farinhas B, C e D, os grãos foram desidratados previamente antes de sofrerem pulverização. Estatisticamente os valores encontrados para o teor de umidade foram significativamente diferentes ($P \leq 0,01$), tanto entre as duas variedades como entre as quatro farinhas de cada variedade. Também a interação entre os dois fatores (a influência da variedade sobre os diferentes tipos de tratamentos para a obtenção das farinhas e vice versa) foi significativa ($P \leq 0,01$). (TABELA EM ANEXO A-1).

Considerando-se as farinhas, quanto à umidade, isoladamente dentro de cada variedade, verificou-se que todas elas diferiram entre si ao nível de 1%. Verificou-se também que para as farinhas B as taxas de redução foram muito similares para ambas as variedades (55,6% para a variedade clara e 67,2% para a variedade escura, em relação aos padrões). As farinhas C também apresentaram comportamentos similares e foram as que apresentaram as maiores taxas de redução (91,1% para a variedade clara e 78,6% para a variedade escura) em relação à farinha padrão (farinhas A) de cada variedade. Esta elevada taxa de redução de umidade para essas farinhas (farinhas C) era esperada em razão do tempo e da temperatura utilizados no tratamento de desidratação, mas aparentemente os grãos da variedade clara foram mais sensíveis à severidade do tratamento que os grãos da variedade escura. Com relação às farinhas D, os padrões de comportamento foram algo diferentes, de vez que a redução do teor de umidade dos grãos da variedade clara (73,9%) foi muito superior aquela sofrida pelos grãos da variedade escura (34,1%) quando ambas foram comparadas com os respectivos padrões. Acredita-se que essa dissimilaridade de comportamento das farinhas D tenha sido parcialmente devida a uma menor sensibilidade dos grãos da variedade escura, à cocção a microondas. Pode também ter

sido decorrente de um aquecimento desigual dos grãos, o que, segundo MAI et alii (1980) é uma das desvantagens da cocção a microondas.

A comparação das frações cinza, extrato etéreo, proteína e fibra, mostrou que, com ligeiras exceções, os teores de todos estes constituintes foram mais elevados nas farinhas obtidas por tratamento prévio dos grãos (farinhas B, C e D) que nas farinhas obtidas de grãos crus integrais (farinha A) das respectivas variedades. Acredita-se que, na realidade, a concentração da maioria desses constituintes tenha permanecido constante ou tenha mesmo sofrido alguma redução em decorrência dos tratamentos prévios dados aos grãos. No entanto, devido ao volume de água que foi evaporado durante o processo de desidratação, as percentagens de todos os constituintes, exceto obviamente da fração umidade, tornaram-se mais elevadas.

Analisando-se separadamente cada uma destas frações, verifica-se que o teor de cinza sofreu um ligeiro aumento nas farinhas C e D e uma redução nas farinhas B quando comparadas com as farinhas A das respectivas variedades. Estas variações foram estatisticamente significativas ($P \leq 0,01$) tanto entre as duas variedades como entre as quatro farinhas de cada variedade, mas não houve interação entre os fatores variedade e tipo de farinha (TABELA EM ANEXO A-2). Pelo teste de Tukey, foi verificado que estatisticamente e ao nível de 1% somente as farinhas tratadas previamente com bicarbonato de sódio (farinhas B) diferiam realmente das demais e que o teor médio de cinza da variedade clara (3,30%) era significativamente menor que o teor médio de cinza da variedade escura (3,60%) ao nível de 1% de significância.

A redução por dissolução do teor de minerais em decorrência do remolho e cocção dos grãos de leguminosas em soluções alcalinas, tem sido comprovada por vários pesquisadores (OLSON et alii, 1982; SHINDE & SHIRALKAR, 1980; HAYTAWITZ, 1983; SILVA et alii, 1981). MEINERS et alii (1976) verificaram que o remolho e a cocção em calor úmido levam a uma redução do teor de minerais contidos em feijões e que esta redução é muito acentuada quando são utilizadas como meio, so

luções salinas de sódio, especialmente aquelas contendo bicarbonato de sódio (NaHCO_3). Parece que alguns minerais são mais afetados que outros. Segundo VARRIANO-MARSTON & DE OMANA (1979) quantidades consideráveis de íons, especialmente de potássio e de magnésio são substituídos por íons de sódio e, conseqüentemente, perdidos por dissolução tanto durante o processo de remolho como de cocção, de feijões pretos (*Phaseolus vulgaris* L.) em meio alcalino. Estudos realizados por esses mesmos autores demonstraram que, em geral, os feijões reidratados em soluções salinas perdem mais minerais durante o remolho que durante a cocção.

Uma ligeira, porém significativa, elevação do teor de proteínas das farinhas que receberam tratamento prévio (farinhas B, C e D) em relação às farinhas obtidas dos grãos crus integrais (farinhas A), das respectivas variedades, também foi observada de acordo com a análise de variância, ao nível de 1%. Houve também interação entre os fatores variede e tipo de farinha, e esta foi significativa ($P \leq 0,01\%$) (TABELA EM ANEXO A-3). A classificação das farinhas, dentro de cada variedade, pelo teste de Tukey mostrou, no entanto, que ao nível de 1%, para a variedade clara, somente a farinha A apresentou teor de proteína significativamente menor que as demais e que para a variedade escura as farinhas A e D foram consideradas estatisticamente iguais e significantemente inferiores às farinhas B e C que também foram consideradas iguais. Esses resultados diferem daqueles obtidos por SALES (1980) que verificou uma redução de 4% do teor proteico em farinhas de caupi obtidas de grãos torrados previamente a seco em forno comum a, respectivamente, 135°C por 80 min e 160°C por 50 min e a manutenção do teor protéico em farinhas tratadas previamente com bicarbonato de sódio e deseidratadas por secador atomizador.

Considerando-se o aumento percentual de todas as frações das farinhas submetidas a diferentes tratamentos (farinhas B, C e D) uma decorrência da desidratação, acredita-se que, na realidade, o teor quantitativo protéico dessas farinhas não tenha sofrido modificações. EDIJALA (1980) verificou que o tratamento do caupi com bicarbonato de sódio (NaHCO_3) não exerceu efeito significativo sobre o teor de proteína em

termos de nitrogênio total, enquanto ADDO & HILL (1983) verificaram que caupis cozidos em panela aberta por 3h a fogo brando apresentaram um ligeiro aumento do teor de proteína bruta em comparação a caupis crus. A classificação pelo teste de Tukey mostrou também que o teor médio de proteína da farinha A da variedade clara foi estatisticamente menor que o da farinha A da variedade escura a nível de 1%.

Quanto às frações extrato etéreo e fibra, embora tenham havido diferenças tanto entre as farinhas tratadas previamente (farinhas B, C e D) entre si, como entre estas e as farinhas obtidas dos grãos crus integrais (A) das respectivas variedades, estas diferenças não foram consideradas significativas ao nível de 1% (TABELAS EM ANEXO A-4 e A-5). Ao nível de 5% somente as diferenças entre os valores de extrato etéreo foram consideradas significativas para todas as farinhas pela análise de variância. No entanto, pelo teste de Tukey, foi verificado que ao nível de 5%, para a variedade clara, só a farinha C era menor e estatisticamente diferente das demais farinhas enquanto que para a variedade escura essa diferença era menor e significativa para a farinha A. O efeito das variedades sobre os tratamentos prévios e vice-versa foi altamente significativo ($P < 0,01$). SALES (1980) verificou que a fração extrato etéreo permaneceu constante para as farinhas de caupi obtidas de grãos que foram tratados previamente com bicarbonato de sódio ou torrados em forno comum. Ela verificou também que o tratamento prévio com bicarbonato de sódio provocou um aumento da fração fibra mas que essa fração permaneceu constante na farinha obtida de grãos torrados previamente a 160°C por 50 min. ASPIROZ (1983) estudou a composição de feijões "navy bean" (*Phaseolus vulgaris*, L.) que foram submetidos, respectivamente, ao remolho e cocção com ou sem a adição de bicarbonato de sódio e verificou que não houve diferença quanto aos teores de lipídios e proteínas entre os tratamentos.

Segundo ANDERSON & CLYDESDALE (1980) vários estudos têm demonstrado que os componentes da fibra dietética podem ser afetados pelo processamento e que o torramento do farelo de trigo provocou um ligeiro mas significativo decréscimo

mo das frações hemicelulose e celulose e um aumento aparente do teor de lignina. Parece que o aquecimento a seco do farelo de trigo acima de 50°C provocou reação de escurecimento (reação de Maillard) com formação de produtos marrons que, sendo insolúveis em H_2SO_4 a 72%, foram isolados juntamente com a fração da verdadeira lignina.

Na TABELA 2 são encontrados os valores médios de cálcio, ferro e fósforo de todas as farinhas analisadas. MOURA FÉ et alii (1981) trabalhando com quarenta variedades de feijão caupi, encontraram que os valores de cálcio oscilaram entre um mínimo de 51,08 mg/100g e um máximo de 141,20mg/100g, enquanto que os valores encontrados para o ferro oscilaram entre um mínimo de 3,04 mg/100g e um máximo de 7,83mg/100g. Os teores de fósforo variaram entre um mínimo de 788,9mg de P_2O_5 /100g e um máximo de 1.244,00mg de P_2O_5 /100g.

Considerando-se as farinhas de feijão cru integral (A) pode-se observar que os teores de cálcio, de ferro e de fósforo de ambas as variedades apresentaram valores que estão compatíveis com os resultados obtidos pelos autores anteriormente citados.

Diferenças significativas foram observadas entre as duas variedades em relação aos teores de cálcio (a farinha A da variedade clara apresentou menor teor do que a variedade escura ao nível de 5% de significância) e de ferro (a farinha A da variedade clara apresentou maior teor que o da variedade escura a nível de 1%), mas não foram observadas diferenças significativas quanto aos teores de fósforo entre as duas variedades estudadas (TABELAS EM ANEXO A-6, A-7 e A-8).

Comparando-se os resultados obtidos no tocante ao teor de cálcio das farinhas dos feijões crus integrais (farinhas A) de ambas as variedades de caupi com as farinhas obtidas por tratamento prévio dos grãos (farinhas B, C e D), das respectivas variedades, verifica-se que a análise de variância indicou haver diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as quatro farinhas de cada variedade. No entanto, a classificação pelo teste de Tukey mostrou que ao nível de 1% os teores médios de cálcio das quatro farinhas de cada

TABELA 2 - Determinações de cálcio, ferro e fósforo obtidas das farinhas de duas variedades de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Farinhas	Variedade clara				Variedade escura			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Determinações								
Cálcio (mg Ca/100g)	91,92	135,35	87,51	146,58	111,62	144,66	153,68	127,29
Fósforo (mg P ₂ O ₅ /100g)	1012,17	1012,38	1022,90	1062,93	850,82	935,19	916,40	929,64
Ferro (mg Fe/100g)	6,37	6,20	8,11	7,89	4,40	5,06	5,60	4,68

A - Farinha obtida de caupi cru integral.

B - Farinha obtida de caupi tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO₃) a 0,5%.

C - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno comum a 160°C durante 50 min.

D - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno a microondas a 2.400MHz por 6 min.

variedade eram consideradas estatisticamente iguais. Não houve interação entre os fatores variedade e tipo de farinha quanto ao conteúdo deste elemento. Embora as farinhas que receberam tratamento prévio, exceto a farinha B da variedade de clara, também tenham apresentado ligeiro aumento de ferro e de fósforo em relação às farinhas obtidas dos grãos crus integrais (A), estas diferenças não foram consideradas significativas pela análise estatística de variância.

Vários estudos realizados sobre o comportamento de minerais durante a cocção de vegetais mostraram que a retenção além de estar relacionada com o vegetal (BLUMENTHAL et alii, 1981; HARRING & VANDELFT, 1981), também depende do tipo de cocção (BLUMENTHAL et alii, 1981), do tipo de mineral (BLUMENTHAL et alii, 1981; AKPAPUNAM & MARKAKIS, 1981; SCHEFFELD et alii, 1982), tempo de cocção (SCHEFFELD et alii, 1982) e do tipo de solução de remolho e de cocção (VARRIANO-MARSTON & OMANA, 1979; HARRING & VANDELFT, 1981; AKPAPUNAM & MARKAKIS, 1981; SILVA et alii, 1981; SCHEFFELD et alii, 1982). KON (1979) verificou que para feijões "California small white" as perdas de cálcio e magnésio foram muito pequenas a temperaturas de remolho de até 50°C, mas um aumento de três a quatro vezes, foi verificado quando esta temperatura foi elevada para 60°C e até 90°C. HAYTAWITZ (1983) verificou que a retenção de ferro após o remolho e cocção de várias leguminosas, inclusive caupi, foi de 86 a 98% enquanto AUGUSTIN et alii (1981) verificaram que, em nove diferentes classes de *Phaseolus vulgaris*, L. cozidos, a retenção dos minerais foi muito variável, sendo muito baixa para o sódio (38,5%) e quase total para o cálcio e o fósforo (93,2% a 106,1% e 91,1% a 101,2% de retenção, respectivamente). Quanto ao remolho e cocção em soluções salinas de sódio, VARRIANO-MARSTON & DE OMANA (1979) verificaram que feijões pretos ganharam sódio quando reidratados nessas soluções e perderam quantidades significativas desse mineral quando reidratados em água de bica ou destilada. Nenhuma correlação significativa foi observada entre a quantidade de cálcio drenada dos feijões e a quantidade de sódio da água de remolho. Contudo, os feijões reidratados em água de bica retiveram mais cálcio que aqueles reidratados em soluções de sódio, pos

sivelmente devido à alta concentração de cálcio nessa água o que diminuiu o movimento do cálcio para fora dos feijões. ROCKLAND et alii (1979) verificaram que houve uma ligeira diferença quanto à retenção de alguns minerais entre os feijões "winged" cozidos da maneira padrão (remolho e cocção em água destilada) e pelo método rápido (remolho em solução contendo bicarbonato de sódio e outros sais de sódio e cocção em água destilada). O efeito dos métodos de cocção a microondas e forno comum sobre a retenção de minerais do "Colossus peas" foi estudado e mostrou que apesar dessa retenção ser variável para cada mineral, diferenças devidas aos métodos de cocção não foram significativas (CHUNG et alii, 1981).

A determinação do pH das farinhas em estudo apresentou, para as variedades clara e escura, respectivamente, os valores de 6,40 para as farinhas obtidas dos grãos crus integrais (farinhas A), de 6,30 para as farinhas obtidas dos grãos torrados previamente em forno comum a 160°C por 50 min (farinhas C) e de 6,40 (variedade clara) e 6,50 (variedade escura) para as farinhas obtidas dos grãos torrados previamente em forno a microondas (farinhas D). Como pode ser notado, esses tratamentos prévios praticamente não alteraram o valor do pH, que foi ligeiramente ácido, das farinhas C e D em relação às farinhas A. As farinhas B, no entanto, apresentaram valores de pH alcalinos (8,40 para a variedade clara e 7,80 para a variedade escura) o que era esperado, em decorrência do tratamento prévio de remolho e cocção em solução de bicarbonato de sódio que os grãos receberam antes de serem pulverizados para a obtenção dessas farinhas.

4.2 - Qualidade protéica

As determinações quantitativas dos aminoácidos das farinhas integrais (farinhas A, B, C e D) das variedades clara e escura por nós estudadas encontram-se, respectivamente, nas TABELAS 3 e 4, expressos em g/100g de farinha e g/100g de proteína. Comparativamente, as farinhas obtidas de grãos crus integrais (farinhas A) de ambas as variedades (TABELAS 3 e 4)

TABELA 3 - Aminograma obtido das farinhas da variedade clara de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Farinhas	A		B		C		D	
Aminoácido	Amostra	Proteína	Amostra	Proteína	Amostra	Proteína	Amostra	Proteína
	(g/100g)		(g/100g)		(g/100g)		(g/100g)	
Lisina	1,7075	7,1710	1,6884	7,1242	1,4088	5,8650	1,7365	7,4430
Histidina	0,8228	3,4558	0,8291	3,4983	0,7784	3,2404	0,8400	3,6003
Amônia	0,7218	3,0314	0,4971	2,0976	0,5851	2,4358	0,5905	2,5311
Arginina	1,7134	7,1962	1,6113	6,7987	1,5007	6,2476	1,5823	6,7819
Ác. Aspártico	2,6934	11,3120	2,6395	11,1371	2,6756	11,1391	2,6732	11,4580
Treonina	0,9261	3,8895	0,9071	3,8273	0,9069	3,7753	0,8951	3,8365
Serina	1,1250	4,7249	1,1609	4,8980	1,1080	4,6127	1,0949	4,6930
Ác. Glutâmico	3,7655	15,8147	3,7097	15,6526	3,8543	16,0460	3,8052	16,3103
Prolina	0,9632	4,0450	1,0322	4,3553	1,0104	4,2063	0,9953	4,2659
Glicina	0,9989	4,1950	0,9651	4,0719	1,0074	4,1942	0,9811	4,2052
Alanina	1,0348	4,3461	1,0473	4,4188	1,0484	4,3645	1,0269	4,4017
Cistina	0,0850	0,3569	0,0554	0,2336	0,0712	0,2965	0,0896	0,3839
Valina	1,2886	5,4119	1,3679	5,7716	1,2822	5,3380	1,2794	5,4840
Metionina	0,4312	1,8111	0,3937	1,6610	0,3808	1,5852	0,4016	1,7215
Isoleucina	1,1084	4,6550	1,1763	4,9631	1,1189	4,6581	1,0917	4,6792

TABELA 3 - (Continuação).

Farinhas	A		B		C		D	
Aminoácido	Amostra Proteína (g/100g)		Amostra Proteína (g/100g)		Amostra Proteína (g/100g)		Amostra Proteína (g/100g)	
Leucina	1,9586	8,2261	2,0975	8,8503	1,9700	8,2015	1,9964	8,5573
Tirosina	0,7432	3,1214	0,7865	3,3186	0,7398	3,0796	0,7398	3,1709
Fenilalanina	1,3450	5,6489	1,4673	6,1912	1,3541	5,6374	1,3518	5,7942
Proteína	23,81	-	23,70	-	24,02	-	23,33	-

A - Farinha obtida de caupi cru integral.

B - Farinha obtida de caupi tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) a 0,5%.

C - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno comum a 160°C durante 50 min.

D - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno a microondas a 2.400 MHz por 6 min.

TABELA 4 - Aminograma obtido das farinhas da variedade escura de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Farinhas	A		B		C		D	
Aminoácido	Amostra	Proteína	Amostra	Proteína	Amostra	Proteína	Amostra	Proteína
	(g/100g)	(g/100g)	(g/100g)	(g/100g)	(g/100g)	(g/100g)	(g/100g)	(g/100g)
Lisina	1,7559	7,6441	1,7772	6,8723	1,8314	7,4236	1,9514	7,3637
Histidina	0,8746	3,8077	0,9559	3,6963	0,9193	3,7264	0,9678	3,6520
Amônia	0,7233	3,1489	0,5201	2,0110	0,6365	2,5801	0,6536	2,4665
Arginina	1,6490	7,1790	2,1491	8,3104	1,8135	7,3508	1,7803	6,7180
Ác. Aspártico	2,7167	11,8268	3,0224	11,6874	2,8935	11,7289	3,0932	11,6725
Treonina	0,8934	3,8895	1,0268	3,9705	0,9384	3,8036	1,0072	3,8009
Serina	1,1732	5,1076	1,2903	4,9896	1,1739	4,7582	1,3275	5,0095
Ác. Glutâmico	3,9745	17,3029	4,4031	17,0268	4,1166	16,6864	4,3717	16,4970
Prolina	0,9768	4,2523	1,2003	4,6414	1,0963	4,4438	1,2068	4,5540
Glicina	1,0214	4,4468	1,1877	4,5929	1,0928	4,4295	1,1469	4,3280
Alanina	1,0469	4,5577	1,1835	4,5767	1,0912	4,4230	1,2153	4,5857
Cistina	0,0517	0,2251	0,0482	0,1862	0,1273	0,5162	0,0512	0,1931
Valina	1,3175	5,7355	1,4743	5,7101	1,3746	5,5719	1,5848	5,9801
Metionina	0,4329	1,8846	0,4626	1,7888	0,3771	1,5287	0,4795	1,8095
Isoleucina	1,1181	4,8676	1,2283	4,7497	1,1789	4,7785	1,3450	5,0756

TABELA 4 - (Continuação).

Farinhas	A		B		C		D	
Aminoácido	Amostra	Proteína	Amostra	Proteína	Amostra	Proteína	Amostra	Proteína
	(g/100g)		(g/100g)		(g/100g)		(g/100g)	
Leucina	2,0961	9,1255	2,2280	8,6156	2,1188	8,5883	2,4823	9,3673
Tirosina	0,7560	3,2912	0,8540	3,3021	0,8068	3,2702	0,8940	3,3737
Fenilalanina	1,4261	6,2084	1,5864	6,1347	1,4905	6,0416	1,6977	6,4054
Proteína	22,97	-	25,86	-	24,67	-	26,50	

A - Farinha obtida de caupi cru integral.

B - Farinha obtida de caupi tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) a 0,5%.

C - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno comum a 160°C durante 50 min.

D - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno a microondas a 2.400 MHz por 6 min.

correlacionam bem com os dados encontrados por AKPAPUNAM & MARKAKIS (1981) e OKAKA & POTTER (1979). Uma análise detalhada dos aminogramas das TABELAS 3 e 4 mostra que o ácido glutâmico seguido pelo ácido aspártico, são os aminoácidos encontrados em maiores concentrações. O mesmo comportamento foi observado em dez variedades de caupi estudadas por OLOGHOBO & FETUGA (1982) e em "lima beans" estudadas por MEREDITH & THOMAS (1982). Altos teores dos aminoácidos lisina, ácido aspártico, ácido glutâmico e leucina, foram também encontrados em feijões *Phaseolus* e "field beans" (*Vicia faba*) por KANAMORI *et alii* (1982) e, segundo SOSULSKI & HOLT (1982), os aminoácidos arginina, leucina, lisina, ácido aspártico e ácido glutâmico, correspondem, em média, a 50% do total de todos os aminoácidos das leguminosas em geral. Os respectivos somatórios das concentrações desses aminoácidos nas farinhas de caupi cru integral (farinhas A) de ambas as variedades, objeto do presente estudo, apresentam, aproximadamente, as mesmas percentagens (49,89% na variedade clara e 53,07% na variedade escura).

Analisando-se estatisticamente (TABELAS EM ANEXO A-9, A-10, A-11, A-12, A-13 e A-14) os resultados das TABELAS 3 e 4 verifica-se que o teor médio (g/100g de farinha) dos aminoácidos essenciais lisina, metionina, isoleucina, leucina, fenilalanina e valina, não apresentam diferenças significativas nem entre as duas variedades nem entre as quatro farinhas de cada variedade. Quanto ao aminoácido essencial treonina, nada foi possível concluir na análise de variância em face do comportamento diferente das duas variedades (TABELA EM ANEXO A-15). SALES (1980) também não observou diferenças significativas quanto aos teores de lisina, metionina e treonina em farinhas de caupi cujos grãos foram tratados previamente, respectivamente, por remolho e cocção em solução de bicarbonato de sódio a 0,5% e torramento a seco em forno comum a 135°C por 80 min e a 160°C por 50 min. No presente estudo, no entanto, foi verificado que embora estatisticamente não significativos, o torramento prévio a seco dos grãos (160°C por 50 min) provocou um decréscimo dos teores de metionina (17% para a variedade clara e 13% para a variedade escura), cistina (16% para a variedade clara) e

lisina (17% para a variedade clara), enquanto que o tratamento prévio de remolho e cocção dos grãos em solução de bicarbonato de sódio a 0,5% provocou um decréscimo de 35% do teor de cistina da variedade clara (farinha B).

Segundo TANNENBAUM, citado por Sales (1980), a aplicação de calor moderado a leguminosas melhora a qualidade e a digestibilidade protéica e destrói os inibidores de crescimento e outros fatores tóxicos. No entanto, ainda segundo TANNENBAUM, o super aquecimento pode afetar o valor nutrititivo da proteína vegetal por provocar um decréscimo do mais lábil dos aminoácidos que é a cisteína e a perda da disponibilidade parcial do aminoácido mais reativo que é a lisina.

Comparado com a cocção em panela aberta e sob presão o processo de assar reduziu mais a disponibilidade da lisina em feijões "red grams", "bengalgram" e "blackgram" mas não apresentou diferenças quanto aos teores de metioninina e cistina (GEERVANI & THEOPHILUS, 1980).

Segundo LUH & WOODROOF (1975) o torramento de amendoim reduz a disponibilidade ou destrói cerca de 10% dos aminoácidos essenciais, enquanto BANDENHOP & HACKLER, citados por FERRIER & LOPEZ (1979), verificaram que o torramento da soja resulta na redução de triptofano, lisina, cisteína e histidina e no decréscimo do PER.

A redução dos teores de cistina e de lisina, tanto como resultado do tratamento prévio alcalino (farinhas B) como do torramento dos grãos (farinhas C) pode ser devido à formação de lisinoalanina (LAL). Sabe-se que a formação desse aminoácido não usual ocorre em soja, principalmente, às custas de lisina e de cistina (SAVOIE & PARENT, 1983) em proteínas tratadas com álcalis e/ou aquecimento (STERNBERG et alii e AYMARD et alii, citados por JEUNINK & CHEFTEL, 1979) sendo esse fato considerado, juntamente com a racemização dos aminoácidos, pelo menos parcialmente, responsável pelo decréscimo da qualidade das proteínas tratadas com álcalis (ROBBINS & BALLEW, 1982; SALES, 1980).

A perda parcial da digestibilidade biológica da lisina também pode ter ocorrido, principalmente, em decorrência do torramento prévio dos grãos a 160°C por 50 min (fari

nhas C) já que foi verificado que tratamentos prolongados a altas temperaturas favorecem a reação de escurecimento não enzimático entre proteínas (aminoácidos) e carboidratos (açúcares) (EKPENYONG & BORCHERS, 1981; GEERVANI & THEOPHILUS, 1980; OKAKA & POTTER, 1979; LUH & WOODROOF, 1975). Como, nas proteínas, a lisina é o único aminoácido essencial que dispõe de um grupo epsilon amino livre, é o mais susceptível ao escurecimento não enzimático (RHEE & RHEE, 1981). As farinhas obtidas de grãos crus integrais (farinhas A) apresentaram razoável concentração de lisina e alto teor de carboidratos e embora não tenham havido diferenças significativas entre os teores de lisina das farinhas A e C, não se pode afirmar quanto desta lisina permaneceu disponível para a digestão, desde que o teor de lisina total é, geralmente, determinado por um tratamento de hidrólise ácida e não reflete, necessariamente, a quantidade de lisina que está numa forma nutricionalmente disponível (PETERSON & WARTHESEN, 1979). Segundo DI CESARE (1980), a disponibilidade de lisina em proteínas de feijões diminuiu com temperaturas e tempos de cocção acima de 100°C e mais de 7,5 min, respectivamente.

Segundo SALES (1980) o efeito do tratamento pelo calor parece depender do tipo de produto aquecido juntamente com a intensidade, duração e tipo de calor aplicado. BODWELL, citado por SALES (1980), considerou que o calor úmido é geralmente menos prejudicial que o calor seco e GUSTAFSON *et alii*, também citados por SALES (1980), consideram que o tratamento a microondas parece destruir os inibidores com efeitos menos severos sobre a disponibilidade dos aminoácidos. MAI *et alii* (1980) também verificaram que, comparada com a cocção comum, a cocção a microondas resulta em menor destruição da lisina em pão, pois tem como vantagens a rapidez e a redução da perda nutricional por dissolução ou alteração química.

O estudo da fração protéica, compreendendo a avaliação do score de aminoácidos essenciais (TABELAS 5 e 6), demonstrou que não existem diferenças significativas quanto aos teores médios de treonina e de lisina nem entre as variedades nem entre as quatro farinhas, bem como entre as fari

TABELA 5 - "Score" de aminoácidos essenciais obtido das farinhas da variedade clara de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Aminoácido	Padrão da FAO *	mg/g Proteína				Score de aminoácidos (%)			
		Farinhas				Farinhas			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Isoleucina	40	46,55	49,63	46,58	46,79	**	-	-	-
Leucina	70	82,26	88,50	82,01	85,57	-	-	-	-
Lisina	55	71,71	71,24	58,65	74,43	-	-	-	-
Metionina +									
Cistina	35	21,68	18,94	18,82	21,05	61,94	54,11	53,77	60,14
Fenilalanina +									
Tirosina	60	87,70	95,10	87,17	89,65	-	-	-	-
Treonina	40	38,90	38,27	37,75	38,37	97,25	95,68	94,38	95,93
Triptofano	10	***	***	***	***	-	-	-	-
Valina	30 ⁵⁰	54,12	57,72	53,38	54,84	-	-	-	-

A - Farinha obtida de caupi cru integral.

B - Farinha obtida de caupi tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO₃) a 0,5%.

C - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno comum a 160°C por 50 min.

D - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno a microondas a 2.400 MHz por 6 min.

* - FAO - Food and Agricultural Organization. ** - Acima de 100%. *** - Não determinado.

TABELA 6 - "Score" de aminoácidos essenciais obtido das farinhas da variedade escura de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Aminoácido	Padrão da FAO *	mg/g Proteína				Score de aminoácidos (%)			
		Farinhas				Farinhas			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Isoleucina	40	48,68	47,50	47,79	50,76	**	-	-	-
Leucina	70	91,26	86,16	85,88	93,57	-	-	-	-
Lisina	55	76,44	68,72	74,24	73,64	-	-	-	-
Metionina +									
Cistina	35	21,10	19,75	20,45	20,03	60,29	56,43	58,43	57,23
Fenilalanina +									
Tirosina	60	94,99	94,37	93,12	97,80	-	-	-	-
Treonina	40	38,90	39,71	38,04	38,01	97,25	99,28	95,10	95,03
Triptofano	10	***	***	***	***	-	-	-	-
Valina	30 ⁵⁰	57,36	57,10	55,72	59,80	-	-	-	-

A - Farinha obtida de caupi cru integral.

B - Farinha obtida de caupi tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO₃) a 0,5%.

C - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno comum a 160°C durante 50 min.

D - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno a microondas a 2.400 MHz por 6 min.

* - FAO - Food and Agricultural Organization.

** - Acima de 100%. *** - Não determinado.

nhas e a proteína padrão da FAO (TABELAS EM ANEXO A-16 e A-17). Foi verificado também que não existem diferenças significativas quanto aos teores médios dos aminoácidos leucina e isoleucina e do par fenilalanina-tirosina entre as duas variedades. Para as farinhas de cada variedade e a proteína padrão da FAO, no entanto, esta diferença é significativa a nível de 5% para os aminoácidos leucina e isoleucina e a nível de 1% para o par fenilalanina-tirosina. Pelo teste de DUNCAN, quando se compara a proteína padrão da FAO com a proteína das quatro farinhas, foi observado que os teores médios desses aminoácidos são iguais nas proteínas de todas as farinhas e são significativamente maiores que na proteína padrão da FAO ($P \leq 0,05$) para os aminoácidos leucina e isoleucina e ($P \leq 0,01$) para o par fenilalanina-tirosina (TABELAS EM ANEXO A-18, A-19 e A-20). Para o aminoácido valina, foi verificado que embora não existam diferenças significativas entre as duas variedades, as proteínas das farinhas obtidas dos grãos que sofreram tratamento prévio alcalino de ambas as variedades (farinhas B) apresentam valores significativamente maiores ($P \leq 0,05$) que as proteínas das demais farinhas e da proteína padrão da FAO em relação a esse aminoácido (TABELA EM ANEXO A-21). O teor médio de metionina-cistina (sulfurados totais) não diferiu estatisticamente nem entre as duas variedades, nem entre as farinhas de cada variedade, mas foram observadas diferenças significativas ($P \leq 0,01$) quando esses valores foram comparados aos da proteína padrão da FAO (TABELA EM ANEXO A-22) revelando o que já era previsto, ou seja, o par metionina-cistina como limitante primário das farinhas e variedades de caupi, objeto do presente estudo. LIMA (1972), AKPAPUNAM & MARKAKIS (1979), DEL ROSARIO et alii (1981), OLOGHOBO & FETUGA (1982), SALES (1980) e OKAKA & POTTER (1979) em seus respectivos estudos com caupis, encontraram ser o par metionina-cistina o aminoácido limitante primário. BOULTER (1972), BLISS (1972), OLOGHOBO & FETUGA (1982) verificaram, respectivamente, que o triptofano é o aminoácido limitante secundário na maioria dos caupis estudados. Segundo SMARTT (1976) é importante considerar que, todas as vezes em que é possível determinar os aminoácidos limitantes primário e secundário, estes são sem

pre os sulfurados totais e triptofano, podendo-se, por este motivo, concluir ser esta provavelmente uma característica geral das leguminosas.

4.3 - Composição da fração lipídica

Os dados relativos à composição e quantificação dos ácidos graxos da fração lipídica das farinhas (A, B, C e D) obtidos das duas variedades de feijão caupi, estão apresentados na TABELA 7, expressos em percentagens e os cromatogramas das respectivas farinhas encontram-se representadas nas FIGURAS 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12.

Os resultados da análise das farinhas dos grãos crus integrais de ambas as variedades (farinhas A) mostraram que o linoléico foi o ácido graxo predominante, seguido, em ordem decrescente, pelo linolênico, palmítico, oléico, esteárico e traços do palmitoléico e do beênico. Composições semelhantes foram obtidas, respectivamente, por MOURA FÉ et alii (1981) e MAHADEVAPPA & RAINA (1978), através de estudos por cromatografia gasosa de algumas variedades de caupi. A predominância dos ácidos graxos linoléico, linolênico e palmítico em caupis também foi observada, respectivamente, por MAHADEVAPPA & RAINA (1981), OLOGHOBO & FETUGA (1983) e GAYDON et alii, (1983). KIM et alii, (1980), TSUYUKI et alii (1980) e AL-NOURI & SDDIQI (1982) verificaram, respectivamente, que o linoléico e o palmítico foram os ácidos graxos predominantes do "mung bean", "kidney bean" e de "broad bean".

A análise de variância (TABELAS EM ANEXO A-23, A-24, A-25 e A-26) mostrou que, estatisticamente, não existem diferenças significativas entre as duas variedades quanto aos teores médios dos ácidos palmítico e linolênico, mas que o teor médio do ácido oléico foi significativamente maior ($P < 0,01$) para a variedade clara, enquanto que o teor médio do ácido linoléico foi significativamente maior ($P < 0,05$) para a variedade escura.

Estatisticamente, também foi verificado que não exis

TABELA 7 - Ácidos graxos (% do total), obtido do óleo das farinhas de duas variedades de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Farinhas	Variedade clara				Variedade escura			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Ácidos graxos								
Palmítico (C-16)	30,6	28,6	33,6	30,2	32,1	28,4	26,1	29,7
Palmitoléico (C-16:1)	Tr	Tr	-	Tr	-	-	-	-
Esteárico (C-18)	4,6	4,3	2,1	3,7	2,7	2,8	2,3	2,4
Oléico (C-18:1)	8,2	6,4	6,2	7,7	5,7	4,4	5,2	4,2
Linoléico (C-18:2)	36,7	38,6	41,4	39,5	40,7	41,7	46,6	41,5
Linolênico (C-18:3)	20,0	21,9	16,7	18,8	18,8	22,7	19,0	20,3
Behênico (C-22)	Tr	-	-	-	-	-	0,9	1,8

A - Farinha obtida de caupi cru integral.

B - Farinha obtida de caupi tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) a 0,5%.

C - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno comum a 160°C durante 50 min.

D - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno a microondas a 2.400MHz por 6 min.

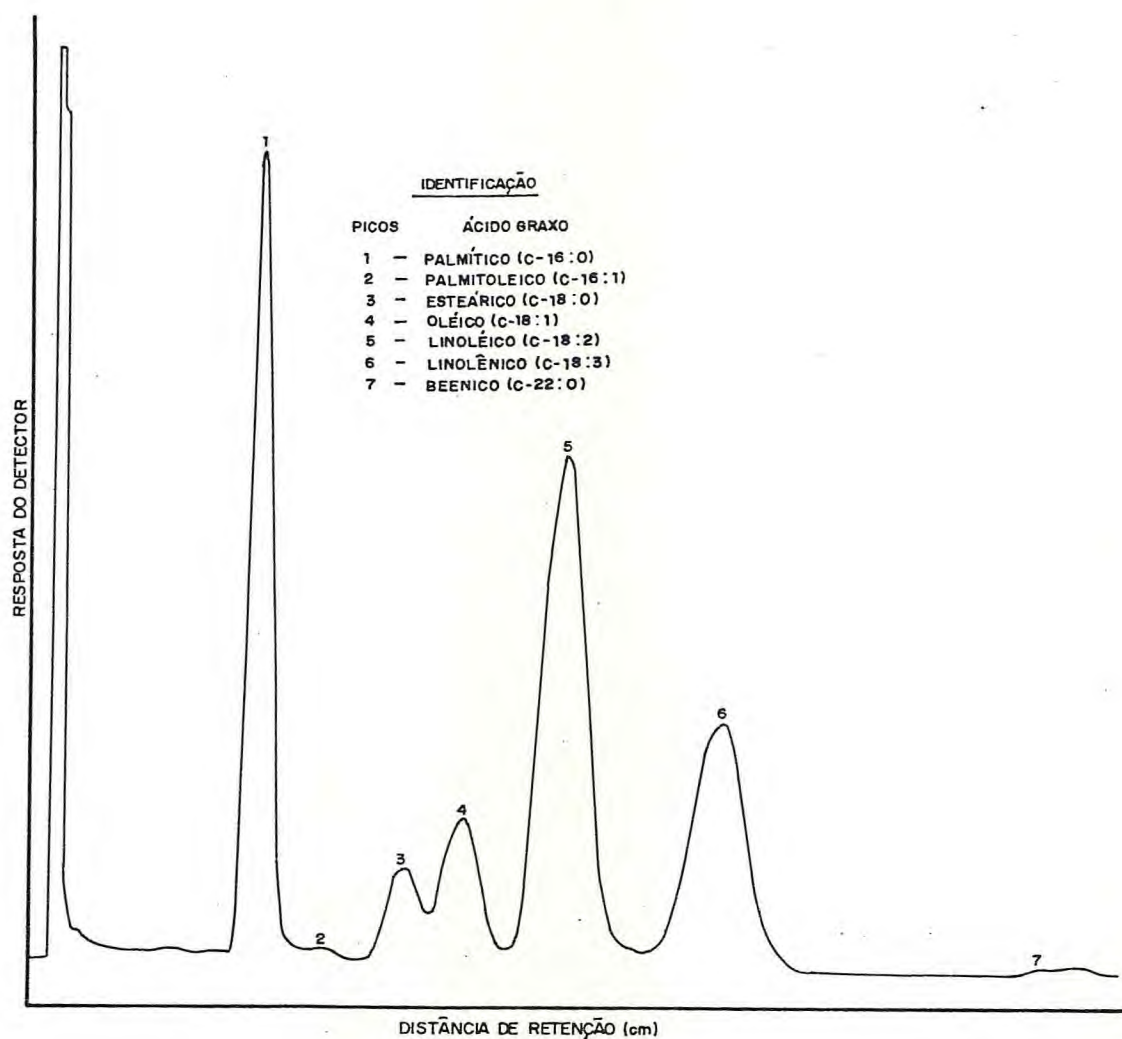


FIGURA 5 - Cromatograma dos ésteres metílicos dos ácidos graxos da fração lipídica obtida da farinha de caupi cru integral da variedade clara.

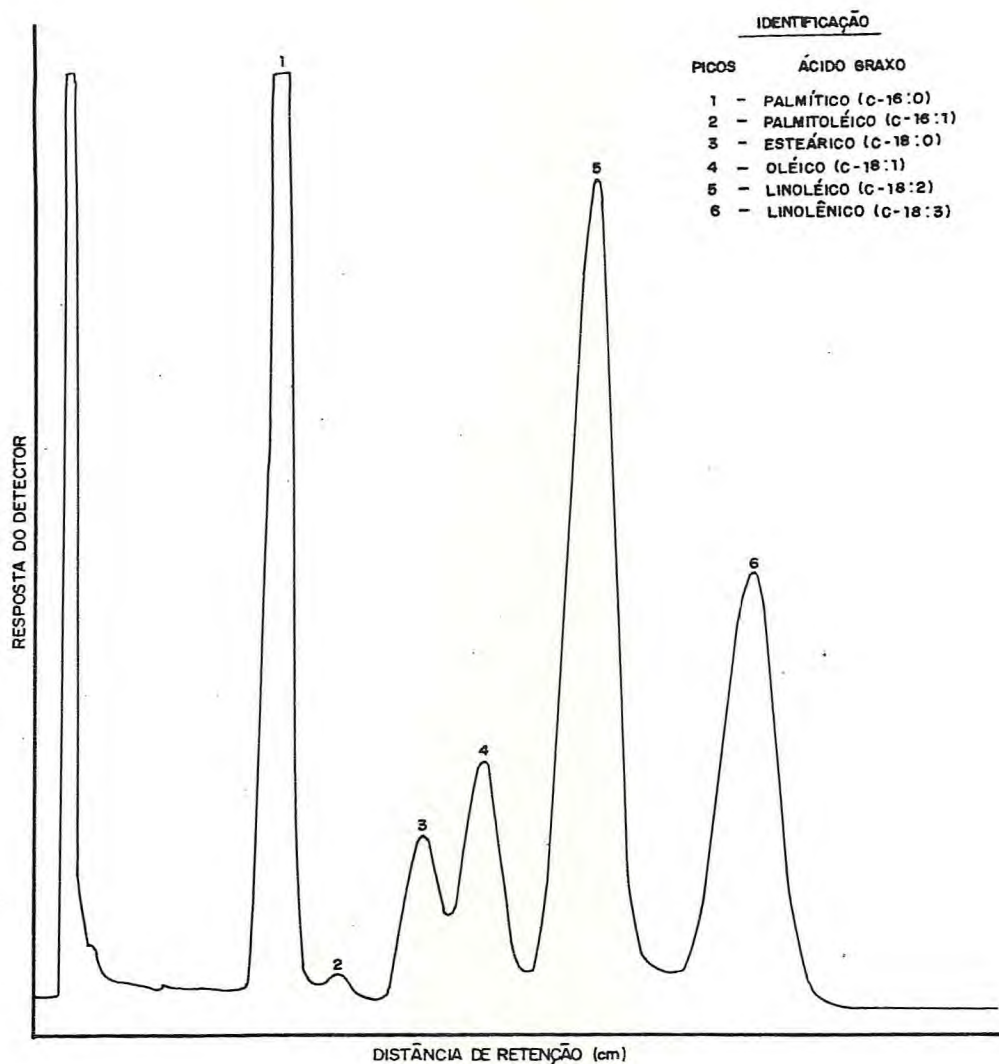


FIGURA 6 - Cromatograma dos ésteres metílicos dos ácidos graxos da fração lipídica obtida da farinha de caupi da variedade clara tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) a 0,5%.

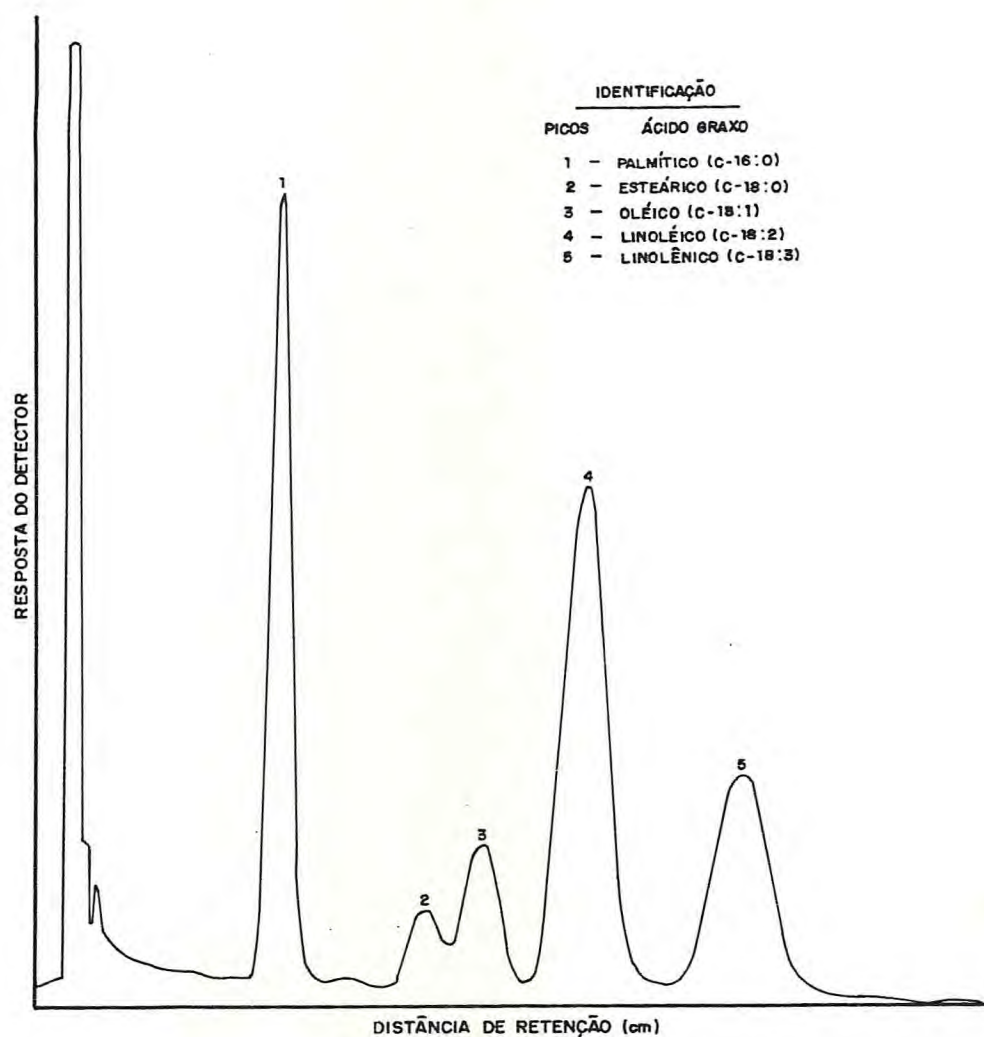


FIGURA 7 - Cromatograma dos ésteres metílicos dos ácidos graxos da fração lipídica obtida da farinha de caupi da variedade clara torrado previamente em forno comum a 160°C por 50 min.

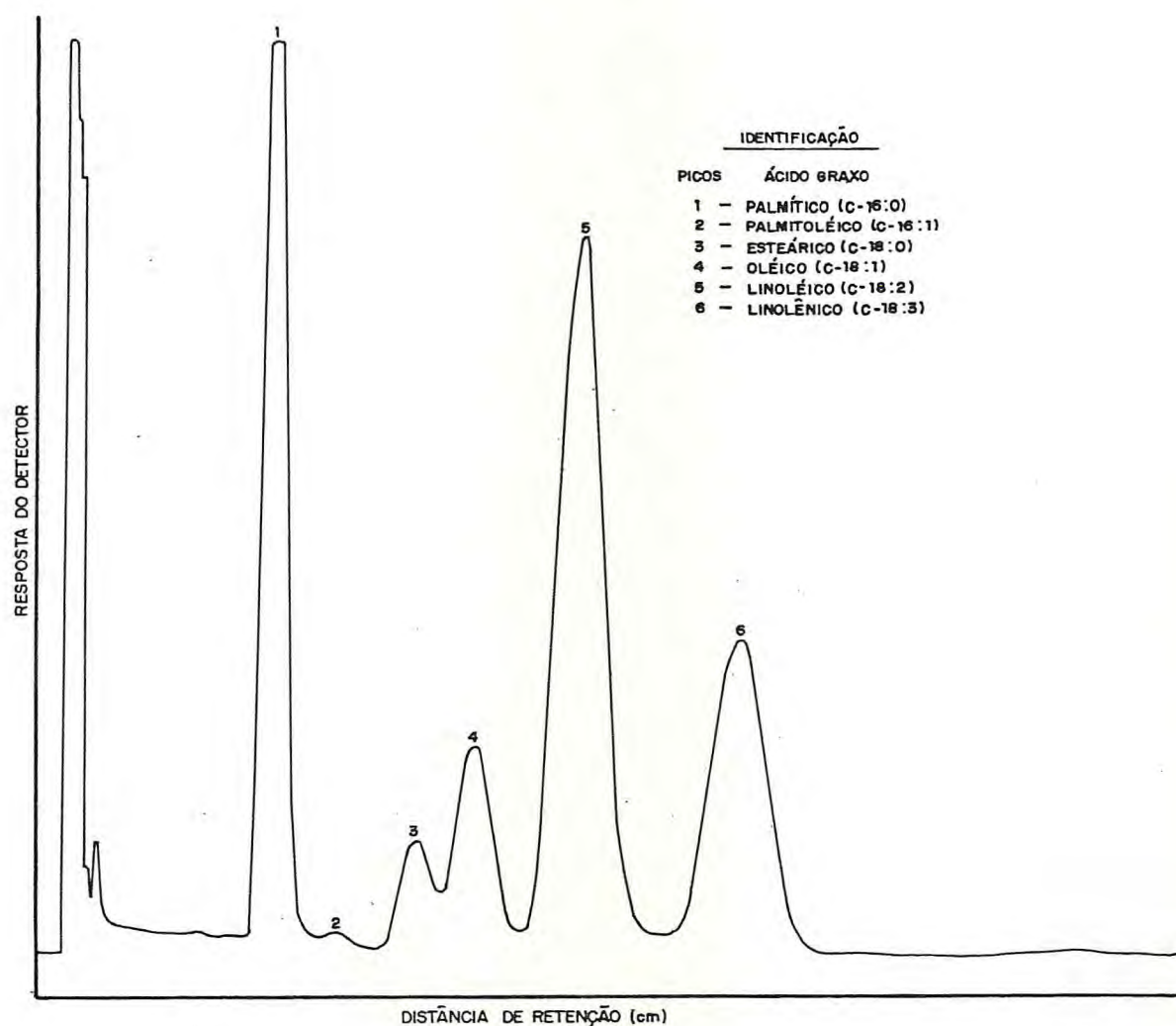


FIGURA 8 - Cromatograma dos ésteres metílicos dos ácidos graxos da fração lipídica obtida da farinha de caupi da variedade clara torrado previamente em forno a microondas a 2.400 MHz por 6 min.

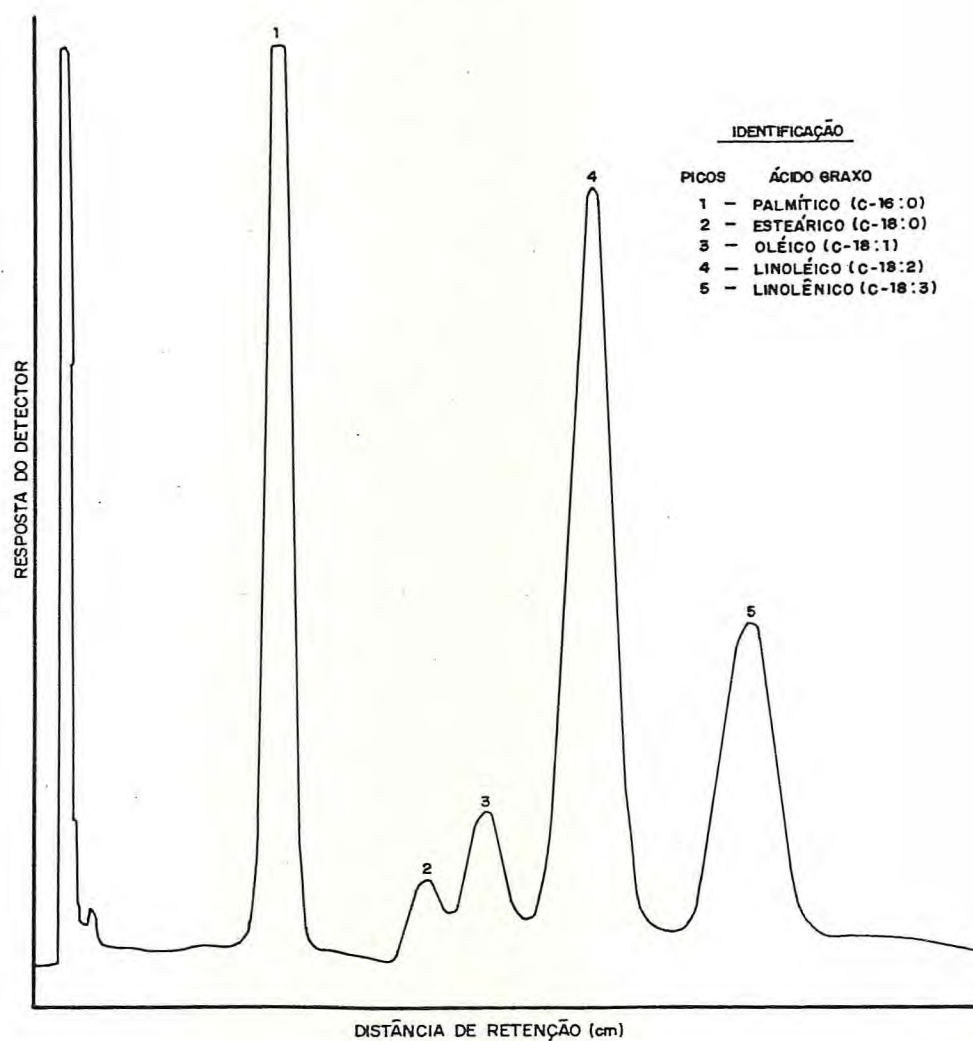


FIGURA 9 - Cromatograma dos ésteres metílicos dos ácidos graxos da fração lipídica obtida da farinha de caupí cru integral da variedade escura.

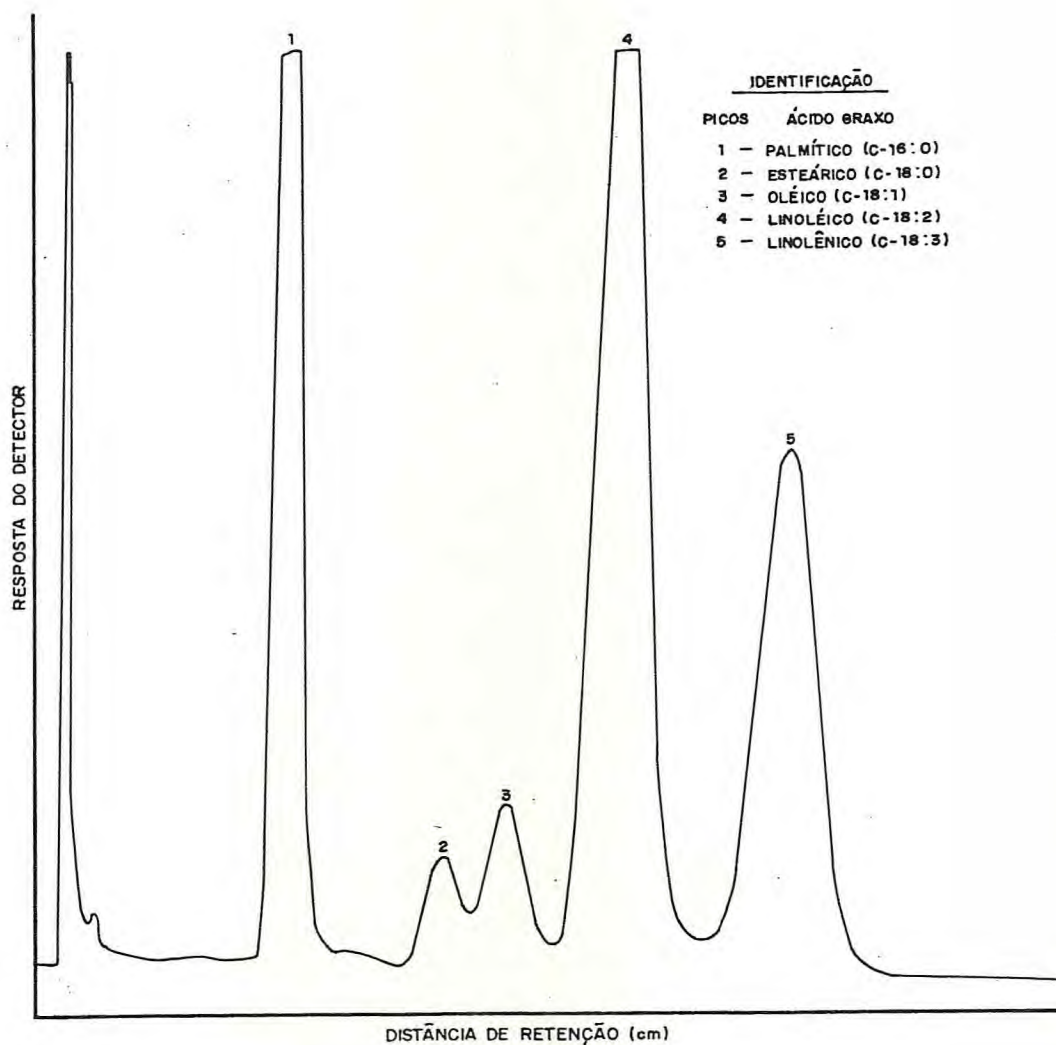


FIGURA 10 - Cromatograma dos ésteres metílicos dos ácidos graxos da fração lipídica obtida da farinha de caupi da variedade escura tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) a 0,5%.

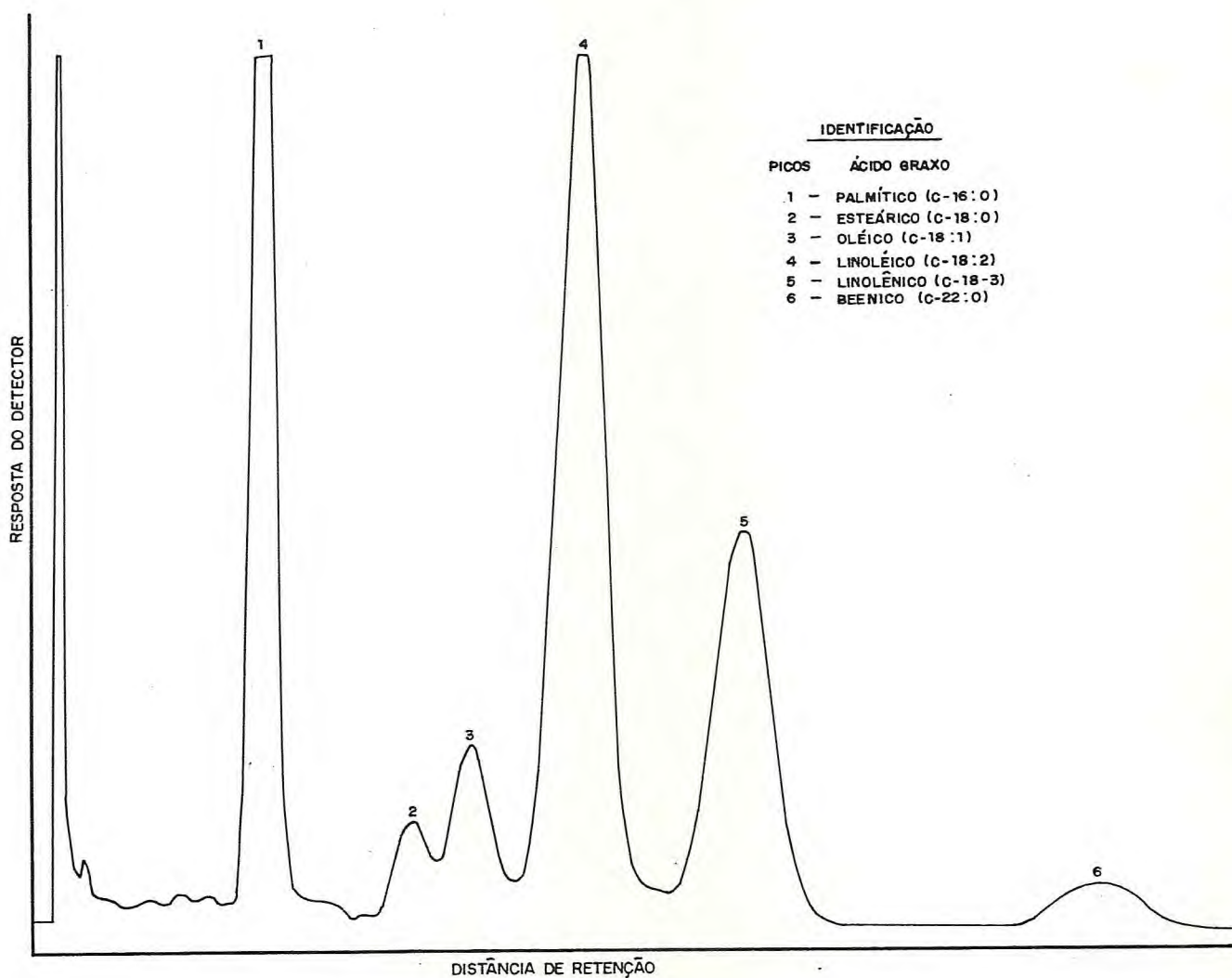


FIGURA 11 - Cromatograma dos ésteres metílicos dos ácidos graxos da fração lipídica obtida da farinha de caupi da variedade escura torrado previamente em forno comum a 160°C por 50 min.

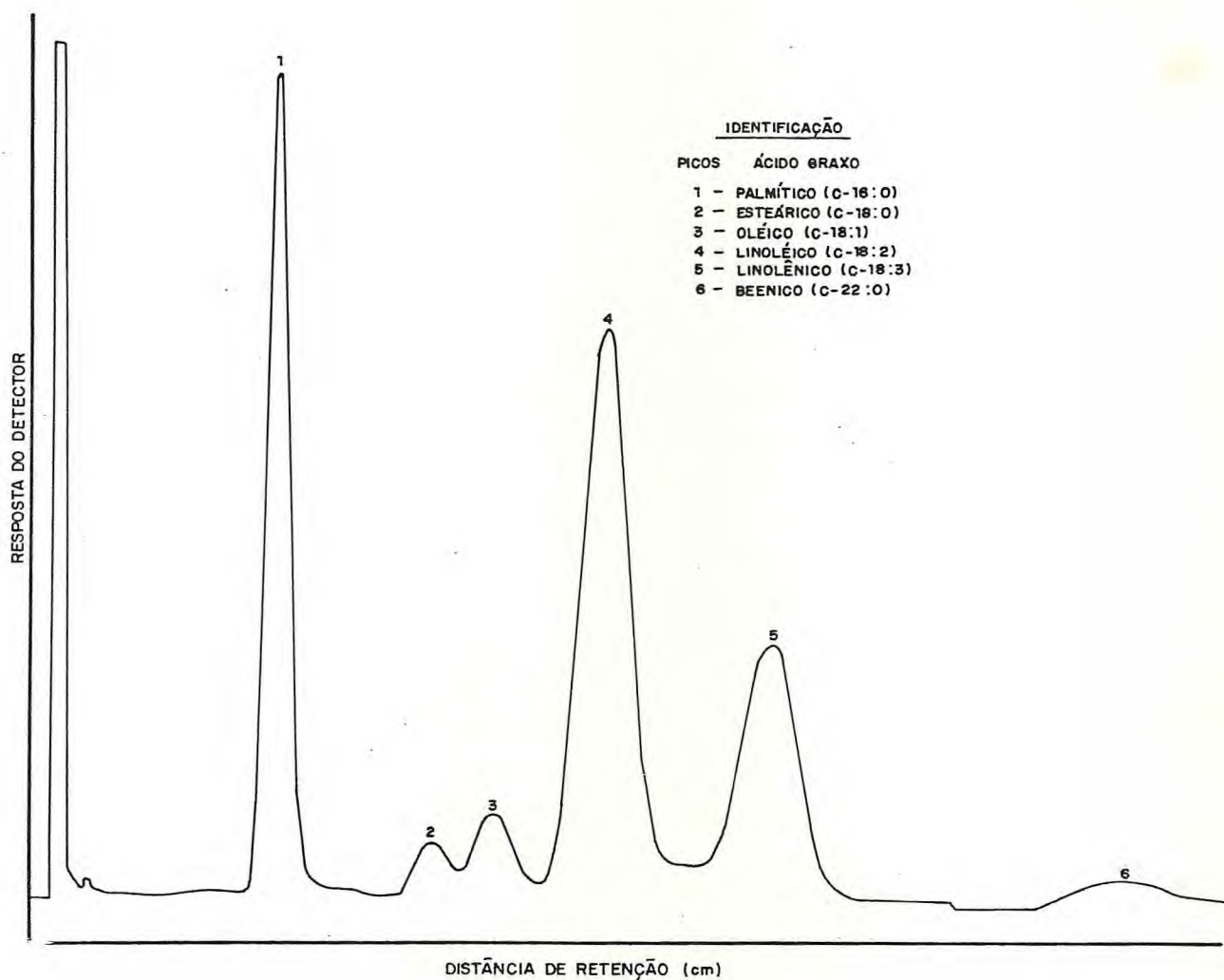


FIGURA 12 - Cromatograma dos ésteres metílicos dos ácidos graxos da fração lipídica obtida da farinha de caupi da variedade escura torrado previamente em forno a microondas a 2,400 MHz por 6 min.

tem diferenças significativas quanto aos teores médios dos ácidos palmítico, oléico e linolênico entre as quatro farinhas de cada variedade. Para o ácido linoléico, no entanto, foi verificado que somente as farinhas obtidas de grãos torrados previamente em forno comum a 160°C por 50 min (farinhas C) apresentaram teores significativamente ($P \leq 0,05$) mais elevados que as demais (farinhas A, B e D) em ambas as variedades, enquanto que a nível de 1% somente as farinhas obtidas de grãos crus integrais de cada variedade (farinhas A) apresentaram teores menores e significantemente diferentes dos teores das farinhas C em relação a esse ácido graxo. Quanto ao ácido esteárico, nada foi possível afirmar, estatisticamente, a respeito do conjunto de dados (TABELA EM ANEXO A-27).

Apesar dos tratamentos prévios de remolho e cocção em solução de bicarbonato de sódio a 0,5% e cocção a microondas, a composição em ácidos graxos da fração lipídica dos caupis apresentou-se mais ou menos constante, estando, por tanto, estes resultados de acordo com os de vários pesquisadores. MAI et alii (1980) compararam diferentes tipos de gorduras, quando cruas e depois de submetidas à cocção a microondas, e verificaram que não houve nenhuma diferença na composição dos ácidos graxos, e que esse tipo de cocção também não provocou a formação detectável de isômeros dos ácidos graxos insaturados mesmo do óleo de amendoim, que é rica fonte dos ácidos oléico e linoléico, após a cocção por períodos de até mais de 15 min. Estes resultados foram contrários aos obtidos por MAGA et alii, citados por MAI et alii (1980), segundo os quais a cocção a microondas resultou na isomerização cis/trans dos ácidos graxos insaturados de batatas. Segundo CHUNG et alii (1981), teoricamente, o efeito do aquecimento por energia a microondas sobre vários constituintes alimentícios pode diferir significantemente daquele da cocção convencional e tem sido hipotetizado que radicais livres reativos podem ser formados pela exposição à energia de microondas, especialmente, naquelas aplicações que resultam em temperaturas anormalmente altas como fritura e torramento. Contudo, ROSEN, citada por CHUNG et alii (1981), concluiu que a radiação a microondas não possui suficiente energia para

produzir radicais livres ou para quebrar ligações químicas como é o caso das radiações gama ou raios X.

O remolho e cocção de feijões "navy" em solução de bicarbonato de sódio também não alteraram a composição lipídica desses feijões, quando comparados com o remolho e cocção em água comum (AZPIROZ; PULLAIN & DEBRY, 1983).

A elevação do teor do ácido linolêico nas farinhas cujos grãos foram torrados previamente em forno comum a 160°C por 50 min (farinhas C) em relação às farinhas obtidas dos grãos crus (farinhas A), no entanto, diferem dos resultados obtidos por VETELKIN et alii (1981) que verificaram que a secagem de "castor bean" (11 a 18% de umidade) a temperaturas superiores a 100°C , resultou em um decréscimo do ácido ricinolêico, aparentemente por causa da auto-oxidação.

4.4 - Fatores antinutricionais

Os resultados obtidos na determinação da atividade hemaglutinante, a diferentes valores de pH, das farinhas elaboradas a partir de feijão cru integral e por tratamento prévio dos grãos das duas variedades de caupi (farinhas A, B, C e D) estão apresentados nas TABELAS 8 e 9, expressos em unidades hemaglutinantes por miligrama de proteína e unidades hemaglutinantes por grama de farinha, respectivamente.

Analisando-se estes resultados, verifica-se que não ocorreu extração de lectinas a pH 8,0 em nenhuma das farinhas, que a pH 6,0, essa extração ocorreu somente nas farinhas A de ambas as variedades e a pH's ácidos (2,0 e 4,0) foi verificada uma extração de lectina em todas as farinhas. Foi verificado também que nenhum dos tratamentos prévios dados aos grãos provocou uma sensível diminuição da atividade hemaglutinante. É importante notar isto pois, apesar das farinhas que sofreram tratamento prévio terem apresentado valores de pH próximos a neutralidade (farinhas C e D) ou alcalino (farinhas B), o pH estomacal é ácido, o que provoca uma liberação das lectinas.

TABELA 8 - Determinação da atividade hemaglutinante (UH/mg P) obtida das farinhas de duas variedades de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Meio de extração	Farinhas	Variedade clara				Variedade escura			
	Unidades	A	B	C	D	A	B	C	D
pH 2,0	UH/ml	19,32	19,32	32,00	32,00	32,00	16,00	32,00	32,00
	mg P/ml	10,30	2,10	8,20	10,30	13,00	1,70	6,50	11,50
	UH/mg P	1,88	9,25	3,90	3,11	2,46	9,41	4,92	2,78
pH 4,0	UH/ml	4,00	4,83	3,00	4,00	4,00	6,83	4,00	4,00
	mg P/ml	4,90	1,50	6,40	5,60	5,90	2,30	4,20	5,00
	UH/mg P	0,82	5,22	0,47	0,71	0,68	2,97	0,95	0,80
pH 6,0	UH/ml	3,42	Zero	Zero	Zero	4,00	Zero	Zero	Zero
	mg P/ml	12,50	2,30	6,70	9,80	12,30	2,50	6,50	9,00
	UH/mg P	0,28	Zero	Zero	Zero	0,33	Zero	Zero	Zero
pH 8,0	UH/ml	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero
	mg P/ml	13,00	2,50	9,40	11,30	14,20	2,50	7,50	13,10
	UH/mg P	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero

A - Farinha obtida de caupi cru integral.

B - Farinha obtida de caupi tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) a 0,5%.

C - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno comum a 160°C durante 50 min.

D - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno a microondas a 2.400 MHz por 6 min.

TABELA 9 - Determinação da atividade hemaglutinante (UH/g F) obtida das farinhas de duas variedades de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Farinhas		Variedade clara				Variedade escura			
Meio de extração	Unidades	A	B	C	D	A	B	C	D
pH 2,0	UH/mg P	1,88	9,25	3,90	3,11	2,46	9,41	4,92	2,78
	mg P/g F	103,00	21,00	82,00	103,00	130,00	17,00	65,00	115,00
	UH/g F	193,13	193,20	319,59	320,33	319,80	159,97	319,80	319,70
pH 4,0	UH/mg P	0,82	5,22	0,47	0,71	0,68	2,97	0,95	0,80
	mg P/g F	49,00	15,00	64,00	56,00	59,00	23,00	42,00	50,00
	UH/g F	40,18	78,30	30,08	39,76	40,12	68,31	39,90	40,00
pH 6,0	UH/mg P	0,28	Zero	Zero	Zero	0,33	Zero	Zero	Zero
	mg P/g F	125,00	23,00	67,00	98,00	123,00	25,00	65,00	90,00
	UH/g F	34,38	Zero	Zero	Zero	40,59	Zero	Zero	Zero
pH 8,0	UH/mg P	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero
	mg P/g F	130,00	25,00	94,00	113,00	142,00	25,00	75,00	131,00
	UH/g F	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero

A - Farinha obtida de caupi cru integral.

B - Farinha obtida de caupi tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) a 0,5%.

C - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno comum a 160°C durante 50 min.

D - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno a microondas a 2.400 MHz por 6 min.

A resistência da atividade hemaglutinante aos tratamentos prévios dados aos grãos, especialmente daqueles reidratados e cozidos em soluções de bicarbonato de sódio a 0,5% (farinhas B) está em desacordo com a maioria dos dados da literatura e não foi possível ser explicada. A completa eliminação da atividade hemaglutinante pela cocção por ebulição (100°C) por 10 a 15 min, de soja e de muitas variedades de feijão ("kintoki", "red", "white" e "black kidney" (*Phaseolus vulgaris*, L.)) e reidratados em água ou soluções alcalinas foi observada por vários pesquisadores, respectivamente (KANG et alii, 1980; GRANT et alii, 1982; MIYOSHI et alii, 1982; SATHE et alii, 1982; BENDER & REAIDI, 1982; BENDER, 1983; DEL VALLE et alii, 1983; THOMPSON et alii, 1983). No entanto, DEL VALLE et alii (1983) observaram uma maior resistência das lectinas aos tratamentos que empregam calor seco.

Apesar da resistência aos diferentes tratamentos, foi observado que os valores da atividade hemaglutinante apresentados pelas farinhas em estudo foram baixos quando comparados com a atividade hemaglutinante apresentada por outros feijões ou leguminosas. Em um estudo comparativo dos resultados obtidos da análise de onze diferentes tipos de leguminosas, ELKOWIKZ & SOSULSKI (1982) verificaram que o caupi apresentou valores muito baixos para a atividade hemaglutinante (1,99 UH/mg de caupi em relação a 46,12 UH/mg de "navy bean"). Uma comparação dos dados da TABELA 9, com os obtidos por MOREIRA (1975) ao estudar a atividade hemaglutinante em sementes de *Phaseolus vulgaris*, L. Rico 23, mostra que, mesmo para as farinhas obtidas dos grãos crus integrais, os valores da atividade hemaglutinante total, expressos em unidades hemaglutinantes por grama de farinha de ambas as variedades de caupi estudadas, são muito inferiores aos encontrados para o *Phaseolus*. De acordo com BENDER & REAIDI (1982), leguminosas contendo grandes quantidades de lectinas parecem estar restritas a variedades de *Phaseolus*; outras leguminosas contêm quantidades não significantes e não têm dado motivos de queixas de toxicidade. De nove tipos de leguminosas estudadas, inclusive caupis, somente três variedades de *P. vulgaris*, L. continham grandes quantidades

de lectinas (17.000 a 35.000 unidades hemaglutinantes/g) (BENDER, 1983).

A TABELA 10 traz os resultados obtidos na determinação da atividade antitriptica das farinhas, expressos em unidades inibidoras por grama de farinha e em unidades inibidoras por miligrama de proteína. Observando-se estes resultados, verifica-se que a farinha obtida de grãos crus integrais (farinha A), da variedade clara apresenta para a atividade antitriptica um valor 43,8% superior ao apresentado pela variedade escura. No entanto, quando se compara o valor obtido para a farinha A da variedade clara com aquele obtido por ELKOWICZ E SOSULSKI (1982) e considerado como valor médio em relação a outros tipos de leguminosas (12.200 TUI/g de caupi em relação a 46.810 TUI/g de "lima bean"), verifica-se que a atividade antitriptica dos feijões, objeto do presente estudo, é baixa. Essa variação da concentração da atividade antitriptica em caupi foi observada (OLOGHOBO & FETUGA, 1983b; DEL ROSARIO et alii, 1980) e em alguns casos atribuída a diferenças laboratoriais (ELKOWICZ & SOSULSKI, 1982).

Em relação aos tratamentos prévios dados aos grãos, verifica-se que o remolho e a cocção dos grãos em solução de bicarbonato de sódio a 0,5% (farinhas B) eliminou totalmente a atividade antitriptica de ambas as variedades, enquanto que o torramento dos grãos em forno comum (farinhas C) foi efetivo na eliminação dessa atividade somente para a variedade escura mas não teve nenhum efeito positivo em relação a variedade clara, provocando inclusive, uma ligeira elevação da atividade nessa farinha. Quanto à aplicação de calor seco a microondas (farinhas D) os resultados mostraram uma eliminação da atividade de aproximadamente 50% na variedade escura e uma ligeira redução na variedade clara.

Temperatura, tempo e teor de umidade são fatores importantes envolvidos na destruição dos fatores antinutriciois (SALES, 1980; KAS et alii, 1980). Segundo LUH & WOODROOF (1975), ervilhas com 7,2% de umidade necessitaram 120 min a 80°C, 60 min a 100°C e 15 min a 120°C, enquanto aquelas com 50% e 80% de umidade, requereram somente, 15 a 10 min, res

TABELA 10 - Determinação da atividade antitriptica (UI/g F e UI/mg P) obtida das farinhas de duas variedades de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Farinhas	Variedade clara				Variedade escura			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Determinações								
Atividade antitriptica								
UI/g de farinha	7478,56	-	7762,06	6164,10	3276,36	-	-	1547,17
Proteína								
mg P/g de farinha	206,41	33,48	97,80	185,54	243,68	32,20	132,72	214,84
Atividade específica								
UI/mg P	36,23	-	79,37	33,22	13,45	-	-	7,20

A - Farinha obtida de caupi cru integral.

B - Farinha obtida de caupi tratado previamente com solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) a 0,5%.

C - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno comum a 160°C durante 50 min.

D - Farinha obtida de caupi torrado previamente em forno a microondas a 2.400MHz por 6 min.

pectivamente, a 100°C para a completa inativação do inibidor de tripsina. O remolho em soluções alcalinas (bicarbonato de sódio) provocou uma maior redução da atividade do inibidor de tripsina e taninos de feijões secos (*Phaseolus vulgaris*, L.) do que o remolho em água destilada sob as mesmas condições (DESHPAND & CHERYAN, 1983). Segundo BOROWSKA & KOZLANSKA (1981), 5 min de cocção por ebulição foram suficientes para inativar completamente o inibidor de tripsina de feijões *Phaseolus*. Outros pesquisadores relataram a completa eliminação da atividade antitriptica pela cocção por ebulição em solução alcalina de várias leguminosas (MEHTA, 1982; TSUKAMOTO & MIYOSHI, 1983).

Quanto à cocção por calor seco, embora segundo FERRIER & LOPEZ (1979) os fatores antinutricionais possam ser inativados tanto por calor seco como por calor úmido no processo industrial para a obtenção de farinhas de soja, vários pesquisadores consideram que o calor úmido é mais efetivo que o calor seco na eliminação desses fatores (SATHE & SALUNKHE, 1981; MANORAMA & SAROJINI, 1982; DEL VALE *et alii*, 1983). SALES (1980) atribuiu a mais baixa digestibilidade de farinhas de caupi obtidas por calor seco em forno comum, em relação a farinhas obtidas por tratamento alcalino úmido e desidratadas em secador atomizador, possivelmente, a uma in completa inativação de alguns fatores tóxicos dessas farinhas. TAN & WONG (1982) verificaram que em seis variedades de "winged beans" a atividade inibitória de tripsina foi extremamente resistente ao tratamento de aquecimento pelo calor seco, enquanto POUR-EL *et alii* (1981) verificaram que a atividade do inibidor de tripsina de soja integral com níveis naturais de umidade foi reduzida para baixos níveis pelo aquecimento dielétrico a frequência de 42 a 2450 MHz. Desde que o teor de umidade dos grãos tem sido associado com a facilidade de inativação do inibidor, é interessante ressaltar que, conforme foi visto anteriormente (TABELA 1) as farinhas C e D da variedade escura retiveram maior teor de umidade durante os tratamentos de desidratação que as respectivas farinhas da variedade clara. Este maior teor de umidade apresentado por essas farinhas da variedade escura talvez ajude a explicar a maior redução da atividade antitriptica

dessas farinhas em relação às mesmas farinhas da variedade clara.

5 - CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- Em relação às farinhas obtidas de grãos crus integrais das duas variedades de caupi estudadas, o valor nutritivo (composição centesimal e mineral, pH, qualidade proteica e composição da fração lipídica) das farinhas obtidas de grãos que receberam tratamentos prévios praticamente não foi afetado.

- Ambas as variedades apresentaram elevado teor proteico mas foram deficientes nos aminoácidos sulfurados totais (metionina-cistina).

- Nenhum dos tratamentos prévios foi suficiente para a completa inibição da atividade hemaglutinante e, somente, o tratamento prévio de remolho e cocção em solução de bicarbonato de sódio a 0,5% foi eficiente na inativação dos inibidores de tripsina dos caupis de ambas as variedades. Para a variedade escura, o torramento prévio dos grãos em forno comum a 160°C por 50 min também foi efetivo na inativação desses inibidores.

- A inativação dos fatores antinutricionais (inibidores de tripsina) pareceu estar correlacionada com a variedade e o teor de umidade dos grãos durante o processamento.

- Considerando o baixo valor biológico de suas proteínas, devido a deficiência dos aminoácidos sulfurados totais, bem como a manutenção da atividade dos fatores antinutricionais e tóxicos da maioria das farinhas estudadas conclui-se que elas devem ser utilizadas de preferência em formulações que possam ser suplementadas com outros alimentos, capazes de elevar o valor biológico de suas proteínas.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ACTON, J. C. et alii. Effect of dietary fiber constituents on the in vitro digestibility of casein. J. Food Sci., Champaign, Il., 47 (2): 556-60, 1982.
02. ADAMS, M. W. On the quest for quality in the field bean. In: MILNER, M. ed. Nutritional improvement of food legume by breeding. New York, United Nations, 1972. p. 15-40.
03. ADDO, R. A. & HILL, M.A. An investigation into a dye-binding procedure for measuring available lysine in raw and cooked beans. J. Plant Foods, Londres, 4(4): 183-9, 1983.
04. ADENIJI, A. O. & POTTER, N. N. Nutritional and sensory properties of canned and stored moin-moin. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (1): 198-200, 1981.
05. AGUILERA, J.M. et alii. Development of food ingredients from Navy beans (*Phaseolus vulgaris*) by roasting, pin milling, and air classification. J. Food Sci., Champaign, Il., 47 (4): 1151-4, 1982.
06. AKPAPUNAM, M. A. & MARKAKIS, P. Oligosaccharides of 13 American cultivars of cowpeas (*Vigna sinensis*). J. Food Sci., Champaign, Il., 44(5): 1317-8, 1979.
07. _____. Physicochemical and nutritional aspects of cowpea flour. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (3): 972-3, 1981a.
08. _____. Protein supplementation of cowpeas with sesame and water-melon seeds. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (3): 960-1, 1981b.

09. AL-BAKIR, A. Y. et alii. Occurrence and satbility of trypsin inhibitors in Iraqui local legumes. J.Agric. Chem. Washington, D. C., 30 (6): 1184-5, 1982.
10. AL-NOURI, F. F. & SIDDIQI, A. M. Biochemical evaluation of twelve broad bean cultivars. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. Ottawa, Ont. 15 (1): 37-40, 1982.
11. ALBUQUERQUE, M.C. de F. et alii. Crescimento e diferen-
ciação de tecidos de feijão-de-corda, *Vigna sinensis*
(L.) Savi, in vitro. Cienc. Agron., Fortaleza, 10(1):
1-8, 1980.
12. ANDERSON, N. E. & CLYDESDALE, F. M. Effects of
processing on the dietary fiber content of wheat
bran, pureed green beans, and carrots. J. Food Sci.,
Champaign, Il., 45 (6): 1533-7, 1980.
13. ANTUNES, N.L.M. et alii. Valor nutritivo do feijão ma-
caçar. Rev. Bras. de Pesquisas Méd. e Biol., São Pau-
lo, 9 (5-6): 293-6, 1976.
14. ANTUNES, P. L. & SGARBIERI, V. C. Effect of heat
treatment on the toxicity and nutritive value of dry
bean (*Phaseolus vulgaris* var. Rosinha G₂) proteins.
J. Agric. Food Chem., Washington, D. C., 28 (5):
935-8, 1980.
15. _____, Influence of time
and conditions of storage on technological and
nutritional properties of dry bean (*Phaseolus vul-*
garis, L.) variety Rosinha G₂. J. Food Sci., Cham-
paign, Il., 44 (6): 1703-5, 1979.
16. ANTUNES, P. L. et alii. Nutrification of dry bean
(*Phaseolus vulgaris*, L.) by methionine infusion. J.
Food Sci., Champaign, Il., 44 (5): 1302-5, 1979.
17. ARAÚJO, J.P.P. et alii. Nota sobre a ocorrência de uma
influorescência ramificada em caupi *Vigna unguiculata*
(L.) Walp. SUBSP, unguiculata no Brasil. Ciên. Agron.,
Fortaleza, 12 (1/2): 187-93, 1981.

18. ASSIS, L.L. Grau de incidência do gorgulho do feijão-de-corda *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) no Município de Caucaia, Ceará, Brasil, Ciê. Agron. Fortaleza, 6 (1-2): 35-6, 1976.
19. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analyses of the Association Official Analytical Chemists. 20. ed., Washington, 1975. 1094 p.
20. AUGUSTIN, J. et alii. Variation in the vitamin and mineral content of raw and cooked commercial *Phaseolus vulgaris* classes. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (6): 1701-6, 1981.
21. AYERNOR, G. S. & NGODDY, P. O. Cowpeas in postharvest systems in Nigeria. In: WORLD COWPEA RESEARCH CONFERENCE. Ibadan, 1984. Program and abstracts... Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, 1984. p. 4-9.
22. AYKROYD, W.R. & DOUGHTY, J. Legumes in human nutrition - Rome, FAO, 1964. (FAO Nutritional Studies, 19).
23. AZPIROZ, H. S. et alii. Effect of heat treatments on the nutritional value of navy beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) Fitotecnica, Chapingo, Mex., 4 (5): 58-74, 1983.
24. BANWELL, J.G. et alii. Phytohemagglutinin derived from red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*): a cause for intestinal malabsorption associated with bacterial overgrowth in the rat. Gastroenterology, Baltimore, MD., 84 (3): 506-15, 1983.
25. BENDER, A. G. Hemagglutinins (lectins) in beans. Food Chem., Essex, Inglaterra, 11 (4): 309-20, 1983.
26. BENDER, A. G. & REAIDI, G. B. Toxicity of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to lectins. J. Plant Foods, Londres, 4(1): 15-22, 1982.
27. BHATTY, R. S. Albumins proteins of eight edible grain legume species. Electrophoretic patterns and amino acid composition. J. Agric. Food Chem., Washington, D.C., 30 (3): 620-22, 1982.

28. BLISS, F. A. Cowpeas in Nigeria. In: MILNER, M. ed. Nutritional improvement of food legume by breeding. New York, United Nations, 1972. p. 151-8.
29. BLUMENTHAL, A. et alii. Nutrient contents of prepared loads. Part 2. Contents of magnesium and trace elements in fresh and industrially processed French beans, peas, and leaf spinach before and after household and canteen preparation. Alimenta. Zurich, 20 (2): 45-50, 1981.
30. BOLOORFOROOSHAN, M. & MARKAKIS, P. Protein supplementation of navy beans with sesame. J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (2): 390-1, 1979.
31. BOOTH, A. N. Legume powders: preparation and some nutritional and physicochemical properties. J. Food Sci., Champaign, Il., 39 (2): 897-9, 1974.
32. BOROWSKA, J. & KOZLAWSKA, H. Changes in activity of trypsin inhibitors in bean (*Phaseolus vulgaris*) and pea seed (*Pisum sativum*) during heat treatment. Acta. Aliment. Pol., Varsõvia, 7 (3-4): 181-8, 1981.
33. BOULTER, P. et alii. The amino-acid composition of *Vigna unguiculata* (Cowpea) meal in relation to nutrition. In: MILNER, M. ed. Nutritional improvement of food legumes by breeding. New York, United Nations, 1972. p. 205-15.
34. BRAGA, R. Plantas do Nordeste especialmente do Ceará. 3. ed. Mossorõ, RN., 1976. p. 253. (Coleção Mossoroense, 42).
35. BRESSANI, R. Legumes in human diets and how they might be improved. In: MILNER, M. ed. Nutritional improvement of food legume by breeding. New York, United Nations, 1972. p. 15-40.
36. BRESSANI, R. & ELIAS, L.G. The nutritional role of polyphenols in beans. Polyphenols Cereals Legumes, Tech. Rep., 145: 61-8, 1979.

37. BRESSANI, R. et alii. The essential amino acid content of samples of black beans, red beans, rice beans and cowpeas of Guatemala. J. Food Sci., Champaign, Il., 26 (5): 525-7, 1961.
38. _____. Estudios sobre la produccion de harinas precocidas de frijol y caupi, solos y combinados mediante coccion-deshidratacion. Archivos Latinoamericanos de Nutricion, Caracas, 27(2): 247-60, 1977.
39. _____. Further studies on the enrichment of lime-treated corn with whole soybeans. J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (6): 1707-10, 1979.
40. _____. Reduction of digestibility of legume proteins by tannins. J. Plant Foods, Londres, 4 (1): 43-55, 1982.
41. _____. Tannin in common beans: Methods of analysis and effects on protein quality. J. Food Sci., Champaign, Il., 48 (3): 1000-1, 1983.
42. BUI, M. D. et alii. Amino acid composition and biological value of proteins from mung bean, cowpea, and soybean seeds and seedlings. Prikl. Biokhim. Mikrobiol., Kiev, 16 (2): 269-74, 1980.
43. BUREN, J.P. Two effects of sodium chloride causing softening of the texture of canned snap beans. J. Food Sci., Champaign, Il., 48 (4): 1362-3, 1983.
44. BURTON, B.T. Nutrição Humana. São Paulo. McGraw-Hill do Brasil, 1979. p. 60.
45. CAMACHO, J.L. et alii. Direct consumption of the soybean. J. Am. Oil Chem. Soc., Chicago, 58(3): 362-6, 1981.
46. CAMIRE, A.L. & CLYDESDALE, F.M. Effect of pH and heat treatment on the binding of calcium, magnesium, zinc, and iron to wheat bran and fractions of dietary fiber. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (2): 548-51, 1981.

47. CARELLI, M.L.C. et alii. Effect of nitrogen on protein content, and amino acid composition in bean seeds. Pesqui. Agropecu.Bras., Brasília, 16(6):795-9, 1981.
48. CHANG, K.C. & SATTERLEE, L.D. Isolation and characterization of the major protein from great northernbeans (*Phaseolus vulgaris*). J. Food Sci., Champaign, Il., 40(5): 1014-7, 1975.
49. CHANG, K.C. et alii. Sulfur amino acid stability; Hydrogen peroxide treatment of casein, egg white, and soy isolate. J. Food Sci., Champaign, Il., 47 (4) : 1181-3, 1982.
50. CHAVAN, J.K. et alii. Removal of tannins and improvement of in vitro protein digestibility of shorghum seeds by soaking in alkali. J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (5): 1319-21, 1979.
51. CHAVES, N. Nutrição Básica e Aplicada. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1978. p. 91-293.
52. CHAVES, N. et alii. As proteínas do feijão macassa na nutrição. Rev. Bras. Med., Rio de Janeiro, 9(9):603-7, 1952.
53. _____. Valor nutritivo da associação de proteínas do feijão macáçar (*Vigna sinensis*) e da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.). Rev. Bras. de Med., Rio de Janeiro, 19 (7): 385-95, 1962.
54. CHUNG, S,Y et alii. Effect of microwave and convencional cooking on the nutritive value of Colossus peas (*Vigna unguiculata*). J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (1): 272-3, 1981.
55. CLYDESDALE, F.M. & CAMIRE, A.L. Effect of pH and heat on the binding of iron, calcium, magnesium, and zinco and the loss of phytic acid in soy flour. J. Food Sci., Champaign, Il., 48 (4): 1272-4, 1983.
56. COLLINS, J.L. & BEATY, B.F. Heat inactivation of trypsin inhibitor in fresh green soybeans and physiological responses of rats fed the beans. J. Food Sci., Champaign, Il., 45 (3): 542-6, 1980.

57. CONNIE, L.N. & SISTRUNK, W.A. Effect of type of bean, moisture level, blanch treatment and storage time on quality attributes and content of canned dry beans. J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (2): 392-5, 1979.
58. CONTRERAS, G. et alii. Limitations of corn (*Zea mays*) and common bean (*Phaseolus vulgaris*) diets as protein and calorie sources. Qual. Plant. - Plant Foods Hum. Nutr., Haia, 30 (2): 145-53, 1980.
59. CRAWFORD, A. McD. Alimentos, Seleção e Preparo. São Paulo, Record, 1966. p. 249-60.
60. CROSS, G.A. & FUNG, D.Y.C. A review of the effects of microwave cooking on foods. J. Environ. Health, Denver, 44 (4): 188-93, 1982.
61. DA SILVA, R.S.F. et alii. Application of response surface methodology in predicting the removal of oligosaccharides from soybeans. Cienc. Tecnol. Aliment. Campinas, 1 (2): 107-22, 1981.
62. DAOUST, R.A. et alii. Cowpea entomology in Latin America. In: WORLD COWPEA RESEARCH CONFERENCE. Ibadan, 1984. Program and abstracts... Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, 1984. p. 4-9.
63. DE ANGELIS, R.C. et alii. Rice and bean mixture (55:45 and 77:23). II. Fat-soluble vitamin and mineral limitation. Arch. Latinoam. Nutr., Caracas, 32 (1): 64-78, 1982.
64. DE ANGELIS, R.C. Fisiologia da Nutrição. São Paulo, Edart, 1977. V. 2. 282p.
65. DE LUMEN, B.O. & SALAMAT, L.A. Trypsin inhibitor activity in winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) and the possible role of tannin. J. Agric. Food Chem. Washington, D.C., 28 (3): 533-6, 1980.
66. DEL ROSARIO, R.R. & FLORES, D.M. Functional properties of four types of mung bean flour. J. Sci. Food Agric. Londres, 32 (2): 175-80, 1981.

67. DEL ROSARIO R.R. et alii. The chemical and biochemical composition of legume seeds. 2. Cowpea. J. Food Sci., Champaign, Il., 64 (1): 49-57, 1981.
68. _____. The trypsin inhibitor activity of legume seeds. Philipp. Agric., Laguna, 63(4):339-44, 1980.
69. DEL VALLE, F.R. et alii. Effect of processing parameters on trypsin inhibitor and lectins contents of tortillas from whole raw corn-soybean mixtures. J. Food Sci., Champaign, Il., 48 (1): 246-9, 1983.
70. DESHPANDE, S.S. & CHERYAN, N. Changes in phytic acid, tannins, and trypsin inhibitory activity on soaking of dry beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). Nutr. Rep. Int., Los Altos, 27 (2): 371-7, 1983.
71. DESHPANDE, S.S. et alii. Effects of dehulling on phytic acid, polyphenols, and enzyme inhibitors of dry beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). J. Food Sci., Champaign, Il., 47 (6): 1846-9, 1982.
72. DI CESARE, L.F. Effects of thermal treatments on available lysine in sardine and bean proteins. Riv. Ital. Sostanze Grasse, Milano, 57 (2): 91-4, 1980.
73. DOLVO, F.E. World-wide utilization of cowpeas. In: WORLD COWPEA RESEARCH CONFERENCE. Ibadan, 1984. Program and abstracts... Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, 1984. p. 4-9.
74. EDIJALA, J. K. Effects of processing on the thiamin, riboflavin and protein contents of cowpeas (*Vigna unguiculata* (L.) Walp); I. Soaking, cooking and wet milling processes. J. Food Technol., Oxford, 15 (4): 435-43, 1980a.
75. _____. _____. II. Alkali ("potash") treatment. J. Food Technol., Oxford, 15 (4): 445-53, 1980b.

76. EKPENYONG, T.E. & BORCHERS, R.L. Effect of processing on some nutritional properties of the protein of winged bean. Nutr. Rep. Int., Los Altos, Ca., 23(5): 877-85, 1981.
77. ELIAS, L.G. et alii. Possible effects of seed coat polyphenolics on the nutritional quality of bean protein. J. Food Sci., Champaign, Il., 44(2): 524-7, 1979.
78. ELINBAUM, S.I. & AVANZA, J.R. Composition of bean seeds cultivated in Northeastern Argentina. FACENA, Argentina, 4: 133-41, 1981.
79. ELKOWICZ, K. & SOSULSKI, F.W. Antinutritive factors in eleven legumes and their air-classified protein and starch fractions. J. Food Sci., Champaign, Il., 47(4): 1301-4, 1982.
80. FAHMAY, A. et alii. Chemical and technological studies on baby foods; II. Amino acids composition. Egypt. J. Food Sci., Cairo, 9 (1-2): 59-74, 1981.
81. FAO. Amino acid content of foods. Rome, 1970.
82. FARIS, D.G. The origin and evolution of the cultivated forms of *Vigna sinensis*. Con. J. Genet. Cytol., 7 : 433-52, 1965.
83. FERRIER, L.K. & LOPEZ, M.J. Preparation of full-fat soy flour by conditioning, heating and grinding. J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (4): 1017-21, 1979.
84. FERY, R.L. Cowpea breeding in the United States. In: WORLD COWPEA RESEARCH CONFERENCE. Ibadan, 1984. Program and abstracts... Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, 1984. p. 4-9.
85. FLECK, H. & MUNUES, E. Introduction to Nutrition. New York, Macmillan, 1964. p. 437.
86. FLEMING, S.E. A study of relationships between flatus potential and carbohydrate distribution in legume seeds. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (3): 794-8, 1981.

87. _____. Flatulence activity of the smooth-seeded Field pea as indicated by hydrogen production in the rat. J. Food Sci., Champaign, Il., 47(1):12-5, 1982.
88. _____. Influence of cooking method on digestibility of legume and cereal starch. J. Food Sci., Champaign, Il., 47(1): 1-3, 1982.
89. FLEMING, S. E. & VOSE, J. R. Digestibility of raw and cooked starches from legume seeds using the laboratory rat. J. Nutr., Bethesda, Me., 109(12): 2067-75, 1979.
90. FRANCO, G. Nutrição. 6. ed. Rio de Janeiro, Atheneu, 1982. p. 204-5.
91. FRIEDMAN, M. & MASTERS, P.M. Kinetics of racemization of amino acid residues in casein. J. Food Sci., Champaign, Il., 47(3): 760-4, 1982.
92. FRIEDMAN, M. et alii. Relationship between in vitro digestibility of casein and its content of lysinoalanine and D-amino acids. J. Food Sci., Champaign, Il., 46(1): 127-31, 134, 1981.
93. FUKUDA, G. et alii. Significance of some antiphenological and nutritional factors on the biological evaluation of different bean (*Phaseolus* sp.) cultivars. Arch. Latinoam. Nutr., Caracas, 32(4): 945-60, 1982.
94. GAMMON, M. J. & WHITING, F. M. Fatty acid distribution in whole milk and several filled milk products. Dairy Sci., Inglaterra, 15: 262-74, 1969.
95. GATFIELD, I.L. Loss of dry matter during the industrial preparation of legumes: leaching of trypsin inhibitors from beans during the soaking step. Lebensm. - Wiss. Technol., Zurich, 13(1): 46-8, 1980.
96. GAVA, A. J. Princípios de Tecnologia de Alimentos, 2. ed., São Paulo, Nobel, 1970. p. 26-7.

97. GAYDON, E.M. et alii. Triterpene alcohols, methylsterols, sterols, and fatty acids in five Malagasy legume seed oils. J. Agric. Food Chem., Washington, D. C., 31 (4): 833-6, 1983.
98. GEERVANI, P. & THEOPHILUS, F. Effect of home processing on the protein quality of selected legumes. J. Food Sci., Champaign, Il., 45 (3): 707-10, 1980.
99. GOA, J. A microbiuret method for protein determination; Determination of total protein in cerebrospinal fluid. J. Clin. Lab. Invest., 15: 218-22, 1953.
100. GRAHAM, G.G. et alii. Nutritive value of brown and black beans for infants and small children. Am. J. Clin. Nutr., Nova York, 32 (11): 2362-6, 1979.
101. GRANT, G. et alii. The effect of heating on the hemagglutinating activity and nutritional properties of bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds. J. Food. Sci., Champaign, Il., 33 (12): 1324-6, 1982.
102. GRISWOLD, R.M. Estudo Experimental dos Alimentos. São Paulo, Edgard Blücher, Univ. São Paulo, 1972. p. 31.
103. GROTE, M. & FROMME, H. G. Quantitative x-ray microanalysis of the element concentrations in fresh, blanched, boiled and rehydrated vegetables (carrots and green beans). Z. Lebensm. - Unters. Forsch., Muenster, Rep. Fed. Alemã, 175(3): 195-8, 1982.
104. GUPTA, K. & WAGLE, D.S. Changes in antinutritional factors during germination in *Phaseolus mungoreous*, a cross between *Phaseolus mungo* (M1-1) and *Phaseolus aureus* (T 1). J. Food Sci., Champaign, Il., 45 (2): 394-5, 1980.
105. GUPTA, P.C. et alii. Mineral composition of few varieties of cowpea (*Vigna sinensis*). Indian J. Dairy Sci., Nova Delhi, (1): 108-10, 1980.

106. HAFEZ, Y.S. & MOHAMED, A.I. Presence of nonprotein trypsin inhibitor in soy and winged beans. J. Food Sci., Champaign, Il., 48 (1): 75-6, 1983.
107. HANSEN, L.P. et alii. The development of high-protein rice flour for early childhood feeding. Food Tech., Champaign, Il., 35 (11): 38-42, 1981.
108. HARING, B.S.A. & VANDELFT, W. Changes in the mineral composition of foods as a result of cooking in "hard and soft" waters. Arch. Environ. Health. Washington, D.C., 36 (1): 33-5, 1981.
109. HAYASHI, R. & KAMEDA, I. Decreased proteolysis of alkali-treated protein: consequences of racemization in food processing. J. Food Sci., Champaign, Il., 45 (5): 1430-1, 1980.
110. HAYTAWITZ, D.B. & MATTHEWS, R.H. Effect of cooking on nutrient retention of legumes. Cereal Foods World, St. Paul, Mn., 28 (6): 362-4, 1983.
111. HIGO, A. et alii. Hardening of food texture induced by microwave irradiation; III. Changes in starch granules under water limited conditions. Kaseigaku Zasshi, Tōquio, 32 (3): 185-91, 1981.
112. _____. VI. Formation of starch-fatty acid methyl ester complex. Kaseigaku Zasshi, Tōquio, 33 (6): 297-303, 1982.
113. HSU, D. et alii. Effect of germination on nutritive value and baking properties of dry peas, lentils, and faba beans. J. Food Sci., Champaign, Il., 45(1): 87-91, 1980.
114. HUANG, C. & CHANG, G. Proteins from *Phaseolus vulgaris* for abortion. Chiang-su I Yoo, Nanquim, 6 (3): 13-4, 1980.
115. INSTITUTO ADOLFO LUTZ - Normas Analíticas; Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 2. ed., São Paulo, 1976. v. 1. 371p.

116. ISHIDA, N. et alii. Formation of unnatural amino acids by alkaline treatment; analysis by gas chromatographic method. Shokuhin Sogo Kenkyusho Kenkyu Kokuky, Tōquio, (35): 90-5, 1979.
117. IYER, V. et alii. Quick-cooking beans (*Phaseolus vulgaris*, L.); I. Investigations on quality. Qual. Plant. - Plant. Foods Hum. Nutr., Haia, 30(1): 27-43, 1980.
118. JACOBS, M.B. The chemistry and technology of food and food products, 2. ed. New York, Interscience, 1951. V. 1. p. 208-214.
119. JACORZYNSKI, B. et alii. The effect of cooking on the content of mono and oligosaccharides in the seeds of pulse crops. Acta Alimentaria Pol., Varsōvia, 7 (1-2): 3-11, 1981.
120. JAFFE, W.G. et alii. Amylase inhibitors in legume seeds. Nutr. Repl. Intern., Los Altos, Ca., 7:167-9, 1973.
121. JAKSON, G.M. & VARRIANO-MARSTON, E. Hard-to-cook phenomenon in beans: effects of accelerated storage on water absorption and cooking time. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (3): 799-803, 1981.
122. JANZEN, D.H. Lectins and plant-herbivore interactions. Recent. Adv. Phytochem., Filadēlfia, Pa., 15 : 241-58, 1981.
123. JEUNINK, J. & CHEFTEL, J.C. Chemical and physicochemical changes in field bean and soybean proteins texturized by extrusion. J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (5): 1322-5, 1979.
124. JONES, P.M.B. & BOULTER, D. The analysis of development of hard bean during storage of black beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) Qual. Plant. - Plant. Foods Hum. Nutr., Haia, 33 (1): 77-85, 1983.
125. JORDÃO, B.A. & STOLF, S.R. Curva de saturação do feijão de mesa variedade Rosinha. ITAL, Campinas, 3: 425-33, 1969/70.

126. JORGE JOÃO, W.S. et alii. Effect of the cooking extrusion process (BRADY crop cooker) on the nutritional value of mixtures of cowpea (*Vigna sinensis*) - corn and cowpea-cassava. Arch. Latinoa. Nutr., Caracas, 30 (4): 539-50, 1980.
127. JYOTHI, E. & REDDY, P.R. The effect of germination and cooking on the in vitro digestibility of starch in some legumes. Nutr., Rep. Int., Los Altos, Ca., 23 (5): 799-804, 1981.
128. KADAN, S.S. et alii. Improvement in cooking quality of horse gram (*Dolichos biflorus*) by presoaking treatment with salt solution. Qual. Plant. - Plant. Foods Hum. Nutr., Haia, 31 (2): 171-4, 1981.
129. KANAMORI, M. et alii. Amino acid composition of protein fractions extracted from *Phaseolus* beans and the field bean (*Vicia faba*, L.) J. Food Sci., Champaign, Il., 47 (6): 1991-4, 1982.
130. KANG, M. et alii. Trypsin inhibitor and hemagglutinating activities of some minor beans in Korea. Kanguk Sikp'um Kwahakhoe Chi., China, 12 (1): 24-33, 1980.
131. KAS, J. et alii. Evaluation of the degree of inactivation of trypsin inhibitor after heat treatment of horse beans. Krmivartui Sluzby, Praga, 16 (9): 200-3, 1980.
132. KHADER, V & RAO, S.U. Limiting amino acids in Bengal gram (*Cicer arietinum*) as determined from blood amino acids levels and amino acid supplementation studies in the rat. Ann. Nutr. Metab., Paris, 26 (6): 352-9, 1982.
133. KILGORE, S.M. & SISTRUNK, W. A. Effects of soaking treatments and cooking upon selected B-vitamins and the quality of blackeyed peas. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (3): 909-11, 1981.
134. KIM, Y.S. et alii. Etudies on the lipids of Korean mung bean (*Phaseolus aureus*). Kolyo Vikitae Chapchi., Seoul, 11 (1): 43-51, 1980.

135. KON, S. Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans. J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (5): 1329-34, 1979.
136. KON, S. & SANCHUCK, D.W. Phytate content and its effect on cooking quality of beans. J. Food Process. Preserv., Westport, Ct., 5 (3): 169-78, 1981.
137. KOVALENKO, Z.F. & CHERNOBAI, V.T. α -galactosidase activity of seeds of some plants. Farm. Zh., Kiev, (5): 51-2, 1982.
138. KRAUT, H. et alii. Protein shortage and food supply in the Usambora region of Tanzania. Proteins Food Supply Repub. S. Afr. PAP. INT. SYMP., Balkema, : 399-410, 1968. Claassens, J.W., Cape Town S. Afr., 1971.
139. KRISNAMURTHY, K.S. et alii.. Effect of germination on essential amino acid composition of green gram (*Phaseolus aureus*). Nutr. Rep. Int., Los Altos, Ca., 26 (4): 711-15, 1982.
140. LABANEIAH, M.E.O. & LUH, B.S. Changes of starch, crude fiber, and oligosaccharides in germinating dry beans. Cereal Chem., St. Paul, Mn., 58 (2): 135-8, 1981.
141. LAURENT, B. Effect of heat treatment on available carbohydrates levels and dietary fiber content from some vegetables (celery, carrote, green beans). Med. Nutr., Tours, Fr., 19 (2): 87-93, 1983.
142. LEE, J.P. & UEBERSAX, M.A. Physicochemical characteristics of dry-roasted navy bean flour fractions. J. Food Sci., Champaign, Il., 48 (6): 1860-2, 1983.
143. LIESELOTTE, H.O. Técnica Dietética. 3. ed. Rio de Janeiro, Júlio C. Reis, 1979. p. 163-7.
144. LIENER, I. Antitryptic and other antinutritional factors in legumes. In: MILNER, M. ed. Nutritional improvement of food legumes by breeding. New York, United Nations, 1972. p. 239-58.

145. LIENER, I. & TOMLINSON, S. Heat inactivation of protein inhibitors in a soybean line lacking the Kunitz trypsin inhibitors. J. Food Sci., Champaign, 46(5): 1354-6, 1981.
146. LIMA, Z.B. Estudo bromatológico de feijões (*Phaseolus vulgaris*, L. e *Vigna sinensis*, Endl.) nas condições em que são vulgarmente consumidos. Rev. Farm. Bioquim., São Paulo, 10 (1): 37-62, 1972.
147. LIRA, L.C. et alii. Identificação dos sintomas visuais das deficiências de macronutrientes em feijão-de-corda, *Vigna sinensis*, (L.) Savi. Ciê. Agron., Fortaleza, 12 (1/2): 85-92, 1981.
148. LONGE, O.G. Carbohydrate composition of different varieties of cowpea (*Vigna unguiculata*). Food Chem., Essex, In., 6 (2): 153-61, 1980.
149. LUH, B.S. & WOODROOF, J.G. Commercial Vegetable Processing. Westport, Avi, 1975. p. 646-648.
150. MAGA, J.A. Measurement of available lysine using the guanidination reaction. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (1): 132-4, 1981.
151. MAHADEVAPPA, V.G. & RAINA, P.L. Nature of some Indian legume lipids. J. Agric. Food Chem., Washington, D. C., 26 (5): 1241-3, 1978.
152. _____. Sterols, esterified sterols, and glycosylated sterols of cowpea lipids (*Vigna unguiculata*). J. Agric. Food Chem., Washington, D.C. 29 (6): 1225-7, 1981.
153. MAI, J. et alii. Effects of microwave cooking on food fatty acids: no evidence of chemical alteration or isomerization. J. Food Sci., Champaign, Il., 46(6): 1753-5, 1980.
154. MANCINI FILHO, J. et alii. Lectins from red kidney beans; radiation effect on agglutinating and mitogenic activity. J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (4): 1194-6, 1979.

155. MANORAMA, R. & SAROJINI, G. Effect of different heat treatments on the trypsin inhibitor activity of soybeans. Indian J. Nutr. Diet., Coimbatore, India, 19 (1): 8-13, 1982.
156. MARSHALL, H.F. et alii. Sulfur amino acid stability. Effects of processing on legume proteins. J. Food Sci., Champaign, Il., 47 (4): 1170-4, 1982.
157. MCNAIR, N.M. & BONELLI, E.J. Basic gas chromatographic. 5. ed., Berkley, California, Variant Instrument Division Offices, 1969. p. 151.
158. MCWATTERS, K.H. Functionality of cowpea meal and flour in selected food application. In: WORLD COWPEA RESEARCH CONFERENCE, Ibadan, 1984. Program and abstracts... Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, 1984.
159. MEDINA; J.C. Aspectos Gerais, Simpósio Brasileiro de Feijão. Campinas, 1, Viçosa, 1971. Anais... Viçosa, M.G. U.F.V., 1972. p. 3-106.
160. MEHTA, S. & SIMLOT, M.M. Purification and characterization of trypsin inhibitor from moth bean, *Phaseolus aconitifolius*. Indian J. Biochem. Biophys., Nova Delhi, 19 (6): 403-7, 1982.
161. MEINERS, J.P. & LITZENBERGER, S.C. Breeding for nutritional improvement. In: MILNER, M. ed. Nutritional improvement of food legumes by breeding. New York, United Nations, 1972. p. 131-41.
162. MEINERS, C.R. et alii. The content of nine mineral elements in raw and cooked mature dry legumes. J. Agric. Food Chem., Washington, D.C. 24 (6): 1126-8, 1976.
163. MEREDITH, F.I. & THOMAS, C.A. Amino acid and elemental contents of Lima bean seeds. J. Food Sci., Champaign, Il., 47 (6): 2021-4, 1982.

164. MIYOSHI, M. et alii. The lethal protein from kintoki beans (*Phaseolus vulgaris*) identified as a lectin. J. Nutr. Sci. Vitaminol., Tóquio, 23 (3) : 255-64, 1982.
165. MILNER, M. et alii. Protein Resources & Technology. Westport, AVI, 1977. p. 24-43.
166. MONTGOMERY, D.C. Desing and Analysis of Experiments. New York, John Wiley & Sons, 1946. V. 1. 179 p.
167. MOREIRA, R.A. Isolamento e caracterização de uma lectina de *Phaseolus vulgaris*. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1975. (Tese).
168. MOREIRA, R.A. et alii. Projeto de Pesquisa em Sementes; Relatório Final. Fortaleza, Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, U.F.C., 1980. (não publicado). 302p.
169. MOURA FÉ, J.A. et alii. Estudo da composição química de quarenta variedades de feijão-de-corda (*Vigna sinensis*, Endl.). Ciê. Agron., Fortaleza, 12 (1/2) : 207-12, 1981.
170. MUELBA, N. & EZUMAN, H.C. Cowpea agronomy in Africa. In: WORLD COWPEA RESEARCH CONFERENCE, Ibadan, 1984. Program and abstracts... Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, 1984.
171. NARAYANA, K. Cooking characteristics of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*). J. Food Sci. Technol. Mysore, India, 18 (1) : 32-3, 1981.
172. NICHOLS, D.J. & CHERYAN, M. Production of soy isolates by ultrafiltration : factors affecting yield and composition. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (2) : 367-72, 1981.
173. NIELSEN, B. et alii. Study on the complementation of two proteins of quality: black bean (*Phaseolus vulgaris*) and sesame (*Sesamum indicum* L.). J. Food Sci., Champaign, Il., 48 (6) : 1804-6, 1983.

174. NOMANI, M.Z.A. et alii. Influence of dietary fiber on the growth and protein metabolism of the rat. J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (3): 745-7, 1979.
175. NORDSTROM, C.L. & SISTRUNK, W.A. Effect of type of bean, moisture level, blanch treatment and storage time on quality attributes and nutrient content of canned dry beans. J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (2): 392-5, 1979.
176. OBIZOBA, I.C. Protein metabolism, growth, and liver composition of young rats fed combinations of wheat, soy concentrate, and peanut protein with added N-acetyl-L-Methionine. J. Food Sci., Champaign, Il., 45 (3): 539-41, 1980.
177. ODACHI, J. et alii. Changes of vitamins and amino acids in foods after pressure cooking. Riyogaku Zasshi, Tōquio, 38 (5): 267-73, 1980.
178. ODENDAAL, W.A. Bean in a national dietary pattern; Proteins Food Supply Repub S. Afric. In: Pap. Int. Symp., 1968. Cape Town, Claassens, J.W. 1971. p. 78-87.
179. OKAKA, J.C. & POTTER, N.N. Sensory nutritional and storage properties of cowpea powders processed to reduce beany flavor. J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (5): 1539-42, 1979.
180. OKESIE, B.O. & BELLO, A.B. Physico-chemical and functional properties of isolated winged bean proteins compared with soy isolate, s.n.t.
181. OLOGHOBO, A.D. & FETUGA, B.L. Chemical composition of promising cowpea (*Vigna unguiculata*) varieties. Nutr. Rep. Int., Los Altos, Ca., 25(6):913-9, 1982.
182. _____. Investigations of the trypsin inhibitor, hemagglutinin, phytic and tannic acid contents of cowpea, *Vigna unguiculata*. Food Chem., Essex, Inglaterra, 12 (4): 249-54, 1983a.

183. _____. Trypsin inhibitor activity in some lima bean (*Phaseolus lunatus*) varieties as affected by different processing methods. Nutr. Rep. Int., Los Altos, California, 27 (1): 41-9, 1983b.
184. _____. Varietal differences in the fatty acid composition of oils from cowpeas (*Vigna unguiculata*) and lima bean (*Phaseolus lunatus*). Food Chem., Essex, Inglaterra, 10(4):267-74, 1983c.
185. OLSON, A.C. et alii. Nutrient composition of and digestive response to whole and extracted dy beans. J. Agric. Food Chem., Washington, D.C. 30(1):26-32, 1982.
186. OMUETI, O. & SIMEN, B.B. Nutritional attributes of new cowpeas varieties developed at IITA, Nigeria. In: WORLD COWPEA RESEARCH CONFERENCE, Ibadan, 1984. Program and abstracts... Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, 1984.
187. ONAYEMI, O. & POTTER, N.N. Cowpea powders dried with methionine: preparation, storage stability, organoleptic properties, nutritional quality. J. Food Sci., Champaign, Il., 41(1): 48-53, 1976.
188. ONAYEMI, O. et alii. Effects of processing on the nutritive value of cowpeas (*Vigna unguiculata*) for the growing rat. Nutr. Rep. Int., Los Altos, California, 13 (3): 299-305, 1976.
189. ONIGBINDE, A.O. & AKINYELE, I.O. Oligosaccharide content of 20 varieties of cowpeas in Nigeria. J. Food Sci., Champaign, Il., 48 (4): 1250-1, 1254, 1983.
190. ONIGBINDE, A.O. & AKINYELE, I.O. Oligosaccharide content of 20 varieties of cowpeas in Nigeria. J. Food Sci., Champaign, Il., 48 (4): 1250-1, 1254, 1983.
191. ORNELLAS, L.H. Técnica Dietética. 3. ed. Rio de Janeiro, Julio C. Reis, 1979. p. 151-67.
192. ORSI, F. Derivatographic examination of the Maillard reaction between glucose and lysine. Perio.Polytech. Chem. Eng., Budapeste, Hungria, 24(1):35-47, 1980.

193. PAIVA, J.B. et alii. Aspectos da cultura do caupi.
Vigna sinensis (L) Savi, no Norte e Nordeste do Bra-
sil. Fortaleza, C.C.A. - U.F.C., 1977. 46p. (mimeo
grafado).
194. PAIVA, J.B. et alii. Efeito do espaçamento e adubação
em feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi. Ciên.
Agron., Fortaleza, 4(1 e 2): 70-83, 1974.
195. PAIVA, J.B. et alii. Espaçamento e densidade do plan-
tio de feijão-de-corda, *Vigna sinensis* Endl. no Cea-
rá, Ciên. Agron., Fortaleza, 1 (1): 3-6, 1971.
196. PANDEY, R.K. & NGARN, A.T. Cowpea agronomy in Asia.
In: WORLD COWPEA RESEARCH CONFERENCE, Ibadan, 1984.
Program and abstracts... Ibadan, Nigeria, Interna-
tional Institute of Tropical Agriculture, 1984.
197. PARPIA, H.A.B. Utilization problems in food legumes.
In: MILNER, M. ed Nutritional improvement of food
legumes by breeding, New York, United Nations, 1972.
p. 281-94.
198. PATWARDHAN, V.N. Pulses and beans in human nutrition.
Amer. J. Clin. Nutr., Nova York, 11: 11-3, 1962.
199. PEARSON, O. Laboratory techniques in food analysis.
London, 1975.
200. PENZ, A.M.J. et alii. Availability for chicks of
tryptophan from autoclaved beans. Nutr. Rep. Int.,
Los Altos, California, 27 (1): 161-9, 1983.
201. PETERSON, W.R. & WARTHESEN, J.J. Total and available
lysine determination using high-pressure liquid
chromatography. J. Food Sci., Champaign, Il., 44(4):
994-7, 1979.
202. PHILLIPS, R.D. Preparation and composition of a dry-
-milled flour from cowpea. JAACS, J. Am. Oil. Chem.
Soc., Chicago, 59 (8): 351-3, 1982.
203. PIKE, R.L. & BROWN, N.L. Nutrition - An Integrated
Approach, 2. ed. New York, John Wiley & Sons, 1975.
p. 814-73.

204. PILOSOF, A.M. et alii. Kinetics of nitrogen solubility loss in heated flour and protein isolates from bean *Phaseolus vulgaris*. J. Food Sci., Champaign, Il., 47 (1): 4-7, 1982.
205. PINHEIRO, M.G. Creme de amendoim: avaliação da qualidade proteica e aceitabilidade. Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1977. (Tese de Mestrado).
206. PLAHAR, W.A. et alii. Effects of dehydration and soy fortification on physicochemical, nutritional and sensory properties of Ghanaian fermented maize meal. J. Food Sci., Champaign, Il., 48(4):1255-9, 1983.
207. POUR-EL, A. et alii. Biological properties of VHF - and microwave-heated soybeans. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (3): 880-3, 1981.
208. QUENZER, N.N. & BURNS, E.E. Effects of microwave, steam and water blanching on freeze-dried spinach. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (2): 410-13, 1981.
209. RAAB, C.A. et alii. Effects of heat processing on the retention of vit. B₆ in lima beans. J. Food Sci., Champaign, Il. 38 (3): 544-5, 1973.
210. RACKIE, K.O. Improvement of food legumes in tropical Africa. In: MILNER, M. ed. Nutritional improvement of food legumes by breeding. New York, United Nations, 1972. p. 83-92.
211. RAYMOND, M.L. Studies concerning the determination of lysinoalanine in food proteins, J. Food Sci., Champaign, Il., 45 (1): 56-9, 1980.
212. REDDY, N.R. et alii. Flatulence in rats following ingestion of cooked and germinated black gram and a fermented product of black gram and rice blend. J. Food Sci., Champaign, Il., 45 (5): 1161-4, 1980.
213. RETHWILL, J.C. & WARTHESEN, J.J. Lysinoalanine determination in protein using high-pressure liquid chromatography. J. Food Sci., Champaign, Il., 45(6): 1637-40, 1980.

214. RHEE, K.S. & RHEE, K.C. Nutritional evaluation of the protein in oil seed products heated with sugars. J. Food Sci., Champaign, Il., 46(1): 164-8, 1981.
215. ROBBINS, K.R. & BALLEW, J.E. Effect of alkaline treatment of soy protein on sulfur amino acid bioavailability. J. Food Sci., Champaign, Il., 47(6): 2070-1, 1982.
216. ROCKLAND, L.B. & RADKE, T.M. Legume protein quality. Food Technol. Champaign, Il. 35(3): 79-82, 1981.
217. ROCKLAND, L.B. et alii. Quick-cooking winged beans (*Psophocarpus tetragonolobus*). J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (4): 1004-7, 1979.
218. ROUANET, J.M. & BESANCON, P. Effects of a phytohemagglutinin extract on the growth, nitrogen digestibility and invertase and (sodium-potassium ion) - dependent ATPase activities in the intestinal mucosa of the rat. Am. Nutr. Aliment., 33(3): 405-16, 1979.
219. SALES, M.G. Characteristics of processed foods from whole cowpeas (*Vigna sinensis*). Arizona, University of Arizona, 1980. (Tese de Doutorado).
220. SALIB, A.G. et alii. Studies on the retention of L-ascorbic acid, thiamine and riboflavin as influenced by heat treatments in vegetables. Chem. Mikrobiol., Technol. Lebensn., Zagazig, Egito, 6(6):186-8, 1980.
221. SATHE, S.K. & SALUNKHE, D.K. Functional properties of the Great Northern bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) proteins: emulsion, foaming, viscosity and gelation properties. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (1) : 71-4, 1981a.
222. _____. Investigations on winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D.C.) proteins and antinutritional factors. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (5): 1389-93, 1981b.
223. _____. Solubilization and electrophoretic characterization of the Great Northern bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) proteins. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (1): 82-7, 1981c.

224. _____. Studies on trypsin and chymotrypsin inhibitory activities, hemagglutinating activity, and sugars in the Great Northern beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (2): 626-9, 1981d.
225. SATHE, S.K. et alii. Functional properties of the Great Northern bean (*Phaseolus vulgaris*) proteins. Amino acid composition, in vitro digestibility, and application to cookies. J. Food Sci., Champaign, Il., 47 (1): 8-11, 1982.
226. SATHE, S.K. et alii. Functional properties of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) proteins. J. Food Sci., Champaign, Il., 47(2): 503-9, 1982.
227. SATTERLEE, L.D. Proteins for use in foods. Food Technology, Champaign, Il., 36(6): 53-70, 1981.
228. SAVOIE, L. & PARENT, G. Susceptibility of protein fractions to lysinoalanine formation. J. Food Sci., Champaign, Il., 48 (6): 1876-7, 1983.
229. SCHEFFELD, P. et alii. Nutrient contents of prepared foods. Effect of different salt concentrations in cooking water on the mineral and trace element contents of prepared vegetables. Alimenta, Zurich, Suica, 21 (2): 41-50, 1982.
230. SCHMIDT-HEBBEL, H. Ciencia y Tecnologia de los Alimentos. Santiago, Talleres de Editorial Universitaria, 1973. p. 116-8.
231. SEFA-DEDEH, S. et alii. Effect of storage time and conditions on hard-to-cook defect in cowpeas (*Vigna unguiculata*). J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (3): 790-6, 1979.
232. SGARBIERI, V.C. et alii. Nutritional and sensory evaluation of soybean (*Glycine max* L.) and Common bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) for direct use as human food. J. Food Sci., Champaign, Il., 43 (1) : 208-10, 1978.

233. SGARBIERI, V.C. et alii. Nutritional evaluation of four varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). J. Food Sci., Champaign, Il., 44(5): 1306-8, 1979.
234. SGARBIERI, V.C. et alii. Soybeans as an extender of common beans. J. Am. Oil Chem. Soc., Chicago, 58(3): 522-6, 1981.
235. SHELEF, L.A. & MORTON, L.R. Soybeans protein foods. Food Technology, Champaign, Il., 30 (4): 44-50, 1976.
236. SHINDE, S.C. & SHIRALKAR, N.D. Effect of some chemicals on the cookability of rajmah (*Phaseolus vulgaris*). Indian Food Packer, Bangalore, India, 34 (6) : 23-5, 1980.
237. SHIOTA, Y & MIZUGASHIRA, M. Studies on "am" (bean jam). Part 8. Sterol composition of beans. Kaseigaku Zasshi, Tôquio, 31 (8): 617-21, 1980.
238. SILVA, C.A.B. et alii. Influence of soaking and cooking upon the softening and eating quality of black beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (6): 1716-20, 1981.
239. SILVA, H.C. & BRAGA, G.L. Effect of soaking and cooking on the oligosaccharide content of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Food Sci., Champaign, Il., 47 (3): 924-5, 1982.
240. SILVA, P.R. Nutrição e desenvolvimento econômico do nordeste brasileiro. Fortaleza, BNB-ETENE, 1982. p. 85.
241. SINGH, V. & JAMBUNATHAN, R. Studies on Desi and Kabuli Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars: levels of protease inhibitors, levels of polyphenolic compounds and in vitro protein digestibility. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (5): 1364-7, 1981.

242. SINGH, V. et alii. Studies on Desi and Kabuli Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars; The levels of amylase inhibitors, levels of oligosaccharides and in vitro starch digestibility. J. Food Sci., Champaign, Il., 47 (2): 510-2, 1982.
243. SMARTT, J. Tropical pulses. London, Longman Group, 1976. p. 95.
244. SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. Statistical Methods. 6. ed. Iowa, Iowa State University Press, 1967. 593 p.
245. SOETRISNO, V. et alii. Effect of heating time of soybean on vitamin B₆ and folacin retention, trypsin inhibitor activity, and microestructure changes. J. Food Sci., Champaign, Il., 47(2):530-4, 1982.
246. SOUZA, N. & DUTRA DE OLIVEIRA, J.E. Nutritive value of rice and bean mixtures. Rev. Bras. Pes. Med. Biol., São Paulo, 2: 175-9, 1959.
247. SOSULSKI, F.W. & HOLT, N.W. Amino acid composition and nitrogen-to-protein factors for grain legumes. Can. J. Plant. Sci., Otava, 60(4):1327-31, 1980.
248. SOSULSKI, F.W. et alii. Oligosaccharides in eleven legumes and their air-classified protein and starch fractions. J. Food Sci., Champaign, Il., 47 (2): 498-502, 1982.
249. SRIHARA, P. & ALEXANDER, J.C. Protein quality of raw and autoclaved plant protein blends. Can. Inst. Food Sci. Technol. J., Otava, 16(1): 63-7, 1983.
250. STEINIG, J. & MONTAG, A. Studies of the lysine of food proteins. II. Formation of lysinoalanine. Z. Lebensm.-Unters. Forsch., Muenster, Rep. Fed. Alemã, 175(1): 8-12, 1982.
251. STEPANOV, V.N. Effect of heat treatment on the levels of vitamins B₁, B₂ and PP in the seed of leguminous plants. Vot. Pitan., Leningrado, 31(5):81-2, 1972.

252. SUOZIL, B. & LISKA, I. Changes in the amino acid content of alfafa, clover, and beans under the effect of hot-air during and granulating. Sb. Ved. Pr. Vyzk. Ustavu Vyz. Zvirat Pohorelice. Praga, 15 : 79 - 86, 1981.
253. TABEKHIA, M. M. & LUH, B. S. Effects of germination, cooking, and canning on phosphorus and phytate retention in dry beans. J. Food Sci., Champaign, Il., 45 (2): 406-8, 1980.
254. TALANOV, P.A. Amino acid composition of beans undergoing culinary heat processing. Vop. Pitan., Leningrado, (6): 80-4, 1972.
255. TAN, N.H. & WONG, K. C. Thermal stability of trypsin inhibitor activity in winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*). J. Agric. Food Chem., Washington, D.C., 30 (6): 1140-3, 1982.
256. TANDON, O.B et alii. Nutrients in Central Americans beans. J. Agric. Food Chem., Washington, D. C., 5 (2): 137-42, 1957.
257. TEÓFILO, E.M. et alii. Efeitos do ácido giberálico no crescimento e diferenciação do feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi. Cien. Agron., Fortaleza, 11 (2): 105-8, 1980.
258. THOMPSON, L.V. et alii. Effect of heat processing on hemagglutinin activity in red kidney beans. J. Food Sci., Champaign, Il., 48 (1): 235-6, 1983.
259. TSUKAMOTO, I. & MIYOSHI, M. Heat inactivation on trypsin inhibitor in "kintoki" beans. Kaseigaky Zasshi, Tóquio, 34 (9): 597-600, 1983.
260. TSUYUKI, H. et alii. Lipids in kidney beans. Nihou Daigaku No-Juigakube Gakajutsu Kenkyu Hokoku, Tóquio, (37): 304-11, 1980.
261. UNITED NATIONS WORLD CONFERENCE. Itens 8 e 9 of the Provisional Agenda E. Rome, 1974.

262. VARRIANO-MARSTON, E. & JACKSON, G. M. Hard-to-cook phenomenon in beans: structural changes during storage and imbibition. J. Food Sci., Champaign, Il., 46 (5): 1379-85, 1981.
263. VARRIANO-MARSTON, E. & OMANA, E. Effects of sodium salt solutions on the chemical composition and morphology of black beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (2): 531-6, 1979.
264. VETELKIN, G.V. et alii. Effect of the heating of castor-bean plant seeds on the fatty acid composition of oil during drying. Tzv. Vyssh. Uchebn. Zaved., Pishch. Tekhnol., (5): 82-4, 1980.
265. VIEIRA, C. Cultura do Feijão. Viçosa-MG., U.F.V., 1978. p. 5-7.
266. WANG, H. L. & HESSELTINE, C. W. Use of microbial cultures: legume and cereal products. Food Technology, Champaign, Il., 35 (1): 79-90, 1981.
267. WATT, E. E. & ARAÚJO, J.P. Cowpea breeding in Latin America. In: WORLD COWPEA RESEARCH CONFERENCE. Ibadan, 1984. Program and Abstracts... Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, 1984. p. 4-9.
268. WHITNEY, E. & HAMILTON, M. Understanding Nutrition. New York, West Publishing, 1977. p. 109.
269. XAVIER, J.F. Trypsin inhibitors during germination of *Vigna sinensis* seeds. Physiol. Plant., Copenhagen, 28 : 149-154, 1973.
270. ZABIK, M.E. et alii. Characteristics and utilization of dry roasted air-classified navy bean protein fraction. JAOCs, J. Am. Oil Chem. Soc., Chicago, 60 (7): 1303-8, 1983.
271. ZAMORA, A.F. & FIELDS, M.L. Nutritive quality of fermented cowpea (*Vigna sinensis*) and chickpeas (*Cicer arietinum*). J. Food Sci., Champaign, Il., 44 (1): 234-6, 1979.

7 - ANEXO

A N E X O A

T A B E L A S

TABELA EM ANEXO A-1 - Análise de variância dos valores de umidade das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	24,9843	960,93**
Farinha	3	80,616	3.100,61**
Interação	3	7,512	288,92**
Resíduo	16	0,026	
Total	23		

** - Significante ao nível de 1%.

TABELA EM ANEXO A-2 - Análise de variância dos valores de cinza das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	0,19967	80,23**
Farinha	3	0,1820766	73,16**
Interação	3	0,00591	2,37
Resíduo	8	0,00248875	
Total	15		

** - Significante ao nível de 1%.

TABELA EM ANEXO A-3 - Análise de variância dos valores de proteína das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	22,061	110,17**
Farinha	3	4,584	22,89**
Interação	3	2,556	12,76**
Resíduo	8	0,20025	
Total	15		

** - Significante ao nível de 1%.

TABELA EM ANEXO A-4 - Análise de variância dos valores de extrato etéreo das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	0,060354	5,43*
Farinha	3	0,0839423	7,55*
Interação	3	0,1037266	9,33**
Resíduo	8	0,0111135	
Total	15		

** - Significante ao nível de 1%.

* - Significante ao nível de 5%.

TABELA EM ANEXO A-5 - Análise de variância dos valores de fibra das farinhas A, B, C e D das du as variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	1,70172	1,685
Farinha	3	1,8449	1,827
Interação	3	2,304	2,28
Resíduo	8	1,01	
Total	15		

TABELA EM ANEXO A-6 - Análise de variância dos valores de cálcio das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	2856,1	6,35 [*]
Farinha	3	1976,0966	4,395 [*]
Interação	3	711,38	1,58
Resíduo	8	449,595	
Total	15		

* - Significante ao nível de 5%.

TABELA EM ANEXO A-7 - Análise de variância dos valores de ferro das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	19,8916	45,67**
Farinha	3	1,646	3,78
Interação	3	0,7872	1,81
Resíduo	8	0,436	
Total	15		

** - Significante ao nível de 1%.

TABELA EM ANEXO A-8 - Análise de variância dos valores de fósforo das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	114413	2,48
Farinha	3	5783	0,125
Interação	3	2598,67	0,056
Resíduo	24	46183,791	
Total	31		

TABELA EM ANEXO A-9 - Análise de variância dos valores do aminoácido lisina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	0,075502	5,298
Farinha	3	0,0167	1,179
{ Não aditividade	1	0,0108213	0,68 - Aceitamos a hipótese H_0
{ Erro	2	0,015829	
Resíduo	3	0,01416	
Total	7		

TABELA EM ANEXO A-10 - Análise de variância dos valores do aminoácido metionina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	0,006774	2,13
Farinha	3	0,0299783	9,41
{ Não aditividade	1	0,0055267	2,24 - Aceitamos a hipótese H_0
{ Erro	2	0,002017	
Resíduo	3	0,003187	
Total	7		

TABELA EM ANEXO A-11 - Análise de variância dos valores do aminoácido isoleucina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	0,017579	3,13
Farinha	3	0,004697	0,84
{ Não aditividade	1	0,009904	2,86 - Aceitamos a hipótese H_0
{ Erro	2	0,0034615	
Resíduo	3	0,005609	
Total	7		

TABELA EM ANEXO A-12 - Análise de variância dos valores do aminoácido leucina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	0,101859	6,76
Farinha	3	0,0202413	1,34
{ Não aditividade	1	0,02763	3,14 - Aceitamos a hipótese H_0
{ Erro	2	0,008796	
Resíduo	3	0,0150763	
Total	7		

TABELA EM ANEXO A-13 - Análise de variância dos valores do aminoácido fenilalanina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	0,058226	8,2
Farinha	3	0,0103543	1,46
{ Não aditividade	1	0,008076	1,22 - Aceitamos a hipótese Ho
{ Erro	2	0,0066	
Resíduo	3	0,007093	
Total	7		

TABELA EM ANEXO A-14 - Análise de variância dos valores do aminoácido valina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	0,03668	5,35
Farinha	3	0,00885	1,29
{ Não aditividade	1	0,0119776	2,78 - Aceitamos a hipótese Ho
{ Erro	2	0,0043047	
Resíduo	3	0,00686	
Total	7		

TABELA EM ANEXO A-15 - Análise de variância dos valores do aminoácido treonina das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	0,0066469	
Farinha	3	0,0013626	
{ Não aditividade	1	0,00733833	29,77 - Rejeitamos a hipótese H_0
{ Erro	2	0,00024648	
Resíduo	3		
Total	7		

TABELA EM ANEXO A-16 - Análise de variância dos valores do aminoácido treonina no cômputo quími co das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	0,188	0,8
Farinha	4	1,33975	5,72
{ Não aditividade	1	(0)	(0) - Aceitamos a hipótese H_0
{ Erro	3		
Resíduo	4	0,23425	
Total	9		

TABELA EM ANEXO A-17 - Análise de variância dos valores do aminoácido lisina no cômputo químico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	28,934	1,08
Farinha	4	124,31	4,63
{ Não aditividade	1	0,02759	0,00077 - Aceitamos a hipótese Ho
{ Erro	3	35,75	
Resíduo	4	26,82	
Total	9		

TABELA EM ANEXO A-18 - Análise de variância dos valores do aminoácido leucina no cômputo químico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	34,669	2,84
Farinha	4	122,58	10,05*
{ Não aditividade	(1)	(10,312)	0,80 - Aceitamos a hipótese Ho
{ Erro	(3)	(12,82)	
Resíduo	4	12,194	
Total	9		

* - Significante ao nível de 5%.

TABELA EM ANEXO A-19 - Análise de variância dos valores do aminoácido isoleucina no cômputo químico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	2,673	1,02
Farinha	4	26,68	10,19*
{ Não aditividade	(3)	(3,2822)	0,19 - Aceitamos a hipótese Ho
{ Erro	(1)	(0,6183)	
Resíduo	4	2,61625	
Total	9		

* - Significante ao nível de 5%.

TABELA EM ANEXO A-20 - Análise de variância dos valores do aminoácido fenilalanina-tirosina no cômputo químico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	42,68	4,87
Farinha	4	428,86	48,9**
{ Não aditividade	1	8,47	0,96 - Aceitamos a hipótese Ho
{ Erro	3	8,87	
Resíduo	4	8,77	
Total	9		

** - Significante ao nível de 1%.

TABELA EM ANEXO A-21 - Análise de variância dos valores do aminoácido valina no cômputo químico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	9,82	3,69
Farinha	4	18,46625	6,95*
{ Não aditividade	1	1,76	0,55 - Aceitamos a hipótese Ho
{ Erro	3	2,96	
Resíduo	4	2,657	
Total			

* - Significante ao nível de 5%.

TABELA EM ANEXO A-22 - Análise de variância dos valores do aminoácidos metionina-cistina no cômputo químico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	0,0706	0,124
Farinha	4	88,58	155,79**
{ Não aditividade	1	0,0753	0,103 - Aceitamos a hipótese Ho
{ Erro	3	0,73299	
Resíduo	4	0,568575	
Total	9		

** - Significante ao nível de 1%.

TABELA EM ANEXO A-23 - Análise de variância dos valores do ácido graxo palmítico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	8,134	1,03
Farinha	3	1,87	0,24
{ Não aditividade	1	0,77	0,067 - Aceitamos a hipótese H_0
{ Erro	2	11,51	
Resíduo	3	7,93	
Total	7		

TABELA EM ANEXO A-24 - Análise de variância dos valores do ácido graxo linolênico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	1,445	1,29
Farinha	3	6,848	6,105
{ Não aditividade	1	0,25676	0,165 - Aceitamos a hipótese H_0
{ Erro	2	1,554	
Resíduo	3	1,1217	
Total	7		

TABELA EM ANEXO A-25 - Análise de variância dos valores do ácido graxo oléico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	10,125	18,69*
Farinha	3	0,903	1,667
{ Não aditividade	1	0,1808	0,25 - Aceitamos a hipótese H_0
{ Erro	2	0,722	
Resíduo	3	0,5417	
Total	7		

* - Significante ao nível de 5%.

TABELA EM ANEXO A-26 - Análise de variância dos valores do ácido graxo linolêico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	25,105	27,23*
Farinha	3	10,105	10,96*
{ Não aditividade	1	0,863	0,907 - Aceitamos a hipótese H_0
{ Erro	2	0,951	
Resíduo	3	0,922	
Total	7		

* - Significante ao nível de 5%.

TABELA EM ANEXO A-27 - Análise de variância dos valores do ácido graxo esteárico das farinhas A, B, C e D das duas variedades de caupi.

Causas de variação	G.L.	MSQ	F
Variedade	1	2,53125	
Farinha	3	0,877	
{ Não aditividade	1	1,2013	38,5 - Rejeitamos a hipótese H_0
{ Erro	2	0,0312	
Resíduo	3	0,42125	
Total	7		