

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE FARINHA DE SOJA INTEGRAL

POR

LAIR CHAVES CABRAL

TESE APRESENTADA AO CENTRO DE CIÊNCIAS
AGRÁRIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CE
ARÁ, COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE "MESTRE EM TECNOLO
GIA DE ALIMENTOS".

FORTALEZA - CE

- MARÇO - 1978

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Esta tese faz parte dos requisitos exigidos pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Reprodução parcial permitida exclusivamente com referência da fonte e autor.


Lair Chaves Cabral

Aprovada em 03 de março de 1978


Prof. Geraldo Arraes Maia - Ph.D.
- Orientador -


Prof. Francisco Franco Feitosa Teles - Ph.D.


Prof. Frank M. Whiting - Ph.D.


Prof. Humberto Ferreira Oriá - M. S.


Prof. Luciano Flávio Frota de Holanda

A minha esposa ADEMILDE

A minha filha RAQUEL

Aos meus pais OSNI e

IRONDINA

DEDICO

A G R A D E C I M E N T O S

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - Ao Banco do Nordeste do Brasil - BNB - e à Coordenação de Perfeiçãoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - pelo auxílio financeiro que nos concederam, para a realização do curso de Pós-Graduação.

Ao Dr. Geraldo Arraes Maia - Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará - pelas facilidades facultadas à execução desta pesquisa, pela orientação dos trabalhos de tese e revisão dos originais.

Aos Professores: HUMBERTO FERREIRA ORIÁ, LUCIANO FLÁVIO FROTA DE HOLANDA e FRANCISCO FRANCO FEITOSA TELES, pelas valiosas sugestões e apoio ao desenvolvimento do trabalho.

Ao Dr. FRANK M. WHITING e J. WARREN STULL, Professores da Universidade do Arizona, U.S.A., pelo incentivo e pela realização e esclarecimento das análises de aminoácidos.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos, ITAL, pelas análises realizadas.

À Fundação Zoobotânica do Distrito Federal, pela doação das amostras de soja e por possibilitar o acesso às suas instalações do Setor de Tecnologia de Alimentos.

Ao Dr. RENATO DE AZEVEDO MOREIRA, professor do Departamento de Bioquímica da UFC e ao Dr. RAMÓN HINOJOSA GUTIERREZ, professor da Faculdade de Tecnologia de Alimentos da UNICAMP, pelas valiosas sugestões e amizade.

Ao colega CARBENE FRANÇA LOPES, aluno de Pós-Graduação em Bioquímica, pelo incentivo, colaboração e amizade.

Aos professores e colegas do Curso de Pós-Graduação Em Tecnologia de Alimentos, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, pelo estímulo e amizade.

À Secretária do Departamento de Engenharia Agrícola e Edafologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, GERALDA DE CARVALHO FEITOSA, pelo valioso serviço de datilografia.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

Í N D I C E

CONTEÚDO:

PÁGINA:

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. Histórico da soja	2
2.2. Caracteres botânicos da soja	4
2.2.1. Classificação botânica	4
2.2.2. Descrição da planta	4
2.2.3. Descrição da semente	5
2.3. Composição química e valor nutritivo da soja	6
2.3.1. Proteína	7
2.3.2. Óleo	8
2.3.3. Carbohidratos	9
2.3.4. Vitaminas	10
2.3.5. Minerais	11
2.4. Fatores anti-nutricionais da soja	12
2.4.1. Inibidores de tripsina	12
2.4.2. Hemaglutininas da soja	16
2.5. Sabor e odor da soja	17
2.6. Avaliação da eficiência do tratamento térmico	19
2.6.1. Índice de dispersibilidade de proteína	20
2.6.2. Atividade ureática	21
2.7. Processos para produção de farinha de soja integral	22
2.7.1. Processo descrito por Pringle	23
2.7.1.1. Fluxograma	23
2.7.1.2. Descrição das operações	24
2.7.1.3. Composição química da farinha de soja integral processada pelo método descrito por Pringle	24

2.7.2.	Processo descrito por Mustakas	25
2.7.2.1.	Fluxograma	25
2.7.2.2.	Descrição das operações	25
2.7.2.3.	Composição química da farinha de soja integral processada pelo método descrito por Mustakas	26
2.7.3.	Processo "Promo" descrito por Tango ..	27
2.7.3.1.	Fluxograma	27
2.7.3.2.	Descrição das operações	27
2.7.3.3.	Composição da farinha de soja processada pelo método descrito por Tango	28
2.7.4.	Processo por extrusão descrito por Mustakas et al	28
2.7.4.1.	Fluxograma	28
2.7.4.2.	Descrição das operações	29
2.7.4.3.	Composição de uma farinha preparada por extrusão	29
3.	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1.	Matéria prima	30
3.2.	Processo de obtenção de farinha de soja integral	30
3.2.1.	Fluxograma	30
3.2.2.	Descrição das operações	31
3.2.2.1.	Limpeza	31
3.2.2.2.	Quebra	31
3.2.2.3.	Descorticagem	31
3.2.2.4.	Maceração	32
3.2.2.5.	Cozimento	32
3.2.2.6.	Pré-Secagem	32
3.2.2.7.	Pré-Moagem	33
3.2.2.8.	Secagem	33

3.2.2.9. Moagem	33
3.3. Análise química	33
3.3.1. Umidade	33
3.3.2. Proteína bruta	33
3.3.3. Matéria graxa	34
3.3.4. Cinza	34
3.3.5. Fibra bruta	35
3.3.6. Açúcares totais	35
3.3.7. Açúcares redutores	35
3.4. Avaliação da eficiência do tratamento térmico	35
3.4.1. Atividade ureática	35
3.4.2. Índice de dispersibilidade de proteí- nas (PDI)	36
3.5. Tiamina	36
3.6. Aminoácidos	36
3.7. "Protein Score"	38
3.8. Avaliação biológica da qualidade protéica ...	39
3.8.1. NPR ("net protein ratio")	39
3.8.2. PER ("protein efficiency ratio")	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. Etapas do processamento da farinha de soja <u>in</u> tegral	40
4.1.1. Limpeza	40
4.1.2. Quebra	40
4.1.3. Descorticagem	41
4.1.4. Maceração	41
4.1.5. Cozimento	42
4.1.6. Pré-Secagem	43
4.1.7. Pré-Moagem	45

4.1.8. Secagem	45
4.1.9. Moagem	45
4.2. Tiamina (vitamina B ₁)	46
4.3. Composição centesimal	46
4.4. Características organolépticas	49
4.5. Aminoácidos	49
4.6. "Protein Score"	49
4.7. Avaliação biológica da qualidade protéica ...	52
5. CONCLUSÕES	53
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

R E S U M O

Foi desenvolvido um método de processamento de fácil produção e baixo custo operacional, para obtenção de farinha de soja integral com boas características nutricionais e organolépticas.

O processo consiste das seguintes etapas: limpeza dos grãos de soja integral; quebra; descorticagem; maceração; cozimento; pré-secagem; pré-moagem; secagem e moagem.

Foi constatado que a descorticagem diminuiu consideravelmente o tempo de maceração, cozimento e secagem, quando efetuada antes dessas operações.

A redução do tempo também foi verificada na operação de cozimento pela prévia maceração, bem como na operação de secagem pelas etapas da pré-moagem e pré-secagem.

Vários tempos de cozimento foram estudados: 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos. Os resultados de atividade ureática e PDI (índice de dispersibilidade de proteína) indicaram que o cozimento em água à ebulição por 5 minutos foi suficiente para inativar - totalmente ou a um nível bastante elevado - os fatores anti-nutricionais presentes na soja crua descorticada com aproximadamente 56% de umidade, sem prejuízo de suas proteínas. Esses resultados foram confirmados pelos testes feitos com ratos, PER ("protein efficiency ratio") e NPR ("net protein ratio").

Os resultados de aminoácidos indicaram que não houve perdas sensíveis dos mesmos, durante o cozimento.

Pelos dados analíticos e outras observações tecnológicas, concluiu-se que a farinha cozida à ebulição por 5 minutos, apresentou boas características nutricionais e organolépticas.

ABSTRACT

An energy conserving method which is less expensive than conventional methods, was developed for processing full-fat soybean flour. The resulting product has high nutritional qualities while not having the characteristic "beany" flavor. The process consists the following operations: cleaning; cracking, de-hulling; soaking; cooking; pre-drying; coarse grinding; drying and fine grinding.

Prior de-hulling reduced the soaking, cooking and drying time considerably. Further time saving was also accomplished by soaking before to cooking, as well as in the final drying.

Cooking times were from 5 to 30 minutes in 5 minute intervals. Urease activity and protein dispersability index (PDI) determinations indicated that cooking de hulled soybean in boiling water for 5 minutes inactivated the anti-nutritional factors normally found in raw soy beans, without excessive protein denaturation. These results were confirmed by protein efficiency ratio (PER) and net protein ratio (NPR) using rats.

Chemical analysis of amino acids indicated that there was no significant loss of nutritive value during the cooking process.

These data and other observations conclude that "full-fat soy bean flour" cooked for 5 minutes and processed in the above manner results a nutritious product with favorable organoleptic characteristics.

1. INTRODUÇÃO

A deficiência protéica é um dos problemas mais importantes encontrado em muitos países em desenvolvimento do mundo. Embora os produtos de origem animal constituam boa fonte de proteína, o seu alto custo e limitada disponibilidade restringem o seu uso. Conseqüentemente, existe uma necessidade grande e crescente por proteína vegetal de alta qualidade e baixo custo.

Nutricionistas da UNICEF verificaram que as deficiências na dieta de crianças e adultos, nos países em desenvolvimento, não são somente devidas à falta de proteína, mas também de calorias. Se estas são limitadas, as proteínas são consumidas para fornecer a energia necessária e, em conseqüência, não estarão disponíveis para as suas principais funções (56). As farinhas de soja integral servem para ambos os propósitos porque contêm cerca de 22% de óleo rico em calorias e aproximadamente 44% de proteína de boa qualidade nutricional.

As farinhas de soja integral processadas por aquecimento apresentam diversos usos, dentre eles: considerável aplicação como emulsificante e estabilizante natural em muitos sistemas de alimentos; extensivo uso em massas alimentícias (pastéis, bolos, biscoitos, macarrões, pães, etc.), substituição de ingredientes mais caros, como ovo, leite e gordura; fabricação de "baby food"; fabricação de alimentos fortificados, etc. bem como em muitas aplicações especializadas na indústria de alimentos para animais, (64).

O presente estudo foi realizado com o intuito de estabelecer condições de processamento para obtenção de uma farinha de soja integral, de boas qualidades nutricionais e orgânicas, de baixo custo operacional e de fácil produção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Histórico da soja

A soja é considerada como sendo originária da Ásia Oriental, onde foi usada como alimento bem antes dos primeiros escritos, que datam de 2.838 a.C., publicados nos livros de Pen T'sao Kong Mu, que descreviam as plantas da China. A soja era mencionada frequentemente nos escritos chineses, sendo referida como uma das 5 (cinco) plantas sagradas da China, consideradas como essenciais à existência do povo chinês segundo Smith e Circle (75).

Difundida pelo mundo, a soja chegou ao Brasil (Bahia) por volta de 1882, trazida pelo engenheiro agrônomo Gustavo Dutra. Em 1892 foram feitas as primeiras experiências em São Paulo, pelo Instituto Agronômico de Campinas. No Estado do Rio Grande do Sul, o maior produtor brasileiro, a cultura da soja teve início em 1928, no município de Santa Rosa, Gomes (30)

Atualmente o Brasil é o 2º produtor e o 2º exportador mundial de soja, suplantado apenas pelos Estados Unidos da América do Norte. A Tabela 1, apresenta alguns dados sobre situação da soja no Brasil, nos três últimos anos, em termos de área colhida, quantidade produzida e rendimento médio, Anuário Estatístico do Brasil (3).

TABELA 1 - Área colhida, quantidade produzida e rendimento médio da soja em grão por Unidade da Federação.

UNIDADES DA FEDERAÇÃO	ÁREA COLHIDA (ha)			QUANTIDADE PRODUZIDA (t)			RENDIMENTO MÉDIO (kg/ha)		
	1974	1975 (1)	1976 (1)	1974	1975 (1)	1976 (1)	1974	1975 (1)	1976 (1)
Rio Grande do Sul..	2.770.000	3.113.286	3.296.000	3.870.000	4.688.521	5.107.000	1.397	1.506	1.549
Paraná.....	1.340.000	1.631.897	2.083.300	2.588.880	3.624.946	4.500.000	1.932	2.221	2.160
São Paulo.....	335.000	391.200	394.000	522.000	678.000	765.000	1.558	1.733	1.942
Santa Catarina.....	364.985	361.475	339.370	431.489	467.160	409.885	1.182	1.292	1.208
Mato Grosso.....	174.869	194.280	191.114	307.010	272.624	290.423	1.756	1.403	1.520
Minas Gerais.....	48.000	75.781	79.664	57.600	87.375	105.515	1.200	1.153	1.325
Goiás.....	110.000	55.600	32.920	99.000	73.392	48.722	900	1.320	1.480
Espírito Santo.....	262	216	...	230	281	...	878	1.301	...
BRASIL	5.143.116	5.823.735	...	7.876.209	9.892.299	11.226.545	1.531	1.699	...

2.2. Caracteres botânicos da soja

2.2.1. Classificação botânica

A soja apresenta a seguinte posição sistemática:

Divisão	<u>Phanerogamae</u>
Sub-divisão	<u>Angiospermae</u>
Classe	<u>Dicotyledoneae</u>
Sub-classe	<u>Archichlamydeae</u>
Ordem	<u>Rosales</u>
Família	<u>Leguminosae</u>
Sub-família	<u>Papilionoideae</u>
Tribo	<u>Phaseoleae</u>
Gênero	<u>Glycine</u>
Espécie	<u>Glycine max</u> (L) Merrill

2.2.2. Descrição da planta

A soja é uma planta anual, erecta, de grande diversidade morfológica. Sua altura varia de 0,3 a 2,0 metros e pode ser escassa ou densamente ramificada, dependendo do cultivar e das condições de crescimento. As primeiras folhas que aparecem acima dos cotilédones são simples e opostas. Posteriormente, formam-se folhas alternadas de 3 (três) folíolos e ocasionalmente quatro ou mais. As folhas, caules, sépalas e as vagens, em muitas variedades, são cobertas com numerosos pelos finos, brancos ou marrons, Carlson (13). As flores, reunidas em cachos curtos são axilares brancas, violáceas ou amarelas, conforme a variedade. As vagens, levemente arquea-

das, contêm de 1 a 5 sementes. O seu sistema radicular é pivoteante, com uma raiz principal e várias ramificações laterais, ricas em nódulos de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, Gomes (30).

Apesar da soja ser uma planta de origem asiática, contêm variedades adaptadas a latitudes de 0° a mais que 50°, Howell e Caldwell (36).

2.2.3. Descrição da semente

A maior parte das sementes maduras é constituída de três partes: casca, embrião e um ou mais cotilédones. As sementes de soja, entretanto, têm somente duas partes; suas duas estruturas armazenadoras de alimentos - cotilédones - são parte do embrião, Scott e Aldrich (73).

O embrião da soja tem três partes: radícula, hipocótilo e epicótilo. A radícula - raiz primitiva - e o hipocótilo, que levanta o cotilédone acima da superfície do solo, estão localizados sob a casca, no lado do hilo. Eles podem ser vistos se a casca for removida, mas é difícil distinguí-los um do outro, sem a ajuda de um microscópio. A terceira parte do embrião, o epicótilo, é o caule principal e ponto de crescimento. Ele é muito pequeno e localiza-se entre o par de cotilédones, Scott e Aldrich (73).

A forma da semente varia de quase esférica para achatada e alongada, mas para a maioria das variedades cultivadas as sementes são ovais. A casca é marcada com um hilo que varia da forma linear para oval, Carlson (13).

Os cotilédones são verdes antes da maturidade e tornam-se amarelos com o amadurecimento da semente. Alguns genótipos apresentam cotilédones de coloração verde, mas isto não acontece em cultivares comerciais. A casca da soja pode apresentar as cores amarela, preta, verde, vários matizes do marrom e

bicoloridas. A casca dos cultivares comerciais, na maturidade, é amarelada, com exceção do hilo. As cores do hilo incluem preto, marrom, amarelo-alaranjado, cinza e amarelo, Howell e Caldwell (36). Segundo estes autores, a maioria das sementes de soja pesa de 120 a 180 miligramas.

Segundo Wolf e Cowan (85), as sementes de soja são constituídas de aproximadamente 90% de cotilédones, 8% de casca e 2% de hipocótilo.

2.3. Composição química e valor nutritivo da soja

A composição química da soja integral e seus componentes, segundo Kawamura (40), é dada na Tabela 2. Variações na composição química podem ser encontradas devido a condições climáticas, variedades, localização geográfica e condições do solo, Horan (33).

TABELA 2 - Composição química da soja integral e seus componentes (base seca).

Componentes	Proteína(%)	Gordura(%)	Cinza(%)	* Carbohidratos(%)
Cotilédone	42,8	22,8	5,0	29,4
Casca	8,8	1,0	4,3	85,9
Hipocótilo	40,8	11,4	4,4	43,4
Soja Integral	40,3	21,0	4,9	33,9

* Calculado por: $100 - (\text{Proteína} + \text{gordura} + \text{cinza})$.

2.3.1. Proteína

O inigualável valor da soja na nutrição, é devido ao seu alto conteúdo de proteína de boa qualidade.

A análise dos aminoácidos indica que, exceto para as deficiências em aminoácidos sulfurados, a soja é bem balanceada com respeito aos outros, Tabela 3, FAO (21). Dentre as leguminosas, a soja oferece o mais notável exemplo de um material cujo valor protéico é significativamente aumentado por um adequado tratamento térmico. Isto é devido à inativação ou destruição de uma variedade de fatores anti-nutricionais, tais como inibidor de tripsina, hemaglutininas, saponinas, glicosídeos isoflavonas e fatores anti-vitamínicos, que estão presentes na soja crua, FAO (22).

TABELA 3 - Composição de aminoácidos da proteína de soja

Aminoácidos	g/16 g N
Isoleucina	4,5
Leucina	7,8
Lisina	6,4
Metionina	1,3
Cistina	1,3
Fenilalanina	4,9
Tirosina	3,1
Treonina	3,9
Triptofano	1,3
Valina	4,8
Arginina	7,2
Histidina	2,5
Alanina	4,3
Ácido Aspártico	11,7
Ácido Glutâmico	18,7
Prolina	5,5
Serina	5,1
Glicina	4,2

2.3.2. Óleo

A composição de ácidos graxos do óleo de soja, comparado com outros óleos alimentícios e gordura de manteiga, é dada na Tabela 4. Os valores indicam que o óleo de soja contém mais ácido graxo essencial que os outros óleos comestíveis comuns, ocupando seu lugar entre os óleos vegetais de alta qualidade na alimentação humana, Shurpalekar (74).

O óleo de soja apresenta uma alta quantidade de tocoferóis e fosfatídeos (1,8%). A lecitina comercial obtida do óleo de soja cru, tem encontrado extensivo uso em produtos alimentícios, farmacêuticos, cosméticos, pinturas, borracha, petróleo e *nas* indústrias têxteis e de couro, FAO (22).

TABELA 4 - Porcentagem de ácidos graxos do óleo de soja, comparado com outros óleos comestíveis e gord.de manteiga.

Ácidos Graxos	Soja	Amendoim	Sésamo	Semente de Algodão	Côco	Gordura de Manteiga
SATURADOS						
Butírico	...	...	...	...	...	3,4
Capróico	...	...	...	...	0,5	2,0
Caprílico	...	...	...	...	9,0	1,1
Cáprico	...	...	...	...	6,8	3,2
Láurico	...	...	...	...	46,4	7,3
Mirístico	...	...	...	3,3	18,0	17,1
Palmítico	6,8	8,3	9,1	19,9	9,0	27,0
Estearico	4,4	3,1	4,3	1,3	1,0	48,0
Araquídico	0,7	2,4	0,8	0,6	...	...
Behênico	...	3,1	...	...	...	...
Lignocérico	0,1	4,1	...	...	...	...
INSATURADOS						
Oleico	33,7	56,0	45,4	29,6	7,6	31,7
Linoléico	52,0	26,0	40,4	45,3	1,6	2,4
Linolênico	2,3	...	...	...	...	...

2.3.3. Carbohidratos

Conforme se observa na Tabela 5, a soja contém cerca de 34% de carbohidratos, sendo que uma considerável proporção destes estão presentes como galactanas, pentosanas e hemicelulose de pouca utilização, Kawamura (40). É dito que somente cerca de 40% do total da fração de carbohidratos é biologicamente utilizável. Contrariamente às outras leguminosas, existe uma pequena ou nenhuma quantidade de amido na soja. Dentre os açúcares livres, a sacarose, rafinose e estaquiiose estão presentes em quantidades apreciáveis, FAO (22).

TABELA 5 - Composição de carbohidratos na soja integral.

Constituintes	Porcentagem
Celulose.....	4,0
Hemicelulose.....	15,0
Estaquiiose.....	3,8
Rafinose.....	1,1
Sacarose.....	5,0
Outros açúcares.....	5,1

2.3.4. Vitaminas

A soja é uma fonte de regular a boa de algumas vitaminas do complexo B, sendo o conteúdo de tiamina particularmente alto. Outras vitaminas presentes em quantidades significantes são as vitaminas E e K. A soja, entretanto, não contém vitaminas A, D e B₁₂. O conteúdo de vitaminas da soja é dado na Tabela 6, Shurpalekar (74).

TABELA 6 - Conteúdo de vitaminas da soja

Vitamina	Micrograma/grama de soja	
Tiamina.....	11,0	- 17,5
Riboflavina.....	3,4	- 3,6
Niacina.....	21,4	- 23,0
Piridoxina.....	7,1	- 12,0
Ácido pantotênico.....	13,0	- 21,5
Biotina.....	0,8	
Ácido fólico.....	1,9	
Inositol.....	2.300	
Colina.....	3.400	
Caroteno (provitamina A).....	0,18	- 2,43
Vitamina E.....	1,4	-
Vitamina K.....	1,9	

2.3.5. Minerais

O conteúdo de cinza da soja é moderadamente alto, cerca de 4,99%. A soja é rica em fósforo, ferro e magnésio, sendo uma fonte moderada de cálcio, Tabela 7, Morse (53). O fósforo e cálcio presentes são, entretanto, pouco utilizados em decorrência do alto conteúdo de ácido fítico existente na soja, Shurpalekar (74).

TABELA 7 - Conteúdo de minerais na soja

Constituintes	g/100g de soja
Cinza.....	4,99*
Potássio.....	1,67*
Sódio.....	0,343
Cálcio.....	0,275*
Magnésio.....	0,223
Fósforo.....	0,659*
Enxofre.....	0,406
Cloro.....	0,024
Ferro.....	0,0097
Cobre.....	0,0012
Manganês.....	0,0028
Zinco.....	0,0022
Alumínio.....	0,0007
Iodo.....	53,6**

* Calculado na matéria seca. Todos os outros na matéria seca do ar.

** micrograma/100g.

2.4. Fatores anti-nutricionais da soja

Osborne e Mendel (61) foram os primeiros a observar que as proteínas da soja, no estado natural, ou seja, crua, eram de qualidades nutricionais muito pobres e o calor úmido aumentava, consideravelmente, seu valor nutritivo. Esses autores observaram que ratos jovens, alimentados com dieta contendo o componente farinha de soja autoclavada, cresciam muito melhor do que aqueles alimentados com a mesma dieta, porém com a soja no estado natural. Antes do trabalho desses autores, a possibilidade de utilização da soja, em maior escala, na alimentação humana e animal, era encarada com reservas.

Os dois fatores anti-nutricionais mais importantes e mais estudados são: inibidores de tripsina e hemaglutininas.

2.4.1. Inibidores de tripsina

Bowman (12) e Ham e Sandstedt (31), foram os primeiros a fazerem referência de que, no extrato obtido de soja não tratada termicamente, havia uma substância que "in vivo", inibia a ação da tripsina sobre a caseína. Entretanto, essa substância tornava-se inativa quando o extrato era autoclavado ou então preparado com soja previamente submetida ao calor. Também pela diálise, havia perda da atividade antiproteolítica do inibidor. Esses autores atribuíram o baixo valor biológico das proteínas da soja crua, à presença do inibidor da tripsina. Na época, eles não obtiveram provas conclusivas quanto ao efeito retardatório do crescimento de animais alimentados com dieta contendo fração do inibidor de tripsina, por eles purificada. Desde a referência desses autores sobre a presença de um inibidor da tripsina em soja crua, considerável interesse foi despertado em torno da possibilidade do inibidor de tripsina atenuar o valor nutritivo das proteínas.

Kunitz (41,42) foi quem, pela primeira vez, cristalizou e isolou da soja um produto com forte atividade inibitória da tripsina. Mais tarde, o próprio Kunitz (43) caracterizou as propriedades do produto, mostrando sua forte afinidade pela tripsina e menor afinidade pela quimiotripsina. A esse produto foi dado o nome de "inibidor de tripsina" ou "fator antitripsina", que é uma proteína com propriedades de uma alfa globulina (com 16% de nitrogênio), precipitável com ácido tricloroacético (TCA), não dialisável, peso molecular cerca de 24.000 com um espectro máximo de absorção a 280 nanômetros, ponto isoelétrico a pH 4,5 e termolábil. Sua ação inibitória evidencia-se, apenas, no estado nativo, uma vez que o calor, ácidos ou álcalis destroem o seu poder inibitório.

Dois outros inibidores de tripsina altamente purificados, designados SBTIA₁ e SBTIA₂, foram isolados diretamente do extrato de soja por cromatografia em dietilamincetil celulose, por Rackis et al (66). Segundo os mesmos autores, esses inibidores diferem em propriedades físicas, conteúdo de nitrogênio e atividade inibitória de tripsina e que o SBTIA₂ é idêntico ao inibidor de tripsina da soja, cristalizado por Kunitz.

Birk et al (11) isolaram ainda outro inibidor de tripsina insolúvel em acetona, originalmente designado "inibidor purificado AA", mas atualmente referido por Frattali (24) como inibidor Bawman-Birk.

Rackis e Anderson (65) isolaram do extrato de proteína da soja, 4 inibidores de tripsina, SBTIB₁, SBTIB₂ e os previamente conhecidos SBTIA₁ e SBTIA₂, os quais foram altamente purificados por cromatografia em dietilamincetil celulose. Todos os componentes diferiram em procedimento cromatográfico, mobilidade eletroforética, coeficiente de sedimentação e atividade de inibitória da tripsina.

Yamamoto e Ikenaka (87) desenvolveram um método preparativo simples para obtenção de dois inibidores de tripsina.

O primeiro inibidor encontrado foi designado inibidor de Kunitz, por ser idêntico ao encontrado por Kunitz (43) e Rackis e Anderson (65). O segundo inibidor isolado, chamado de 1.9S., parece ser um novo inibidor, com peso molecular 16.400, contendo mais que 19% de cistina e carência de cisteína e glicina.

Frattali e Steiner (25) separaram do extrato de soja crua três inibidores de tripsina por cromatografia em dietilaminoetil celulose. Em adição ao já conhecido inibidor de Kunitz (referido como componente F₂, quando obtido no estado puro por cromatografia), dois outros inibidores, F₁ e F₃, foram isolados e caracterizados. Ao contrário dos outros inibidores de tripsina da soja, nem F₁ nem F₃ são inibidores estequiométricos de atividade triptica. Também F₁, como um inibidor de tripsina, é um inibidor moderado da quimiotripsina. F₁, F₂ e F₃ têm diferentes mobilidades eletroforéticas e diferentes pesos moleculares, de 18.000 a 24.000.

Segundo Rackis (68), existem atualmente pelo menos 10 inibidores de tripsina isolados da soja.

Westfall e Hange (83), estudando o valor nutritivo e o conteúdo de inibidor de tripsina da farinha de soja aquecida a várias temperaturas, concluíram:

1 - A eficiência protéica da farinha de soja aumenta na proporção direta da destruição do fator anti-tripsina pelo calor;

2 - A presença do inibidor de tripsina foi a causa principal da má utilização, por camundongo, da proteína da farinha da soja, que recebeu tratamento térmico inadequado;

3 - Autoclavando-se a 108°C por 15 a 30 minutos, obtém-se uma farinha de soja de ótima eficiência protéica, em ensaios com ratos, enquanto que, autoclavando-se a 120°C por 5 a 10 minutos, resulta em um produto sensivelmente mais pobre. Autoclavando-se por períodos superiores a 10 minutos a 120°C, ob

serva-se um decréscimo progressivo na eficiência protéica da farinha;

4 - Baseado nessas evidências, sugere-se que a determinação da potência do inibidor dos produtos de soja seja usada como um índice prático de tratamento térmico adequado, para aumentar a qualidade da proteína, indicando que tal tratamento não deve ser prolongado, além daquele requerido para a destruição do inibidor.

De acordo com Lyman e Lepkovsky (50) e Lyman (51), quantidades excessivas de enzimas pancreáticas são secretadas no intestino, algumas das quais excretadas nas fezes quando ratos ou pintos são alimentados com soja crua. A produção de enzimas e a quantidade liberada no intestino é 3 a 4 vezes maior, mas como a maior parte é eliminada nas fezes, o coeficiente real de digestão do material nitrogenado é baixo. Apesar do aumento da secreção de enzimas pancreáticas, observaram os autores que pintos alimentados com soja crua, absorvem somente 43 a 65% das proteínas, comparado com 92 a 97% retidos pelos pintos alimentados com a mesma dieta, contendo a soja previamente autoclavada.

De acordo com Rackis (67), os inibidores de tripsina podem ser facilmente inativados por tratamento com vapor. Aquecimento com vapor, por somente 15 minutos, foi suficiente para obtenção de um máximo de eficiência protéica e para inativar o inibidor de tripsina, em flocos completamente engordurados e desengordurados, com cerca de 0,254mm de espessura. A atividade do inibidor de tripsina da soja integral, com 20% de umidade, foi também facilmente destruída por tratamento com vapor, à pressão atmosférica por 20 minutos. Segundo o mesmo autor, a inativação do inibidor de tripsina pelo calor e outras condições de processamento, em vários produtos de soja, está relacionada com o tamanho da partícula e umidade inicial. Ferrier (23) afirma que os inibidores de tripsina do feijão de soja macerado (contendo 50 a 60% de umidade) podem ser destruídos e

bulição por 5 minutos.

Uma série de experimentos tem comprovado que os inibidores de tripsina são um dos fatores responsáveis pela má utilização das proteínas da soja crua e por quase todo efeito de hipertrofia pancreática em ratos jovens. Entretanto, do ponto de vista prático, os inibidores de tripsina não causam problemas em alimentos, uma vez que são destruídos facilmente pelo calor úmido, dependendo do tamanho da partícula, temperatura, duração do calor e umidade inicial, Rackis (67).

2.4.2. Hemaglutininas da soja

Vários termos têm sido usados para designar proteínas de plantas que aglutinam eritrócitos do sangue: fitohemaglutinina, fitoaglutinina e lectinas. Inicialmente, uma proteína aglutinadora isolada da soja foi chamada soyin, mas atualmente o nome hemaglutinina da soja é o preferido, Rackis (68).

A hemaglutinina da soja foi primeiramente isolada por Liener e Pallansch (45). Lis et al (48) encontraram quatro hemaglutininas da soja por cromatografia em coluna de dietilaminoetil celulose. As quatro hemaglutininas eram todas glicoproteínas, contendo manose e glucosamina. Em outro trabalho Lis et al (49) purificaram por cromatografia em fosfato de cálcio uma hemaglutinina da soja crua, contendo 45% de manose e 1% de glucosamida e peso molecular 110.000.

Quatro outras formas de hemaglutininas foram separadas por focalização isoelétrica por Catsimpoolas e Meier (15). As múltiplas formas de hemaglutininas encontradas foram designadas como A, B, C e D e seus pontos isoelétricos foram respectivamente, em pH 5,85, 6,00, 6,10 e 6,20. As quatro hemaglutininas foram demonstradas como sendo idênticas imunoquimicamente. A maior fração (forma B) era idêntica com aquela descrita por Liener e Pallansch (45) e dissociável em duas sub-unidades.

Segundo Liener (46), aproximadamente 6% das proteínas da soja consistem de, pelo menos, quatro glicoproteínas capazes de causar aglutinação dos eritrócitos do sangue. O mesmo autor afirma que a toxidez da hemaglutinina da soja é semelhante a de outras plantas. A LD₅₀ (dose que causa a morte de 50% dos animais testados) da hemaglutinina da soja, para ratos jovens, é cerca de 50 mg/kg, quando administrada intraperitonealmente, mas não tem ação letal quando administrada no tubo estomacal até nível de 500 mg/kg. Para ele, a hemaglutinina é responsável por cerca de 50% da inibição do crescimento dos ratos alimentados com soja crua.

O envolvimento direto de hemaglutinina é, no entanto, questionável, pois acredita-se que ela seja prontamente digerida pela pepsina gástrica, Jansen (38). Ademais, são moléculas tão grandes que possivelmente não podem ser absorvidas inteiras, afetando assim, os eritrócitos do sangue. Foi sugerido que combinam-se com as paredes celulares do intestino, inibindo, desse modo, a absorção de outros nutrientes, Jaffé (37).

De acordo com Wolf e Cowan (85), a hemaglutinina não apresenta problema em alimentos à base de soja, se sua preparação incluir adequado tratamento térmico em alguma etapa do processamento.

2.5/ Sabor e odor da soja

Em muitos países, o grande interesse no uso de alimentos à base de soja tem sido estimulado pelo alto valor nutritivo de suas proteínas, seu alto conteúdo em ácidos graxos poliinsaturados e o baixo custo de sua produção. Não obstante o grande interesse em alimentos de soja, o progresso em seu desenvolvimento tem sido mais baixo do que se poderia esperar. Isto é atribuído ao sabor e odor característicos da maioria dos produtos de soja, que são muito difíceis de serem removidos to

talmente, Smith e Circle (76).

Para Smith e Circle (76), o problema do sabor e odor tem sido difícil de resolver, por quatro razões: 1) por causa da pequena concentração dos componentes flavorizantes que ocorrem na soja crua, dificultando o seu isolamento, caracterização e outras investigações; 2) quando a estrutura celular da soja é quebrada no processamento, as enzimas naturais, tais como lipoxidases e lipases, tornam-se ativas e introduzem novos componentes flavorizantes, precursores de lipídios, no sistema; 3) os solventes usados para extração podem deixar resíduos e 4) o calor usado no processamento, pode estimular a interação entre alguns dos componentes menores com proteínas e outras formas, aumentando grandemente a dificuldade para sua identificação e eliminação.

Fujimaki et al (26) e Arai et al (7) estudaram os problemas do sabor e odor em detalhes, usando cromatografia de papel, camada fina e de gás, bem como luz ultravioleta e infravermelha e espectrometria de massa. Foi identificado um grande número de compostos orgânicos menores, que contribuiu para o sabor e odor da soja crua e de produtos processados. Os componentes de maior concentração encontrados na soja foram os álcoois, especialmente n-hexanol, responsável, em grande parte, pelo sabor e odor de feijão cru. Os álcoois e compostos carbonílicos parecem contribuir grandemente para sabor e odor de produtos desengordurados e isolado protéico.

Mattick e Hand (52), estudando os efeitos da atividade da lipoxidase sobre o sabor e odor do leite de soja, isolaram 80 compostos voláteis resultantes da atividade da lipoxidase e 40 desses foram identificados. A maioria desses compostos eram aldeídos, cetonas, álcoois e muitos compostos mencionados por Fujimaki et al (26). Para eles, 31 desses compostos têm algum efeito sobre o sabor e o odor e um, etilvinil cetona, foi mencionado como sendo o responsável pelo sabor e o

odor típico indesejável da soja.

De acordo com Fujimaki et al (27), preparações de proteína de soja têm um peculiar sabor e odor indesejável, que não é fácil remover completamente. Muito esforço tem sido feito para remover o sabor e o odor, incluindo tratamento térmico, extração por solvente, destilação a vapor ou a vácuo e tratamento químico, mas não tem sido encontrado um método completamente satisfatório.

Fujimaki et al (28) atribuíram esse amargor a aminoácidos livres, tais como isoleucina, leucina, fenilalanina e valina; também a 7 peptídeos caracterizados por terem leucina como aminoácido terminal. Através de tratamento com carboxipeptidase A, nesses peptídeos, o sabor amargo decresceu consideravelmente.

Rohr (72) demonstrou que o sabor e odor característicos da soja não estão presentes no grão original, mas são o resultado de processo enzimático originado principalmente pela lipoxidase. Ele notou que, quando as paredes celulares da soja são rompidas ou danificadas de alguma forma - na presença de umidade - o sabor e odor desagradáveis da mesma se desenvolvem com uma rapidez extraordinária. Afirma o autor que, uma vez desenvolvidos o sabor e odor, nunca mais é possível eliminá-los totalmente e nem mesmo mascará-los. Em seus estudos e experiências comprovou que alimentos preparados com soja podem apresentar um paladar agradável e neutro, uma vez inativadas as enzimas que estavam nela presentes.

2.6. Avaliação da eficiência do tratamento térmico

De acordo com Smith e Circle (77) o tratamento térmico úmido no processamento de produtos alimentícios derivados da soja, afeta a atividade das enzimas, odor, sabor, cor, valor nutricional e dispersibilidade da proteína em água.

Vários métodos foram desenvolvidos para avaliar a eficiência do tratamento térmico recebido pela soja durante processamento para obtenção de farinhas, "gritz", flocos, etc

Os dois mais comumente usados, atualmente, são Índice de dispersibilidade de proteína e atividade ureática, Pringl (64), Rohr (72), Smith e Circle (77), Wolf (86), Horan (33) Croston (20).

2.6.1. Índice de dispersibilidade de proteína

A desnaturação da proteína da soja pelo calor úmido é bem conhecida e tem sido largamente usada para eliminar os fatores anti-nutricionais no processamento de produtos alimentícios derivados da soja, Wolf (86). Na prática, esta desnaturação é medida empiricamente pela determinação do índice de solubilidade do nitrogênio (NSI) e índice de dispersibilidade de proteína (PDI) em água. O PDI é mais amplamente usado do que NSI, devido principalmente à maior rapidez em dispersar o material em água na operação de agitação, Horan (33). Ambos os métodos envolvem extração dos produtos de soja com água, seguida de centrifugação e determinação do nitrogênio do extrato, pelo método de Kjeldahl. Os métodos diferem principalmente na obtenção do extrato e no resultado obtido. No NSI, a agitação é feita vagorosamente por 2 horas, já no PDI a agitação é feita rapidamente, por 10 minutos, Wolf e Cowan (85).

Uma ampla revisão bibliográfica sobre métodos para determinação do PDI foi feita por Paulsen et al (62), que também desenvolveram um método usando um agitador denominado "Hamilton Beach Drinkmaster" nº 30. Para eles, a determinação do PDI deve ser feita levando em consideração o tempo de agitação, aumento de temperatura durante a agitação, velocidade de agitação, tipo de lâmina do agitador, pH da solução, tempo e velocidade de centrifugação, tamanho e moagem da amostra.

O índice de dispersibilidade de proteína, que é referido como o quociente das proteínas dispersíveis em água, multiplicado por 100 e dividido pelo total de proteínas da amostra, é convencionalmente usado para caracterizar a qualidade nutricional dos produtos de soja, tais como flocos, "gritz", farinhas, etc. O PDI pode ser controlado pelas variáveis: temperatura, tempo e umidade, Horan (33).

2.6.2. Atividade ureática

Caskey e Knapp (14), foram os primeiros a estudar um método para determinação de um tratamento térmico inadequado em produtos de soja, baseado na atividade da urease, uma enzima encontrada em alta concentração na soja crua.

Antunes (2) faz referência de que a determinação da atividade ureática da soja é importante, porque é um método simples e rápido da avaliação da eficiência do tratamento térmico, pois a urease apresenta resistência térmica semelhante a dos fatores anti-nutricionais, especialmente a do fator anti-tripsina. Os produtos de soja com alto teor de urease apresentam também alto teor de inibidores de tripsina e, conseqüentemente, têm baixo valor nutritivo.

Albrecht et al (1) compararam a rapidez de cozimento da soja em atmosfera de vapor e cozimento por imersão, levando em consideração a umidade inicial, tamanho da partícula e remoção da casca. A rapidez de cozimento foi correlacionada com inativação da urease, inibidores de tripsina e com o PDI. Eles verificaram que a umidade é o fator que mais influencia na rapidez de cozimento, bem como na inativação da urease, na inativação do inibidor de tripsina e no PDI. Segundo os mesmos autores, o cozimento por imersão da soja integral macerada em água à ebulição por 5 - 7 minutos, reteve um alto PDI, ao mesmo tempo inativando a urease e o inibidor de tripsina.

O método para determinação da atividade ureática, mais comumente usado, baseia-se em medir a mudança no pH, resultante da formação de amônia, quando o produto de soja é incubado com uma solução tamponada de uréia, Pringle (64).

Da atividade ureática residual após o tratamento térmico, pode-se obter também informações sobre o estado em que ficaram as proteínas do produto de soja. Uma atividade zero indica que provavelmente houve prejuízo na composição de suas proteínas. Atualmente, exige-se que a atividade ureática inicial seja reduzida por meio de tratamento térmico, até sua vigésima parte, permanecendo uma atividade residual de 0,05 a 0,15, Rohr (72).

Para Johnson (39), quando a atividade ureática dos produtos de soja processados pelo calor é abaixo de 0,15, o PDI geralmente é abaixo de 30. O autor afirma que se desejamos um produto de ótimo valor protéico, a atividade ureática deve estar próxima a 0,05, mas nunca inferior a este valor, e o PDI não deve estar abaixo de 5 por cento.

2.7. Processos para produção de farinha de soja integral

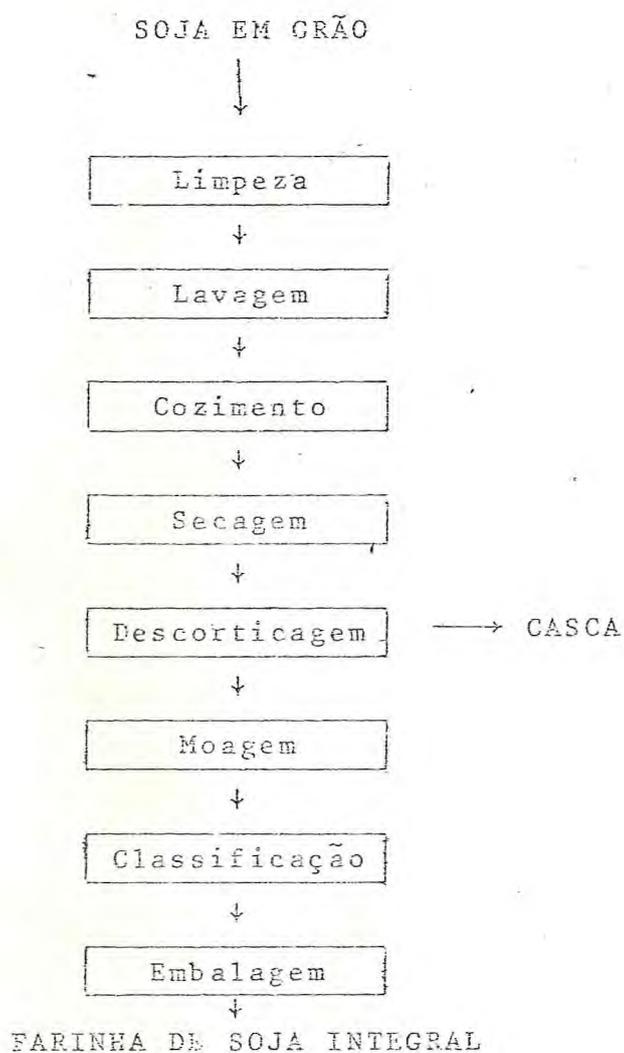
A farinha de soja desengordurada é definida como um produto de certa granulação, obtida por extração do óleo com solvente ou prensagem, de uma matéria prima selecionada, sem impurezas, sadia e descascada. Por outro lado, farinha de soja integral não é submetida a qualquer processo de extração e, por isso, contém todo o óleo originalmente presente nos grãos. O termo "farinha" significa que o material tenha sido finamente moído para passar através de uma peneira de 100 ("Mesh), Horan (33).

Horan (33) faz menção a diversos usos da farinha de soja integral: (a) considerável aplicação como emulsificante e estabilizante natural em muitos sistemas de alimentos; (b) extensivo uso em massas alimentícias (pastéis, bolos, biscoitos,

macarrões, etc.), substituindo ingredientes mais caros, como ovo, leite e gordura; (c) na fabricação de "baby food"; alimentos fortificados, etc., bem como em muitas aplicações especializadas na indústria de alimentos para animais. Basicamente, os mais utilizados processos de obtenção de farinha de soja integral são os seguintes:

2.7.1. Processo descrito por Pringle (64)

2.7.1.1. Fluxograma



2.7.1.2. Descrição das operações

Primeiramente, os grãos de soja sofrem uma limpeza a seco, com a finalidade de remover pequenos pedaços de pedra e de metais. Em seguida, os grãos são lavados para remover alguma impureza retida e cozinhados à pressão acima da atmosférica, em cozinhadores contínuos e acuradamente controlados para dar um tratamento térmico exato e constante.

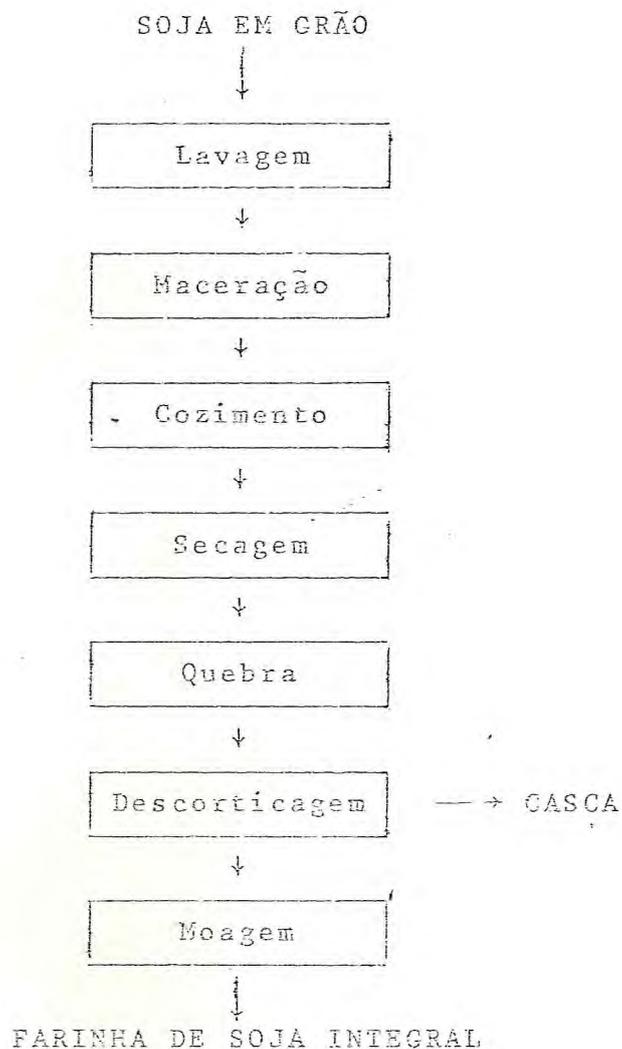
Depois da secagem, as cascas são removidas por um sistema de moinhos, peneiras e aspiradores, a fim de produzir endosperma puro. Este produto é então moído e classificado. A fração grossa é retornada ao moinho e a farinha é acondicionada nas embalagens.

2.7.1.3. Composição química da farinha de soja integral processada pelo método descrito por Pringle (64).

Componentes	Porcentagem
Proteína (N x 6,25)	40,5
Óleo (incluindo 2% de lecitina)	20,5
Umidade	6,6
Fibra	2,3
Cinza	4,5
Carboidratos (por diferença)	25,6
	100,0
PDI (Índice de Dispersibilidade de Proteína)	15-20%

2.7.2. Processo descrito por Mustakas (55)

2.7.2.1. Fluxograma



2.7.2.2. Descrição das operações

Os grãos de soja são primeiramente lavados e, em seguida, macerados por 4 a 6 horas em água pura, com temperatura em torno de 23°C. No final, os grãos terão aproximadamente o dobro do seu tamanho e mais que 40% de água.

Após drenar a água da maceração, a soja é cozida em água à ebulição por 10 minutos em recipiente aberto. A água drenada e a soja seca ao ar. Uma farinha de soja ideal é produzida na estação seca do ano. Se as condições de secagem natural forem inadequadas por causa do tempo úmido, a secagem deve ser feita com ar quente. A secagem natural completa deve ser feita de 30 a 36 horas. O conteúdo de água no final da secagem deve estar abaixo de 9% para permitir boa separação da casca na operação de quebra.

Os grãos de soja secos são quebrados, ficando as cascas livres dos cotilédones, o que possibilita sua remoção. As cascas são então separadas por um sistema de ventilação.

Finalmente, a soja descascada é moída para obter a farinha.

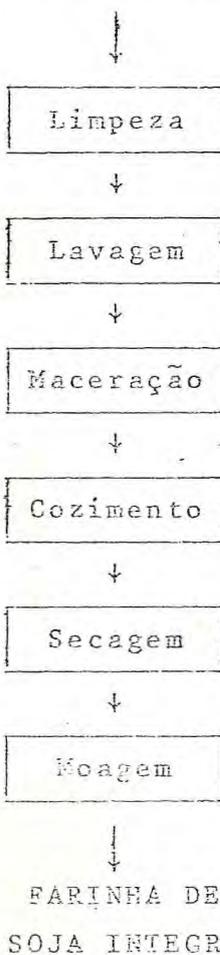
2.7.2.3. Composição química da farinha de soja integral processada pelo método descrito por Mutak (55).

Componentes	Variac
Proteína	41 a 42
Extrato etéreo	20 a 23
Cinza	5 a 7
Umidade	6 a 8
Fibra	2,5 a 3,6
Atividade ureática, mudança de pH	0,0 a 0,1
PDI (Índice de dispersibilidade de proteína)	15 a 20
Lisina disponível	6,0 a 6,5
PER ("Protein efficiency ratio")	2.0 (caseína 2.

2.7.3. Processo "Promo" descrito por Tango (82)

2.7.3.1. Fluxograma

SOJA EM GRÃO



2.7.3.2. Descrição das operações

Os grãos, depois de limpos, são lavados em máquinas convencionais utilizadas para limpeza de ervilhas. Em seguida, os grãos são macerados, cozidos em água a *ebulição*, secos e moídos. O processo "Promo" difere dos convencionais, porque os grãos não são descascados. O fabricante da firma Promo Ltda.,

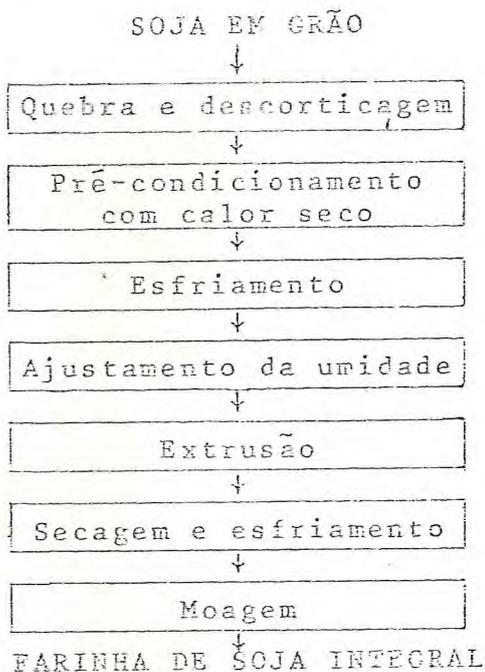
da Inglaterra, afirma que a fase de maceração, combinada com o método de cozimento, é responsável pela remoção das substâncias anti-nutricionais, produzindo uma farinha que tem alto valor nutritivo e sabor suave.

2.7.3.3. Composição da farinha de soja integral processada pelo método descrito por Tango (82).

Componentes	Porcentagem
Umidade	5
Matéria graxa	22
Proteína bruta	49
Fibra bruta	5
Carboidratos	19

2.7.4. Processo por extrusão descrito por Mustakas et al (54, 56, 57)

2.7.4.1. Fluxograma



2.7.4.2. Descrição das operações

Os grãos de soja, depois de limpos, são quebrados e descascados, por meio de peneira vibratória e aspiradores. O pré-condicionamento é feito por passagem da soja descorticada continuamente, através do pré-condicionador aquecido indiretamente, com vapor de 40 libras por polegada quadrada, por 6 a 8 minutos. Em seguida, o material é esfriado e umidificado com vapor direto, para atingir um teor de umidade entre 15 a 20%. O material é então cozido no extrusor, levado por meio de uma correia transportadora inclinada para um esfriador horizontal e passado por um moinho, para se obter uma farinha, cujas partículas (cerca de 95 a 98%) devem atravessar uma malha de 100 "Mesh".

2.7.4.3. Composição de uma farinha preparada por extrusão, Mustakas (57)

Componentes	Porcentagem
Umidade	3,5
Proteína bruta	44,10
Matéria graxa	20,28
Cinza	4,95
Fibra bruta	3,0
PDI (Índice de dispersibilidade de proteína)	18,2
Inibidor de tripsina destruído	95,5
Atividade ureática, mudança de pH	0,05
Granulação através de 100 "Mesh"	95,7

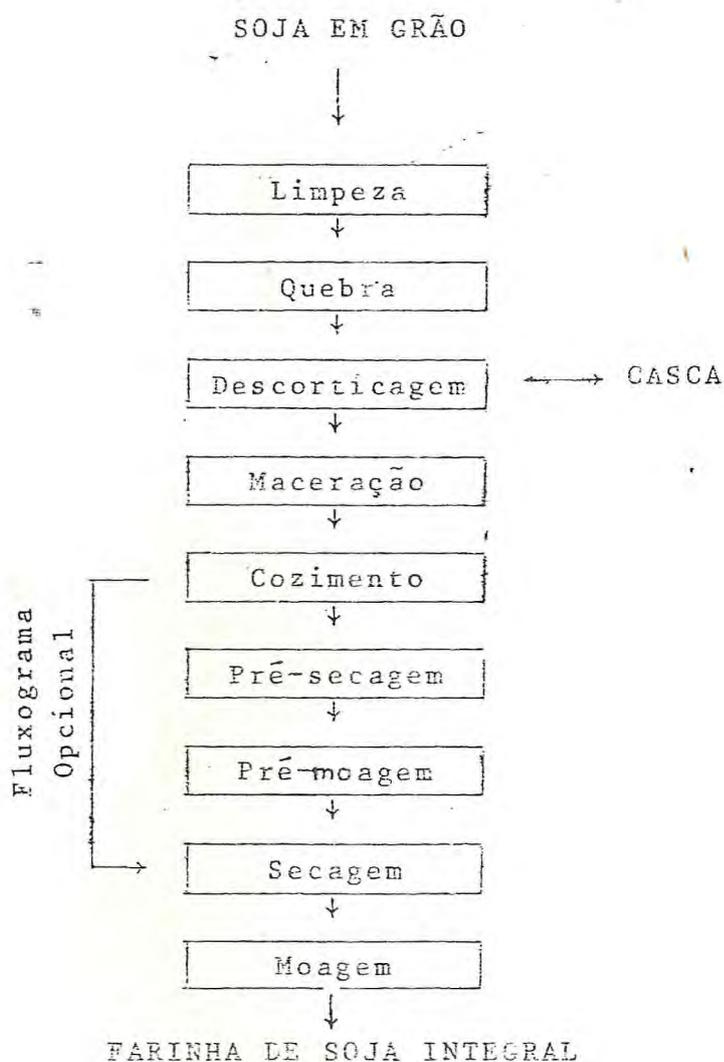
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Matéria prima

Neste trabalho foram utilizadas amostras de soja da variedade IAC-2, cultivada no ano de 1976, na Granja do Torto, da Fundação Zoobotânica do Distrito Federal.

3.2. Processo de obtenção de farinha de soja integral

3.2.1. Fluxograma



3.2.2. Descrição das operações

3.2.2.1. Limpeza

Os grãos de soja de boa qualidade e livres de contaminação sofreram uma limpeza a seco, com finalidade de remover pequenos pedaços de pedra e de metal. Esta operação foi efetuada por intermédio de uma peneira vibratória tipo 2, para classificação, fabricada pelas Indústrias de Máquinas D'Andréa S/A.

3.2.2.2. Quebra

A quebra foi feita em moinho de disco LILLA, tipo D-19, fabricado pela Cia. Lilla de Máquinas Indústria e Comércio, previamente ajustado para quebrar a maioria dos grãos em apenas duas partes.

3.2.2.3. Descorticagem

As cascas que se soltaram dos cotilédones por ocasião da quebra foram removidas por um sistema de peneiras e ventilação, denominado peneira de pré-limpeza conjugado com catador limpador, fabricado pelas Indústrias Máquinas D'Andréa S/A, funcionando da seguinte maneira:

a) A mistura de grãos quebrados, grãos inteiros que não se quebraram ao passarem pelo moinho e as cascas produzidas na operação de quebra, é despejada em um sistema de duas peneiras através de um elevador de caçamba;

b) A peneira superior, de malha grossa, separa os grãos inteiros, que saem por uma bica lateral;

c) A mistura de grãos quebrados de granulometria grossa e as cascas maiores, que passaram pela peneira superior, é retida pela peneira inferior e despejada no elevador que con

duz à parte mais alta da coluna de um separador por densidade. O produto ao descer, por gravidade, no interior da coluna, encontra em sentido contrário uma corrente de ar produzida pelo ventilador, que promove a suspensão das cascas, cuja saída é por meio de uma bica própria localizada na parte lateral inferior da coluna. Após a passagem pela primeira coluna, os grãos quebrados, ainda por gravidade, descem à segunda coluna, cuja saída se efetua pela bica localizada na outra lateral inferior da máquina (coluna);

d) Na quebra, os hypocótilos ($\pm 2\%$) soltam-se dos cotilédones e algumas partículas ($\pm 3\%$) são produzidas das diversas partes dos grãos. Essa mistura de granulometria fina, passa pelas peneiras superior e inferior, sendo coletada por uma bica localizada no fundo do sistema de peneiras.

3.2.2.4. Maceração

Os grãos quebrados e descorticados foram macerados em água a aproximadamente 23°C , por 2 horas.

3.2.2.5. Cozimento

Após drenagem da água de maceração, os grãos sofreram um cozimento em água à ebulição por 05, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos, em tacho aberto (pressão atmosférica), provido de camisa de vapor. Para isso, os grãos foram colocados em recipiente de aço inoxidável perfurado e mergulhados na água em ebulição. No tempo requerido, o recipiente, provido de alças, foi retirado do tacho, para que a água fosse drenada através dos furos.

3.2.2.6. Prê-Secagem

Os grãos cozidos e drenados sofreram uma centrifuga

ção à 3.000 rpm por 5 minutos, em uma centrífuga de cestos, marca Eletrolux, modelo - 23, de fabricação argentina, a fim de remover parte da água contida nos grãos.

3.2.2.7. Pré-Moagem

Os grãos parcialmente secos sofreram uma moagem relativamente fina (± 10 mesh) em moinho de discos, marca Lilla, Tipo D-19, fabricado pela CIA. LILLA de MÁQUINAS INDÚSTRIA E COMÉRCIO.

3.2.2.8. Secagem

O material procedente da pré-moagem foi espalhado em bandejas com fundo de tela e colocado em uma estufa de aquecimento elétrico, com circulação de ar, marca FABBE, modelo 171, a 60°C , por 6 horas.

3.2.2.9. Moagem

Após a secagem, o material foi esfriado e finalmente moído em moinho de martelos móveis, marca Renard.

3.3. Análise química

3.3.1. Umidade

A umidade foi determinada segundo o método recomendado pela AOAC (4), que consiste na desidratação da amostra em estufa a $100 - 105^{\circ}\text{C}$, até peso constante.

3.3.2. Proteína bruta

O teor de proteína bruta foi determinado de acordo

com método descrito nas Normas Analíticas do Instituto "Adolfo Lutz" (59), que se baseia na determinação do nitrogênio total pelo método de Kjeldahl. Neste método a matéria orgânica foi oxidada através de uma digestão com H_2SO_4 , catalizada por sulfato de cobre, sendo o nitrogênio existente reduzido a amônia.

A seguir fez-se uma destilação da amônia em meio alcalino, recebendo-a em uma solução de ácido sulfúrico 0,1 N, cujo excesso foi titulado com hidróxido de sódio de igual normalidade.

Levando-se em consideração que o nitrogênio presente numa proteína representa em média 16%, o valor numérico do nitrogênio total multiplicado por 6,25, representa teoricamente o teor de proteína bruta da amostra.

3.3.3. Matéria graxa

Determinou-se pelo método descrito nas Normas Analíticas do Instituto "Adolfo Lutz" (59), que consiste na extração da matéria graxa da amostra com éter etílico por 6 horas, usando-se para isso extrator de Soxhlet. A matéria graxa é colocada em balão (previamente seco por uma hora em estufa a $105^\circ C$, resfriado em dessecador até temperatura ambiente e pesado), e colocado em estufa a $105^\circ C$ até peso constante. O teor de matéria graxa é calculado pela diferença do peso do balão mais resíduo, e o peso do balão.

3.3.4. Cinza

Foi determinada, incinerando a amostra em mufla a $500 - 550^\circ C$ até peso constante, conforme o método recomendado pela AOAC (4). A diferença entre o peso da capsula de porcelana mais cinza e o peso da capsula, representa o teor de cinza da amostra.

3.3.5. Fibra bruta

Foi utilizado o método recomendado pela AOAC (4) que se baseia no tratamento da amostra desengordurada com H_2SO_4 e NaOH 1,25% e posterior lavagem da amostra com água à ebulição e álcool. O resíduo foi então seco em estufa a $130 \pm 2^\circ C$ até peso constante e finalmente incinerado em mufla a $600 \pm 15^\circ C$ e resfriado em dessecador. A porcentagem de fibra bruta é dada pelo peso do material orgânico incinerado, multiplicado por 100 e dividido pelo peso da amostra.

3.3.6. Açúcares totais

Os açúcares totais foram determinados segundo o método recomendado pela AOAC (4), que consiste na extração dos açúcares da amostra com água, inversão dos açúcares não redutores com ácido clorídrico e finalmente titulação com reagente de Fehling (solução cúprico-tartárica).

3.3.7. Açúcares redutores

Foram determinados pelo método recomendado pela AOAC (4), que se baseia na extração dos açúcares da amostra com água e titulação com reagente de Fehling (solução cupríco-tartárica).

3.4. Avaliação da eficiência do tratamento térmico

3.4.1. Atividade ureática

Foi determinada pelo método recomendado pela AOCS (6), que consiste em medir a mudança de pH, resultante da formação de amônia, quando a amostra de soja é incubada com uma so

lução tamponada de uréia, em banho-maria a 30°C por 30 minutos. O índice de atividade ureática é dado pela diferença de pH entre a amostra teste e o "branco" (amostra incubada com uma solução tampão de uréia a 30°C por 30 minutos).

3.4.2. Índice de dispersibilidade de proteínas (PDI)

Determinou-se segundo o método recomendado pela AOCS (6), que consiste na dispersão de 20g da amostra em 300ml de água, usando-se um liquidificador Hamilton Beach Drinkmaster nº 30, durante 10 minutos, a 8.500 rpm, seguido de centrifugação a 2.700 rpm e determinação da proteína total de uma alíquota pelo mesmo método descrito em 3.2.3. O índice de dispersibilidade de proteína é dado pelo quociente da porcentagem de proteína dispersa em água e porcentagem de proteína da amostra, multiplicado por 100.

3.5. Tiamina

O teor da tiamina foi determinado pelo método do tiocromo, recomendado pela AOAC (4), que consiste na extração e oxidação da tiamina, seguido de determinação fluorométrica.

3.6. Aminoácido

a) Método experimental. O método de análise usado foi desenvolvido por Reid (71) na Universidade do Arizona. A quantificação foi efetuada em analisador de aminoácidos automático, Beckmann modelo nº 121.

b) Amostragem. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos triplicados, colocadas em congelador a - 20°C por cerca de 60 dias e antes da análise foram moídas, para pas

sar em uma peneira de 60 mesh.

c) Reagente. Tioglicolato de sódio e tioglicol, grau analítico: Uma pequena quantidade de cada, foi colocada no tampão, para minimizar a conversão da metionina a sulfóxidos de metionina, durante a adição da amostra na coluna e durante a análise, Niederwieser e Pataki (58).

Tampão de citrato de sódio, pH 2,2: 19,6g de citrato de sódio foram dissolvidos em aproximadamente 400ml de água deionizada utilizando-se um beaker de um litro. Em seguida adicionou-se 16,5ml de ácido clorídrico concentrado e 5,0ml de tioglicol. Diluiu-se a aproximadamente 1.000ml com água deionizada e ajustou-se o pH a 2,2, usando-se ácido clorídrico e hidróxido de sódio. Transferiu-se para um balão volumétrico de 1.000ml e completou-se o volume até a marca, com água deionizada.

Equipamentos: Autoclave
Analisador de aminoácidos
Beckmann modelo nº 121

d) Procedimento:

1. Pesaram-se em quadruplicata 100mg de amostra em erlenmeyer de 125ml. Adicionaram-se 100mg de tioglicolato de sódio em duas amostras.

2. Adicionaram-se aproximadamente 20ml de HCl 6 N em cada frasco, cobrindo-os com um beaker invertido.

3. Autoclavou-se por 12 - 14 horas.

4. Transferiu-se quantitativamente cada amostra para um balão de fundo redondo de 250ml, usando-se água deionizada.

5. Secaram-se as amostras sob pressão reduzida à temperatura de 70°C.

6. Dissolveu-se o hidrolisado com 20ml do tampão

citrato de sódio pH 2,2.

7. Filtraram-se as amostras usando papel Whatmann nº 2 e coletando-se o filtrado em frascos. As amostras deveriam estar límpidas.

8. Diluíram-se as amostras com tampão, quando necessário.

9. Ajustou-se o pH para 2,2, quando necessário.

10. Deixaram-se as amostras decantar por uma noite em um refrigerador, antes de submetê-las à análise. Refil-tou-se ou pipetou-se, após centrifugação, uma amostra clara de cada frasco, para o aparelho analítico.

3.7. "Protein score"

O "protein score" foi calculado segundo o método proposto pela FAO, de acordo com a descrição de PIKE e BROWN (63), o qual se baseia na comparação do conteúdo de aminoácidos do alimento com o do ovo integral, considerado como proteína pa-drão para o método, e portanto, tendo um "protein score", igual a 100.

De acordo com a FAO o "protein score" foi calcula-do em três etapas:

1. Adicionaram-se as contribuições de todos aminoá-cidos essenciais, acrescentando-se a estes, cistina e tirosi-na.

2. Calcularam-se as porcentagens dos aminoácidos po-tencialmente limitantes da proteína.

3. Compararam-se as porcentagens dos aminoácidos com-ponentes da proteína em estudo, com as correspondentes percen-tagens destes na proteína em referência (ovo integral).

3.8. Avaliação biológica da qualidade protéica

3.8.1. NPR ("net protein ratio")

O NPR foi determinado segundo o método recomendado pela AOAC (5). Para cada experimento, foram utilizados 10 ratos engaiolados individualmente com água e ração "Ad Libitum", por um período de 10 dias. A sala do biotério foi mantida à temperatura de aproximadamente 22°C com luz das 7 às 21 horas.

3.8.2. PER ("protein efficiency ratio").

Utilizou-se o método recomendado pela AOAC (5). As condições do experimento foram as mesmas usadas para o NPR, com exceção do período, que foi de 28 dias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Etapas do processamento da farinha de soja integral

4.1.1. Limpeza

Através da limpeza, removem-se impurezas como: terra, sementes estragadas e estranhas, bem como pedaços de metais e de pedras que, quando presentes, danificam os moinhos por ocasião da quebra e moagem. No presente estudo essas impurezas foram removidas por um sistema de peneiras, existindo, entretanto, equipamentos com a mesma finalidade, que possuem peneiras, aspiradores e separadores magnéticos. A remoção de metais pode também ser efetuada através de moinhos equipados com separadores magnéticos, Orr e Adair (60) e Cowan (19).

4.1.2. Quebra

A maioria dos processos de obtenção de farinha de soja integral, que efetua a quebra com finalidade de soltar as cascas dos cotilédones, o faz, após secagem dos grãos tratados termicamente. No processo utilizado a quebra foi feita antes do cozimento, uma vez que os grãos, após o cozimento, sofrem uma moagem relativamente fina. Se os grãos estivessem com cascas, estas seriam também moídas, dificultando muito a sua remoção posterior.

Com a finalidade de evitar o desenvolvimento de sabores desagradáveis, resultantes da oxidação dos lipídios, após os rompimentos dos tecidos, segundo Rohr (72) e Ferrier (23), procurou-se quebrar a maioria dos grãos, cerca de 80%, em apenas duas partes (separação dos cotilédones).

Na quebra, aproximadamente 5% do total das cascas (8%) e os hipocótilos (2%) se soltam dos cotilédones. Há tam-

bem a formação de aproximadamente 2% de "grits", proveniente dos cotilédones, no momento da quebra.

4.1.3. Descorticagem

Na descorticagem houve a separação de três porções:

- | | |
|---|-----|
| a) Cotilédones com cerca de 3% de cascas..... | 91% |
| b) Cascas puras, aproximadamente..... | 4% |
| c) Mistura de hipocótilo (2%), casca ($\pm 1\%$) e mais cotilédones de granulometria fina (± 2), aproximadamente..... | 5% |

A porção (a) foi usada para o processamento da farinha e as outras foram desprezadas. Na indústria, as porções (b) e (c) são usadas para ração animal, após tratamento térmico e secagem, Smith et al (81).

O valor de 5%, para remoção das cascas está de acordo com Costa (18), indicando que durante o descascamento remove-se de 5 a 6% das cascas.

As cascas devem ser retiradas porque, além de aumentarem o teor de fibra do produto de soja, reduzem o conteúdo de proteínas e contribuem para a formação de pigmentos escuros, que são prejudiciais à aparência do produto, Smith (79).

4.1.4. Maceração

Após duas horas de maceração em água, a aproximadamente 25°C, os grãos de soja absorveram 1,1g de água/g de soja. Como a soja crua contém cerca de 8% de umidade, após a maceração apresentou aproximadamente 56%, sendo 52% de água absorvida.

No processo de obtenção de farinha de soja integral

apresentado por Mustakas (55), que usa a maceração como uma das etapas de processamento, o tempo necessário para absorção de a proximadamente 1 g de água por g de soja em grão, à temperatura de 23°C, é de 4 a 6 horas.

Acredita-se que a razão principal da redução do tempo de maceração, seja devida à retirada da casca e à diminuição do tamanho dos grãos de soja, por ocasião da quebra, aumentando desta forma, a superfície de contato com a água e, consequentemente, aumentando a rapidez de absorção. Tais suposições são reforçadas por Costa e Arkcoll (18), afirmando que a soja descorticada necessita de 90 minutos de maceração para apresentar absorção máxima.

A rapidez de absorção da água pela soja pode ser aumentada de várias maneiras, dentre elas:

a) Adicionando-se, à solução de maceração, polifosfatos, que provavelmente, aumentam a permeabilidade das membranas celulares;

b) Aumentando-se a temperatura do meio, que provocará a aceleração de todas as reações de intercâmbio entre os grãos e o líquido de maceração, Hinojosa Gutierrez (29).

A maceração é necessária para uniformizar o cozimento, FAO (22), e torná-lo mais rápido, Albrecht (1).

De acordo com Ferrier (23), a maceração e cozimento removem cerca de 1/3 de oligossacarídeos da soja, alguns dos quais responsáveis pela produção de gás intestinal. Pequena quantidade de proteína (cerca de 1%) também é perdida durante a maceração e cozimento.

4.1.5. Cozimento

A finalidade do cozimento é a eliminação de fatores negativos e anti-nutricionais contidos na soja crua, com a con

sequente melhoria de suas qualidades nutritivas e organolépticas. Entretanto, as condições de cozimento devem ser adequadas, pois, um excesso de calor causa uma diminuição de valor nutritivo, em consequência da destuição parcial de alguns aminoácidos essenciais, pela formação de cadeias polipeptídicas não hidrolisáveis e pela perda de considerável parte de tiamina, Rohr (72). No processo de cozimento deve-se levar em consideração a temperatura inicial dos grãos de soja, tamanho dos grãos e tempo de cozimento.

Os grãos descorticados, apresentando aproximadamente 56% de umidade, foram cozidos em água à ebulição por 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos, a fim de se determinar o tempo adequado de cozimento, cuja adequação foi determinada pela atividade ureática e PDI (Índice de dispersibilidade de proteína).

Baseando-se na afirmativa de vários pesquisadores, Johnson (39), FAO (22), Horan (33), Rohr (72), o valor proteico de produtos de soja pode ser avaliado, determinando-se os teores de atividade ureática e índice de dispersibilidade de proteína (PDI). A Tabela 8 apresenta resultados de PDI e atividade ureática da soja crua, descorticada, macerada e cozida por diversos tempos. A farinha que foi submetida à ebulição por 5 minutos, apresentou resultados de PDI e atividade ureática mais coerentes com a literatura, Mustakas (5), Horan (33), Rohr (72), bem como confirmam a afirmativa de Ferrier (23) de que os inibidores de tripsina, hemaglutininas e outros fatores tóxicos presentes na soja crua, são inativados em água à ebulição por 5 minutos, se os grãos contêm de 50 a 60% de umidade.

4.1.6. Prê-Secagem

A finalidade da pré-secagem é a de retirar parte da água contida nos grãos de soja, no sentido de possibilitar a pré-moagem e, conseqüentemente, aumentar a superfície de aque-

TABELA 8 - Atividade ureática e Índice de dispersibilidade de proteína das amostra de soja integral crua, descorticada, macerada e farinhas cozidas à ebulição 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos.

A M O S T R A S	ATIVIDADE UREÁTICA* (VARIAÇÃO DE pH)	ÍNDICE DE DISPERSIBILIDADE DE PROTEÍNA (PDI)
Soja integral	2,2	92,7
Soja descorticada	2,2	93,2
Soja macerada	2,2	84,1
Farinha cozida a ebulição por 5 minutos	0,1	15,7
Farinha cozida a ebulição por 10 minutos	0,0	10,5
Farinha cozida a ebulição por 15 minutos	0,0	8,7
Farinha cozida a ebulição por 20 minutos	0,0	8,5
Farinha cozida a ebulição por 25 minutos	0,0	7,8
Farinha cozida a ebulição por 30 minutos	0,0	7,4

(*) Resultado expresso na matéria seca.

cimento. Sem a pré-secagem, a pré-moagem seria dificultada pela formação de grumos causada pelo excesso de umidade.

4.1.7. Pré-Moagem

Com a retirada de 20% de umidade contida nos grãos de soja, foi possível fazer uma moagem com granulometria de aproximadamente 10 mesh, aumentando desta forma a superfície de aquecimento, que causará uma diminuição no tempo de secagem.

4.1.8. Secagem

Com a retirada de parte da água contida nos grãos e a diminuição do tamanho dos grãos, foi possível secar o produto até 3% de umidade, em apenas 6 horas, à 60°C, em estufa com circulação de ar.

4.1.9. Moagem

Em geral, a moagem no processamento de farinha de soja integral é realizada em moinhos de pinos tipo "Alpine", devido a sua alta concentração em gordura. A moagem foi feita em moinho de martelo fixo, marca Renard. Cerca de 98% da farinha obtida passou em uma peneira de 100 mesh.

Para Arkcool (9), a moagem é necessária, uma vez que as células individuais são protegidas por uma complexa mistura de polissacarídeos não digestíveis. Estes são responsáveis por 15% do peso do grão e podem ser uma das razões da menor digestibilidade das proteínas de origem vegetal, em comparação com as de origem animal. Desta forma, com a fina moagem utilizada, as proteínas tornam-se mais disponíveis.

4.2. Tiamina (vitamina B₁)

Os teores de tiamina são apresentados na Tabela 9. Verifica-se que houve uma perda acentuada de tiamina quando as amostras receberam tratamento térmico. Entretanto, como as necessidades desta vitamina para o corpo humano são proporcionais, a partir de certo limite, ao conteúdo calórico da alimentação, e como a necessidade mínima é de 0,2 mg/1000 calorias, Harper (32), apenas 125 gramas de farinha de soja integral, cozida à ebulição por 5 minutos, podem suprir 100% do mínimo requerido para adultos a um nível de 3.000 calorias, considerando-se esta inclusão de farinha, a uma dieta bem balanceada em seus componentes glicêmicos, lipídicos e protéicos.

4.3. Composição centesimal

A. Tabela 10 apresenta a composição centesimal das amostras de soja crua integral, descortificada, macerada e das farinhas cozidas à ebulição por 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos.

O aumento nas porcentagens de proteína, cinza, matéria graxa, açúcares totais, açúcares redutores e açúcares não redutores, da amostra de soja descortificada em relação a amostra de soja integral, é devido à diminuição do teor de fibra, provocada pela retirada de parte da casca da soja integral.

O aumento das porcentagens de proteína, matéria graxa e fibra nas amostras de soja macerada e nas farinhas cozidas à ebulição por 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos, em relação às amostras de soja crua integral e descortificada, é devido à perda de parte da cinza e dos açúcares, que foram solubilizados pela água de maceração e água de cozimento.

Com exceção do teor de fibra, todos os outros componentes da farinha processada à ebulição, por 5 minutos, não a-

A 9 - Quantidade de Tiamina das amostras de soja integral crua, descortificada, macerada e das farinhas cozidas à ebulição por 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos

S T R A S	mg/100 g*
Integral	1,006
descortificada	1,164
macerada	0,990
Soja cozida à ebulição por 5 minutos	0,480
Soja cozida à ebulição por 10 minutos	0,403
Soja cozida à ebulição por 15 minutos	0,368
Soja cozida à ebulição por 20 minutos	0,250
Soja cozida à ebulição por 25 minutos	0,296
Soja cozida à ebulição por 30 minutos	0,222

* 100 g, na matéria seca.

TABELA 10 - Composição centesimal das amostras de soja crua integral, descorticada, macerada e das farinhas cozidas à ebulição por 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos.

Componentes g/100 da Amostra*	A M O S T R A S									
	S ₁	S ₂	S ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	
Proteína	39,5*	41,1	43,9	47,7	48,0	48,2	48,2	48,7	48,6	
Matéria graxa	23,3	24,3	25,9	24,5	24,9	25,1	25,4	25,0	25,3	
Cinza	5,6	5,8	5,0	4,1	3,6	3,4	3,2	3,2	3,0	
Fibra	8,1	3,1	3,7	3,9	4,1	4,0	4,1	4,3	4,3	
Açúcares totais	12,3	12,7	6,5	4,9	4,7	4,2	3,7	3,3	2,9	
Açúcares redutores	2,1	2,3	1,5	1,3	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	
Açúcares não redutores	10,2	10,4	5,0	3,6	3,4	2,9	2,5	2,2	1,2	

* Porcentagem na matéria seca.

S₁ = soja integral, S₂ = soja descorticada; S₃ = soja descorticada e macerada.

F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ e F₆ = farinha processada à ebulição por 5, 10, 15, 20 e 30 minutos.

presentam diferenças aparentes, em relação aos valores apresentados na literatura, (34), (55), (57), (82). O teor de fibra a apresenta-se mais elevado, em decorrência da perda de alguns componentes solúveis durante a maceração e cozimento.

4.4. Características organolépticas

A farinha cozida em água à ebulição por 5 minutos, apresentou uma cor bem mais clara que os outros tratamentos. O escurecimento foi diretamente proporcional ao tempo de cozimento.

Teste realizado no sentido de se estudar a perda do sabor e odor característicos da soja crua, mostrou que as farinhas processadas não apresentaram nenhum odor e apenas traços do sabor.

4.5. Aminoácidos.

A porcentagem do total de aminoácidos é dada na Tabela 11. O resultado foi expresso desta forma, por possibilitar um melhor estudo comparativo, entre os diversos tratamentos.

Com exceção do resultado errático de cistina, não houve diferenças marcantes entre os resultados de aminoácidos da soja descorticada (S₂) usada para o processamento e a farinha cozida à ebulição por 5 minutos.

Entre os tratamentos, com exceção de alguns resultados erráticos do tratamento (F₅), pode-se considerar que não houve diferenças acentuadas.

4.6. "Protein Score"

O "Protein Score" para a farinha de soja integral co

TABELA 11 - Conteúdo de aminoácidos das amostras de soja integral descorticada, macerada e das farinhas de soja integral cozida à ebulição por 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos (g/100g de aminoácidos).

Aminoácidos	S ₁	S ₂	S ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
Lys	7,2	6,8	6,9	6,5	6,8	6,8	6,9	5,9	6,9
His	3,0	2,8	2,9	2,7	2,8	2,8	2,9	2,5	2,9
Arg	7,1	7,8	7,7	7,7	8,2	8,1	8,2	7,1	8,4
Asp	12,1	12,0	12,0	11,9	11,5	11,5	11,7	11,6	11,2
Thr	4,1	3,7	3,8	3,6	3,5	3,5	3,7	3,1	2,9
Ser	4,8	4,7	4,7	4,7	4,6	4,5	4,6	4,2	4,2
Glu	18,5	19,3	18,9	18,9	18,7	18,7	18,6	19,4	19,0
Pro	4,7	4,7	4,7	4,8	4,7	4,7	4,5	4,9	4,7
Gly	4,4	3,9	3,9	3,9	3,7	3,6	3,9	3,6	3,5
Ala	4,5	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,5	4,4
Cys	1,8	1,6	1,9	2,1	2,0	2,1	2,0	2,0	1,7
Val	5,2	5,1	5,1	5,2	5,2	5,2	5,1	5,4	5,3
Met	1,2	1,4	1,6	1,3	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4
Iso	5,3	5,2	5,1	5,2	5,2	5,3	5,1	5,5	5,5
Leu	8,6	8,7	8,6	8,8	8,9	9,0	8,7	9,6	9,4
Tyr	2,3	2,7	2,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,7
Phe	5,2	5,4	5,2	5,5	5,6	5,6	5,4	6,0	5,9
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

S₁ = soja integral; S₂ = soja descorticada; S₃ = soja macerada.

F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ e F₆ = farinha cozida à ebulição por 5, 10, 15, 25 e 30 minutos respectivamente.

TABELA 12 - Conteúdo de aminoácidos e "Protein Score"..

Alimento	Iso	Leu	Lys	Phe	Tyr	Total de Aminoácidos Sulfurados	Thr	Val.	Total dos Aminoácidos Essenciais
1. Conteúdo de Aminoácidos (mg/g N)									
Farinha cozida à ebulição por 5 minutos.	339	572	419	355	199	255	234	335	2678
Ovo integral	415	553	403	365	262	346	317	454	3115
2. Percentagem do total de aminoácidos essenciais									
Farinha cozida à ebulição por 5 minutos.	12,7	21,3	15,6	13,3	7,4	8,4	8,8	12,5	100
Ovo integral	13,3	17,8	13,0	11,7	8,4	11,1	10,1	14,6	100
3. "Protein Score" para aminoácidos									
Farinha cozida à ebulição por 5 minutos.	95,4	>100	>100	>100	88,1	75,7	87,1	85,6	

zida à ebulição por 5 minutos, apresentado na Tabela 12, está de acordo com Pike e Brown (63) para alimentos a base de soja.

4.7. Avaliação biológica da qualidade protéica

Os resultados de NPR (net protein ratio) e PER (protein efficiency ratio), para a farinha de soja integral cozida à ebulição por 5 minutos, apresentados na Tabela 13, confirmam os dados químicos de que os fatores anti-nutricionais foram destruídos totalmente ou a um nível bastante elevado, sem prejuízo de suas proteínas. O resultado de PER está coerente com a literatura, para a farinha de soja integral, Mustakas (54) e Mustakas (55).

O resultado de NPR não é aqui comparado em relação a outras farinhas de soja integral, por falta de dados na literatura.

TABELA 13 - NPR ("net protein ratio") e PER (protein efficiency ratio) das amostras de caseína e da farinha de soja integral cozida à ebulição por 5 minutos.

Amostras	NPR	PER
Caseína	4,00	2,50
Farinha de soja integral cozida à ebulição por 5 minutos	3,56	2,06

5. CONCLUSÕES

1. No processamento de farinha de soja integral, o tempo de maceração, de cozimento e de secagem, pode ser consideravelmente diminuído, se a descorticagem for efetuada antes dessas etapas.
2. A maceração proporciona um cozimento mais uniforme e mais rápido.
3. A pré-secagem, retira parte da água contida nos grãos de soja e possibilita uma moagem parcial, aumentando desta forma a superfície de evaporação. Deste modo há uma diminuição no tempo de secagem.
4. Com base nas evidências acima, acredita-se que no processamento de farinha de soja integral, objeto do presente estudo, haja uma economia considerável de energia quando comparado aos outros processos que utilizam uma etapa de tratamento térmico.
5. Os resultados dos testes feitos com ratos, PER (protein efficiency ratio) e NPR (net protein ratio), confirmam os resultados químicos, para a farinha de soja integral cozida à ebulição por 5 minutos, de que os fatores anti-nutricionais foram destruídos - totalmente ou a um nível bastante elevado - sem prejuízo de suas proteínas.
6. Os resultados de aminoácidos indicam que não houve perdas consideráveis dos mesmos, entre a soja descorticada usada para o processamento e a farinha cozida à ebulição por 5 minutos.
7. O processo de obtenção de farinha de soja integral, aqui apresentado, utiliza em todas as etapas equipamento nacional. É de fácil produção e de baixo custo operacional, a apropriado para fazendas, pequenas e médias indústrias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBRECHT, W. J. et al. - Rate studies on atmospheric steaming and immersion cooking of soybeans. Cereal, Chem., 43: 400-07, 1966.
2. ANTUNES, P. L. - Algumas propriedades físico-químicas e nutricionais das proteínas de soja. Campinas, 1974, 93 p. Tese de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Faculdade de Tecnologia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas.
3. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. - Secretaria de Planejamento da Presidência da República - Fundação IBGE, 1976, p.172
4. A.O.A.C - Association of Official Agricultural Chemists, "Official Methods of Analysis". Ass. off. Agr. Chem., Washington D.C. 1965.
5. A.O.A.C - Association of Official Agricultural Chemists, "Official methods of analysis" Ass. Off. Agr. Chem., Washington D.C., 1976.
6. A.O.C.S. - Official methods of analysis of the American Oil Chemist's Society. American Oil Chemist's Society, Chicago, 1971.
7. ARAI, S. et al. - n-Hexanal and some volatile alcohols; their distribution in raw soybean tissues and formation in crude soy protein concentrate by lipooxygenase. Agr. Biol. Chem., 34: 1420 - 23, 1970.
8. ARAI, S. et al. - Applying proteolytic enzymes on soybean: 6. Deodorization effect of aspergillopeptidase A and debittering effect of aspergillus acid carboxypep

- tidase. J. Food Sci., 35: 392 - 95, 1970.
9. ARKCOLL, D. V. - Inibidores nutricionais da soja. - Bol. Inst. Tec. Alim., 48: 31 - 51, 1976
10. BIRK, Y. - Chemistry and nutritional significance of proteinase inhibitors from plant sources. Ann. N. Y. Acad. Sci. 140: 388 - 99, 1968.
11. BIRK, Y. et al. - A pure trypsin from soya beans. Biochem. J., 87: 281 - 84, 1963.
12. BOWMAN, D. E. - Fractions derived from soybeans and navy beans which retard tryptic digestion of casein. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 57: 139 - 40, 1944.
13. CARLSON, J. B. - Morphology in: CALDWELL, B. E. - Soybeans: improvement, production and uses. Madison, The American Society of Agronomy, Inc., 1976, p. 17 - 95.
14. CASKEY, Jr., C. D. & KNAPP, F. C. - Method for detecting inadequately heated soybean oil meal. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 16: 640-41, 1944.
15. CATSIMPOOLAS, N. e MEYER, E. W. - Isolation of soybean hemagglutinin and demonstration of multiple forms by isoelectric focusing. Arch. Biochem. Biophys., 132: 279 - 35, 1969.
16. COSTA, S. I. et al. - Composição química e qualidades organolépticas e nutricionais das principais variedades de soja cultivadas no Estado de São Paulo. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, 5: 305 - 19, 1973/1974.
17. COSTA, S. I. - Farinha de soja desengordurada. Bol. Inst.

Tecn. Alim., 29: 47 - 59, 1972.

18. COSTA, S. I. & ARKCOLL, D. B. - The Industrial production of an organoleptically acceptable soybean milk. In: soy bean production, protection, and utilization urbana. - Champaign, Internacional Agricultural Publication, march 1975, p. 174 - 77.
19. COWAN, J. C. - Processing and products, In: CALDWELL, B. E. - soybeans: improvement, production and uses. Madison, the American Society of Agronomy, Inc., 1973, p. 619 - 64.
20. CROSTON, C. B. et al. - Measurement of urease activity in soybean oil meal. J. Am. Oil Chem. Soc., 32: 279 - 82, 1955.
21. FAO. - Amino-acid content of foods and biological data on proteins, Rome, 1968.
- (22. FAO. - Technology of production of edible flours and protein from soybean, Rome, 1971, p. 1 - 151.
23. FERRIER, L. K. - Simple processing of whole soybean. In: Soybean production, protection and utilization. Urbana - Champaign, Internacional Agricultural Publication, I:STSOY SÉries Number 6, March 1975, p. 178 - 88.
24. FRATTALI, V. - Soybeaninhibitors. III. Properties of a Low molecular weight soybean proteinase inhibitor. I. Biol. Chem., 244, 274 - 80, 1969.
25. FRATTALI, V. & STEINER, R. F. - Soybean inhibitors. Separation and some properties of three inhibitors from comercial crude soybean trypsin inhibitor. Biochem., 7: 521 - 30, 1968.

26. FUJIMAKI, M. et al. - Fundamental investigations of proteolytic enzyme application to soybean protein in relation to flavor. Dept. Agr. Chem. Univ. Tokyo. USDA Final Rept. Ur- A11-(40)-8 for period Oct. 1964 - Mar. 1969.
27. FUJIMAKI, M. et al. - Applying proteolytic on soybean: 1. Proteolytic enzyme treatment of soybean protein and its effect on the flavor. Food Techn., 22:889-93, 1968.
28. FUJIMAKI, M. et al. - Applying proteolytic on soybean: 3. Diffusible bitter peptides and free amino acids in peptic hydrolyzate of soybean protein. J. Food Sci., 35: 215.18, 1970.
29. HINOJOSA GUTIERREZ, R. L. - Contribuição ao estudo da extração e concentração do leite de soja. Campinas, 1974, 49p. Tese de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas.
30. GOMES, P. - Soja. São Paulo, Livraria Nobel S.A., 1975, 152p.
31. HAM, W. & SANDSTEDT, R. M. - A proteolytic inhibiting substance in the extract from unheated soybean meal. J. Biol. Chem., 154: 505-06, 1944
32. HARPER, H. A. - Review of physiological Chemistry. Los Altos, Lange Medical Publications, 1969, p.100-01.
33. HORAN, F. E. - Soy protein products and their production. J. Am. Oil Chem. Soc., 51: 67A - 73A, 1974.
34. HORAN, F. E. - Defatted and full-fat soy flours by conventional processes. In: Proceedings of international

- conference on soybean protein foods. - Agr. Res. Serv., Washington - DC, 71 - 35, May; 129 - 133. 1967.
35. HOSSELTINE, C. W. & WANG, H. L. - Fermented soybean food product. In: SMITH, A. K. & CIRCLE, S. J. - Soybeans: Chemistry and technology. Westport, The Avi Publishing Co., Vol I, 1972, p. 389 - 419.
36. HOWELL, R. W & CALDWELL, B. E. - Genetic and other biological characteristics In: SMITH, A. K & CIRCLE, S. J. - Soybeans: Chemistry and technology. Westport, the AVI Publishing Co., Vol I, 1972, p. 27-59.
37. JAFFÉ, W. G. - Hemagglutinins. In: LIENER, I. E. - Toxic constituents of plant foodstuffs. Academic Press. New York, p. 69 - 105, 1959.
38. JANSEN, G. R. - AMINO acid supplementation of legumes. In: U.S.A.I.D. Meeting on nutritional aspects of legumes. Ribeirão Preto, 1973.
39. JOHNSON, D. W. - Soybean processing, products, characteristics and use. In: soybean production, protection, and utilization: Urbana - campaign, International Agricultural Publications, INSTSOY Series Number 6, March 1975, p. 157 - 173.
40. KAWAMURA, S. - Review of PL 480 Work on soybean carbohydrates. In: Proceeding of international conference on soybean protein foods. A.R.S. - 71 - 35, USDA, 1967, p. 249.
41. KUNITZ, M. - Crystallization of a trypsin inhibitor from soybean. Sci., 101: 668 - 669, 1945
42. KUNITZ, M. - Crystalline soybean trypsin inhibitor. I.

- Method of isolation. J. Gen. Physiol., 29: 149- 54 -
1946.
43. KUNITZ, M. - Crystalline soybean trypsin inhibitor. II.
General properties. J. Gen. Physiol., 30: 291 - 310,
1947.
44. LIENER, I. E. - Inactivation studies on the soybean he-
magglutinin. J. Biol. Chem., 233: 401 - 05, 1958
45. LIENER, I. E. & PALLANSCH, M. J. - Purification of a to-
xic substance from defatted soybean flour J. Biol.,
Chem., 197: 29 - 36, 1952.
46. LIENER, I. E. - Soyin, a toxic protein from the soybean.
J. Nutr., 49: 527 - 540, 1953
47. LIENER, I. E. - Toxic substances associated with seed
proteins. In: GOULD, R. F., "World protein resources"
- Washington, D. D., American Chemical Society, 1966 -
p. 178-193.
48. LIS, H. et al. - Multiple Hemagglutinins in soybean.
Arch Biochem. Biophys., 117: 301 - 09, 1966.
49. LIS, H. et al. - Soybean hemagglutinin, a plant glyco-
protein. J. Biol. Chem., 241: 684-89, 1966.
50. LYMAN, R. L. & LEPKOVSKY, S. - The effect of raw soybean
meal and trypsin inhibitor diets on pancreatic enzyme
secretion in the rat. J. Nutr., 62: 269 - 84, 1957.
51. LYMAN, R. L. - The effect of raw soybean meal and trypsin
inhibitor diets on the intestinal and pancreatic ni-
trogen in the rat. J. Nutr., 62: 285 - 94, 1957.
52. MATTICK, L. R. & HAND, D. B. - Identification of a vala-

- tile component in soybeans that contributes to the raw bean flavor. J. Agr. Food. Chem., 17: 15-17, 1969.
53. MORSE, W. J. - Chemical composition soybean seed. In: MARKLEY, K. S. - Soybeans and soybean products. Vol. 1 New York, Interscience Publishers, Inc, 1950, p.148.
54. MUSTAKAS, G. C. et al. - Extruder-processing to improve nutritional quality, flavor and keeping quality of full-fat soy flour. Food. Techn., 24: 102-08, 1970.
55. MUSTAKAS, G. C. et al. - Full-fat soya flour by simple method for villages. Agr. Res. Serv., USDA, ARS. 71 - 34, 1967.
56. MUSTAKAS, G. C. et al. Full-fat soybean flours by continuous extrusion cooking. Am. Chem. Soc. Advan. Chem. Serie 57: 101 - 11 - 1960.
57. MUSTAKAS, G. C. & GRIFFIN, J. R. - Production and nutritional evaluation of extrusion - cooked full-fat soybean flour. J. Am. Oil Chem. Soc., 41: 607-74, 1964.
58. WIELSCHLAGER, A. & PATARI, G. - New techniques in amino acid, peptide and protein analysis. Michigan. Ann Arbor Science Publishers Inc., 1971. 475p.
59. NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO "ADOLFO LUIZ" - São Paulo, Vol. I. - 1967, 319p.
60. ORR, E. & ADAIR, D. The manufacture of protein flours by Standard oil milling processes. Tropical Products Institute 56/62. Grays Inn Road London, WC 1, 1967, p.21-28.
61. OSBORNE, T. B. & MENDEL, L. B. - The use of soybean as

- food. J. Biol. Chem., 32: 369 - 87, 1917.
62. PAULSEN, T. M. et al. - Determination of water-dispersible protein in soybean oil meals and flours. J. Am. Oil Chem. Soc., 37: 165 - 71, 1960.
63. PIKE, R. T. & BROWN, M. L. - Nutrition: an integrated approach. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1967, p. 360 - 363.
64. PRINGLE, W. - Full-fat soy flour. J. Am. Oil Chem. Soc., 51: 74 A - 76 A, 1974.
65. RACKIS, J. J. and ANDERSON, R. L. - Isolation of four soybean trypsin inhibitors by DEAE cellulose chromatography. Biochem. Biophys. Res. Commun., 15: 230-35.
66. RACKIS, J. J. et al. - Soybean trypsin inhibitors: isolation, purification and physical properties. Arch. Biochem. Biophys., 98: 471 - 78, 1962.
67. RACKIS, J. J. - Soybean trypsin inhibitors: their inactivation during meal processing. Food. Techn., 20: 102 - 04, 1966.
68. RACKIS, J. J. - Biologically active components. In: Smith, A. K. & Circle, S. J. - Soybeans: Chemistry and technology. Westport, the AVI Publishing Co. Vol. I, 1972, p.159-202.
69. RACKIS, J. J. - Physiological properties of soybean trypsin inhibitors and their relationship to pancreatic hypertrophy and growth inhibition of rats. Fed.Proc., 24: 1488 - 93, 1965.
70. RACKIS, J. J. et al. - Proceedings of international conference on soybean protein foods. Agr.Res.Serv., 71 -

35, 100 - 11, 1967.

71. REID, B. L. - Amino acids analysis. In: FEITOSA TELES, F. F. - Nutrient analysis of prickly pear (OPUNTIA FICUS INDICA, LINN). Tucson, 1977, 171p. Dissertação de Doutorado em Bioquímica Agrícola e Nutrição - Universidade do Arizona.
72. ROHR, R. - Óleos e gorduras vegetais seus subprodutos protéicos. 2a. Ed. Campinas, Fundação Centro Tropical de Pesquisas e Tecnologia de Alimentos, 1974, 190p.
73. SCOTT, W. O. & ALDRICH, S. R. - Modern soybean production. Champaign, S & A Publications, 1970, 192p.
74. SHERPALKAR S. R. et al. - Chemical composition and nutritive value of soybean and soybean products. Food Sci., 11: 52 - 64, 1961.
75. SMITH, A. K. & CIRCLE, S. J. - Historical Background. In: Smith, A. K. & Circle, S. J. Soybeans: chemistry and technology. Westport, The Avi Publishing Co., Vol. I, 1972, p. 1 - 26.
76. SMITH, A. K. & CIRCLE, S. J. - Protein products as food ingredients. In: SMITH, A. K. & CIRCLE, S. J. - Soybeans: chemistry and technology. Westport, The Avi Publishing Co., Vol. I, 1972, p. 339 - 88.
77. SMITH, A. K. & CIRCLE, S. J. - Processing soy flours, protein concentrates and protein isolates. In: SMITH, A. K. & CIRCLE, S. J. - Soybeans: Chemistry and technology. Westport, The Avi Publishing Co., Vol. I, 1972, p. 294 - 338.

78. SMITH, A. K.; BELTER, P. A. & ANDERSON, R. L. - Urease activity in soybean products. J. Oil Chem. Soc., 8: 360 - 63, 1956.
79. SMITH, A. K. - Vegetable protein isolates. In: Processed plant protein foodstuffs. Ed. A. M. Altschul Academic Press Inc. Publishers, New York, 1958, p. 249 - 76.
80. SMITH, A. K. - Vegetable protein isolates. In: Processed Plant Protein Foodstuffs. Ed. A. M. Altschul Academic Press Inc. Publishers, New York, p. 249 - 76, 1959.
81. SMITH, A. K. et al. - Urease activity in soybean meal products. J. Am. Oil Chem. Soc., 8: 360 - 63, 1956
82. LANGO, J. S. - Farinhas de soja integral. Bol. Inst. Tecn. Alim., 29: 21 - 45, 1972.
83. WESTFALL, R. J. & HAUGE, S. M. - The nutritive quality and the trypsin inhibitor content of soybean flour heated at various temperatures. J. Nutr., 35: 379 - 89, 1948.
84. WILKENS, W. F. et al. - Effect of processing method on oxidative off-flavors of soybean milk. Food Tech., 21: 1630 - 33, 1967.
85. WOLF, W. J. & COWAN, J. C. - Soybeans as a food source. Cleveland, The Chemical Rubber Co., 1975, 86 p.
86. WOLF, W. J. - Purification and properties of the proteins In: SMITH, A. K. & GIRCLE, S. J., Soybeans: Chemistry and technology. Westport, The Avi Publishing Co. Vol. I, 1972, p. 93 - 143.