



UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI - ERECHIM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ALINE ANDRESSA RIGO

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DE SOJA
DAS CULTIVARES BRS 267, BRS 257 E VMAX

ERECHIM, RS - BRASIL
FEVEREIRO DE 2015

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DE SOJA
DAS CULTIVARES BRS 267, BRS 257 E VMAX**

ALINE ANDRESSA RIGO

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da URI - Erechim, como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração: Engenharia de Alimentos, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim.

Orientadoras: Dr^a. Juliana Steffens

Dr^a. Clarice Steffens

Dr^a. Mercedes C. Carrão-Panizzi

ERECHIM, RS - BRASIL

FEVEREIRO DE 2015

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DE SOJA DAS CULTIVARES
BRS 267, BRS 257 E VMAX**

Aline Andressa Rigo

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da URI - Erechim, como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração: Engenharia de Alimentos, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim.

Comissão Julgadora

Prof^a. Dr^a. Juliana Steffens
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Clarice Steffens
Orientadora

Dr^a. Mercedes C. Carrão-Panizzi
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Jamile Zeni
URI Erechim

Prof. Dr. Marcelo Alvares Oliveira
Embrapa Soja

Erechim, 23 de Fevereiro de 2015.

NESTA PÁGINA DEVERÁ SER INCLUÍDA A FICHA CATALOGRÁFICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO. ESTA FICHA SERÁ ELABORADA DE ACORDO COM OS PADRÕES DEFINIDOS PELO SETOR DE PROCESSOS TÉCNICOS DA BIBLIOTECA DA URI – ERECHIM.

AGRADECIMENTOS

Em especial, aos meus pais Inelda e Luiz, pelo amor e apoio depositado em mim.

Às professoras Juliana Steffens e Clarice Steffens muito obrigada pela orientação e contribuição para o enriquecimento deste estudo.

A pesquisadora Mercedes C. Carrão-Panizzi, pela orientação, diponibilidade, confiança e apoio na realização deste trabalho.

Ao professor Marcus V. Tres pelos ensinamentos e contribuições na realização dos experimentos.

A Alice Dahmer pelo apoio e contribuição durante a execução dos experimentos.

A Embrapa trigo, por ter fornecido a matéria-prima deste estudo, e a Embrapa soja, pela diponibilidade dos pesquisadores em contribuir na realização e ensinamento dos procedimentos de análises.

Agradeço aos funcionários da central de materiais e prestação de serviço do prédio 9 da URI – Erechim, pelos ensinamentos e compreensão nos dias de experimentação e pela amizade.

Aos colegas de mestrado pela amizade, apoio e incentivo na realização deste trabalho.

E por fim, a URI, CAPES, Embrapa Trigo e Embrapa Soja pelos auxílios concedidos.

“A persistência é o menor caminho do êxito”.

Charles Chaplin

Resumo da dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos.

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DE SOJA DAS CULTIVARES BRS 267, BRS 257 E VMAX

Aline Andressa Rigo

Fevereiro/2015

Orientadores: Dr^a. Juliana Steffens

Dr^a. Clarice Steffens

Dr^a. Mercedes C. Carrão-Panizzi

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas de maior importância econômica no mundo. Em vista disso, as cultivares convencionais de soja geralmente são direcionadas para as indústrias de extração de óleo e o co-produto destas indústrias destinadas a alimentação animal. Contudo algumas cultivares de soja geneticamente melhoradas podem apresentar características que as tornam adequadas para diferentes utilizações, inclusive na alimentação humana. Assim, este trabalho teve como objetivo geral aplicar a tecnologia de processamento de farinha de soja nos grãos com e sem casca de três cultivares, uma convencional (Vmax), e duas destinadas para alimentação humana (BRS 257 e BRS 267) e caracterizar físico-quimicamente os grãos e as farinhas. Na caracterização dos grãos com e sem casca foram observadas umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, minerais, índices de solubilidade proteica, isoflavonas e inibidor de tripsina Kunitz. Nas cultivares Vmax e BRS 267 foi efetuado o processo de branqueamento nos grãos com e sem casca, após o tratamento foram realizadas as análises de determinação colorimétrica da presença/ausência das enzimas lipoxigenases, índices de solubilidade proteica, isoflavonas e inibidor de tripsina Kunitz. Para obtenção das farinhas os grãos sem branqueamento (Vmax, BRS 257 e BRS 267) e branqueados (Vmax e BRS 267), ambos com e sem casca, passaram pelo processo de torra, moagem e peneiramento. Após este processo as farinhas foram caracterizadas em relação a umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, minerais, índices de solubilidade proteica, isoflavonas, inibidor de tripsina Kunitz e análise de cor. Em relação a análise dos grãos, tanto com e sem casca, a BRS 267 mostrou um maior conteúdo proteico e um menor teor de isoflavonas totais, já a Vmax foi a cultivar que exibiu o maior teor de lipídeos e de isoflavonas, a BRS 257 apresentou uma composição físico-química com valores intermediários as demais cultivares, mas com vantagem de não necessitar de branqueamento para a inativação das lipoxigenases. O potássio foi o mineral presente em maior quantidade em todas as cultivares. O branqueamento promoveu a inativação das enzimas lipoxigenases, nas cultivares BRS 267 e Vmax. O processo de torra dos grãos foi suficiente para reduzir a atividade do inibidor de tripsina Kunitz em níveis aceitáveis para o consumo. A farinha da cultivar BRS 267 demonstrou um maior conteúdo proteico, podendo melhorar o valor nutricional de alimentos a base de soja. Já a farinha obtida da cultivar Vmax foi a que mostrou o maior conteúdo lipídico, podendo ser utilizada nas indústrias de extração de óleo, para o fabrico de uma infinidade de produtos.

Palavras-chave: Farinha de soja. Inibidor de tripsina Kunitz. Isoflavonas. Solubilidade proteica.

Abstract of Dissertation presented to Food Engineering Program as a partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master in Food Engineering.

OBTAINING AND CHARACTERIZATION OF SOY FLOUR OF CULTIVARS BRS 267, BRS 257 AND VMAX

Aline Andressa Rigo

February/2015

Advisors: Dr^a. Juliana Steffens
Dr^a. Clarice Steffens
Dr^a. Mercedes C. Carrão-Panizzi

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is one of the most economically important crops in the world. As a result, conventional soybean cultivars are generally directed to the oil extraction industry and the by-product of these industries for animal feed. However, some genetically modified soybean cultivars may have characteristics that make them suitable for various uses, including food. This study aimed to apply the soy flour processing technology in grain and shelled three cultivars, a conventional (Vmax), and two for human consumption (BRS 257 and BRS 267) and characterize physicochemical chemical grains and flours. In the characterization of grain and shelled were observed moisture, protein, lipid, ash, minerals, protein solubility indexes, isoflavones and Kunitz trypsin inhibitor. In Vmax and BRS 267 cultivars was made in the bleaching process shelled and unshelled grains after treatment were carried out colorimetric analysis determining the presence / absence of lipoxygenase enzymes, protein solubility indices, isoflavones and Kunitz trypsin inhibitor. To obtain the unbleached flour grains (Vmax, BRS 257 and BRS 267) and bleached (Vmax and BRS 267), both with and without bark, passed through the roasting process, grinding and sieving. After this process the flours were characterized for moisture, protein, lipid, ash, minerals, protein solubility indexes, isoflavones, Kunitz trypsin inhibitor and color analysis. Regarding the analysis of grains, both with and without bark, BRS 267 showed higher-protein content and a lower content of total isoflavones, as the Vmax was the cultivar that showed the highest content of lipids and isoflavones, the BRS 257 presented a physical-chemical composition intermediate values the other cultivars, but with the advantage of not require bleaching to inactivate lipoxygenase. Potassium was the mineral present in greater quantities in all varieties. Bleaching promoted the inactivation of lipoxygenase, in varieties BRS 267 and Vmax. The roasting process of the grains is sufficient to reduce the activity of the Kunitz trypsin inhibitor acetávies levels for consumption. The flour variety BRS 267 demonstrated greater protein content, thus improving the nutritional value of the soya-based foods. Since the flour obtained from cultivating the Vmax was that showed increased fat content may be used in oil extraction industries, for manufacturing a multitude of products.

Keywords: Soy flour. Kunitz trypsin inhibitor. Isoflavones. Protein solubility.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1 SOJA E SUA IMPORTÂNCIA.....	17
3.2 CULTIVARES DE SOJA.....	19
3.3 PRODUTOS À BASE DE SOJA.....	20
3.3.1 Farinha de soja.....	22
3.4 COMPOSIÇÃO DO GRÃO DE SOJA.....	23
3.4.1 Composição centesimal.....	23
3.4.2 Composição mineral.....	24
3.4.3 Proteínas da soja.....	26
3.4.3.1 Solubilidade protéica.....	26
3.4.4 Isoflavonas.....	28
3.4.5 Enzima lipoxigenase.....	32
3.5 FATORES ANTINUTRICIONAIS.....	35
3.5.1 Inibidor de tripsina Kunitz.....	36
3.5.1.1 Atividade ureática.....	38
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.1 MATERIAL.....	39
4.2 ANÁLISES.....	39
4.2.1 Composição físico-química.....	40
4.2.2 Composição mineral.....	40
4.2.3 Índice de solubilidade de nitrogênio.....	41
4.2.4 Índice de dispersibilidade proteica.....	42
4.2.5 Determinação e quantificação das isoflavonas.....	42
4.2.6 Determinação da atividade do inibidor de tripsina Kunitz.....	44
4.2.7 Determinação colorimétrica da presença/ausência da enzima lipoxigenase.....	45
4.2.8 Cor das farinhas.....	46
4.3 OBTENÇÃO DA FARINHA DE SOJA.....	46

4.3.1 Etapa I.....	46
4.3.2 Etapa II.....	46
4.3.3 Etapa III.....	47
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
5.1 ANÁLISE DOS GRÃOS DE SOJA.....	50
5.1.1 Análises físico-químicas.....	50
5.1.2 Conteúdo mineral.....	53
5.1.3 Solubilidade proteica.....	54
5.1.4 Teor de isoflavonas.....	56
5.1.5 Atividade do inibidor de tripsina Kunitz.....	59
5.1.6 Presença/ausência das isoenzimas lipoxigenases.....	60
5.2 ANÁLISE DAS FARINHAS DE SOJA.....	62
5.2.1 Análises físico-químicas.....	62
5.2.2 Conteúdo mineral.....	63
5.2.3 Solubilidade proteica.....	65
5.2.4 Teor de isoflavonas.....	66
5.2.5 Atividade do inibidor de tripsina Kunitz.....	69
5.2.6 Análise de cor.....	70
6. CONCLUSÕES.....	73
6.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Representação esquemática da solubilidade em função do pH da proteína de soja (A), do caseinato de Na (B) e de proteínas do soro do leite (C) em NaCl 0,2 M.....28
- Figura 2.** Estruturas químicas dos glicosídeos e agliconas de isoflavonas presentes em extratos secos de soja.....30
- Figura 3.** Ação das proteases sobre as proteínas. A quimotripsina hidrolisa a ligação peptídica após C=O contendo grupo lateral aromático e a tripsina hidrolisa a ligação peptídica após C=O do aminoácido básico.....37
- Figura 4.** Fluxograma da obtenção das farinhas de soja.....48
- Figura 5.** Teste colorimétrico para determinar presença e ausência das isoenzimas lipoxigenases (LOX) em grãos branqueados (B) e sem branqueamento (SB) das cultivares de soja BRS 257, BRS 267 e Vmax.....61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição mineral do feijão preto, ervilha em vagem, amendoim e farinha de soja.....	25
Tabela 2. Padrão de atividade ureática do farelo de soja.....	38
Tabela 3. Conteúdo de cinzas, lipídeos e proteína bruta dos grãos branqueados (B) e sem branqueamento (SB) das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax.....	50
Tabela 4. Composição mineral dos grãos de soja das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax e média das três cultivares com casca (CC) e sem casca (SC).....	53
Tabela 5. Índice de solubilidade de nitrogênio (ISN) e índice de dispersibilidade proteica (IDP), das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax, com e sem branqueamento (B e SB).....	55
Tabela 6. Teor de isoflavonas nos grãos de soja das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax, com e sem branqueamento (B e SB).....	57
Tabela 7. Valores médios de inibidor de tripsina Kunitz nos grãos das cultivares BRS 267 BRS 257 e Vmax com e sem branqueamento (B e SB).....	59
Tabela 8. Proteína bruta, cinzas e lipídeos nas farinhas de soja obtidas de grãos branqueados (B) e sem branqueamento (SB) das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax.....	62
Tabela 9. Composição mineral das farinhas de soja das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax (SB e B), apresentando a média das três cultivares CC e SC.....	64
Tabela 10. Índice de dispersibilidade proteica (IDP) e índice de solubilidade de nitrogênio (ISN), das farinhas de soja provenientes de grãos branqueados (B) e sem branqueamento (SB) das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax.....	65
Tabela 11. Teor de isoflavonas nas farinhas de soja provenientes de grãos branqueados (B) e sem branqueamento (SB) das cultivares BRS 267. BRS 257 e Vmax.	67
Tabela 12. Valores médios de inibidor de tripsina Kunitz nas farinhas proveniente de grãos B e SB das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax.....	69
Tabela 13. Parâmetros de cor para as farinhas soja provenientes das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax, B e SB.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOAC – Association of Official Analytical Chemists

AOCS – American Oil Chemists' Society

B – Branqueado

CC – Com Casca

CLAE – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

HPLC – High Performance Liquid Chromatography

ICP-OES – Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry

IDP – Índice de Dispersibilidade Proteica

ISN – Índice de Solubilidade de Nitrogênio

KTI – Inibidor de Tripsina Kunitz

LDL – Lipoprotéínas de Baixa Densidade

LOX – Lipoxigenase

OMS – Organização Mundial de Saúde

RDA – Recommended Dietary Allowances

SB – Sem Branqueamento

SC – Sem Casca

TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos

USDA – United States Department of Agriculture

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas de maior importância econômica no mundo. Com um patamar de crescimento constante, o complexo soja representa uma das mais importantes *commodities* brasileira.

Em vista disso, as cultivares convencionais de soja geralmente são direcionadas para as indústrias de extração de óleo e o co-produto destas indústrias destinadas a alimentação animal. Pois suas características organolépticas não são adequadas para a produção de alimentos (CHEN; BUSS, 2004).

A partir desta necessidade de produtos de soja com sabor mais agradável, e com alto valor nutritivo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa da Soja (Embrapa Soja) desenvolveu, por meio do seu programa de melhoramento genético, algumas cultivares de soja (BRS 267 e BRS 257) cujas características especiais as tornam adequadas para diferentes utilizações, dentre elas, para alimentação humana. Esses caracteres especiais incluem melhor sabor (ausência de lipoxigenases), alto teor de proteína, grãos graúdos e grãos pequenos, tegumento e hilo amarelos, tegumento preto, e redução de fatores antinutricionais (CARRÃO-PANIZZI et al., 2001; CARRÃO-PANIZZI et al., 2009).

A cultivar de soja BRS 267 apresenta grãos graúdos, e quando colhida no estágio de desenvolvimento R6, no qual os grãos estão verdes e imaturos, porém desenvolvidos se constitui em matéria-prima adequada para ser consumida como hortaliça (*Edamame*) e para processamento de tofu, quando os grãos estão maduros (CARRÃO-PANIZZI et al., 2009). Essa cultivar apresenta elevado teor protéico, maior teor do ácido oléico, conteúdo de isoflavonas agliconas, de açúcares, dos aminoácidos ácido glutâmico e alanina, características que podem resultar em sabor mais agradável em alimentos de soja, melhorando também o seu valor nutricional (SILVA, 2009).

A cultivar BRS 257, não apresenta as enzimas lipoxigenases que são responsáveis pelo desenvolvimento dos sabores de ranço ou de feijão cru (*beany flavor*), entre as cultivares especiais, possui rendimento elevado e é mais indicada para a processamento de farinha e extrato hidrossolúvel de soja. Como as isoenzimas lipoxigenases não estão presentes no grão, não se faz necessário o tratamento térmico para inativá-las (CARRÃO-PANIZZI et al., 2009).

O melhoramento genético das qualidades organolépticas da soja e de seus produtos, combinado com a divulgação dos benefícios à saúde, tem induzido um aumento do consumo

pelos brasileiros, estimulando assim, o crescimento do mercado de produtos à base de soja de melhor qualidade. Segmentos de grandes e pequenas indústrias têm desenvolvido produtos à base da mesma, sendo alguns de uso direto e outros indiretos via alimentos industrializados. E, todos seguem uma linha de dieta saudável, pois a soja está no rol dos alimentos funcionais. A proteína da soja é a única proteína vegetal que contém todos os aminoácidos essenciais necessários para dar suporte ao crescimento e a manutenção do organismo, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS). Além de melhorar os níveis sanguíneos de colesterol, a soja também é a única alternativa para as pessoas com intolerância à lactose (CARRÃO-PANIZZI; SILVA, 2011). Além da qualidade de sua proteína, estudos demonstram que a soja pode ser utilizada de forma preventiva e terapêutica no tratamento de doenças cardiovasculares, câncer, osteoporose e sintomas de menopausa (MORAIS, 2001; BEHRENS; SILVA, 2004; AMARAL, 2006).

Com o grão de soja pode-se obter diversos produtos e co-produtos que são demasiadamente utilizados pelas indústrias de alimentos, químicas e agroindústrias, estes produtos vão desde produção de biodiesel e fertilizantes até a produção de alimentos, como chocolates, produtos cárneos, óleo refinado, sucos, biscoitos, entre outros.

Entre os diversos produtos que podem ser produzidos, a farinha de soja é amplamente utilizada na indústria como um ingrediente para aumentar o conteúdo de proteínas de muitos alimentos (HE; CHEN, 2013), trazendo desta forma, inúmeros benefícios à saúde. Por ser rica em proteínas, substâncias responsáveis pelo transporte de vitaminas pelo organismo, ela combate a fraqueza e a anemia. Além de suas vantagens nutricionais, a farinha de soja é muito utilizada na panificação proporcionando melhorias nas propriedades funcionais como absorção de água, absorção de gordura, propriedades emulsificantes, espumantes, gelificação, entre outras (NASCIMENTO, 2008). Dessa maneira, a farinha de soja, torna-se uma alternativa para otimizar a elaboração de produtos derivados de soja para o consumo humano.

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo aplicar a tecnologia de processamento de farinha de soja nos grãos, com e sem casca, de três cultivares, uma convencional (Vmáx), e duas cultivares especiais geneticamente melhoradas (BRS 257 e BRS 267) e caracterizar físico-quimicamente os grãos e as farinhas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo geral obter farinhas de soja de três diferentes cultivares, uma convencional (Vmax), e duas cultivares especiais geneticamente melhoradas (BRS 257 e 267), com e sem casca, desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Soja, Londrina – PR, e caracterizar físico-quimicamente os grãos e as farinhas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Caracterizar os grãos, com e sem casca, das cultivares de soja:
 - Verificar teor de umidade, cinzas, minerais (P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Fe e Cu), lipídeos e proteína bruta;
 - Analisar as proteínas solúveis (índice de dispersibilidade proteica – PDI e índice de solubilidade de nitrogênio – NSI);
 - Extrair e quantificar as isoflavonas;
 - Avaliar a atividade do inibidor de trispina Kunitz;
 - Verificar a ação do branqueamento na inativação das lipoxigenases nas cultivares Vmax e BRS 267, com e sem casca.
- ❖ Obter farinha de soja das cultivares Vmax, BRS 257 e BRS 267 com e sem casca.
- ❖ Caracterizar a farinha de soja com e sem casca.
 - Determinar o teor de umidade, cinzas, minerais (P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Fe e Cu), lipídeos e proteína bruta;
 - Analisar as proteínas solúveis (índice de dispersibilidade proteica – PDI e índice de solubilidade de nitrogênio – NSI);
 - Extrair e quantificar as isoflavonas;
 - Verificar a atividade do inibidor de trispina Kunitz;
 - Avaliar a cor das farinhas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item será apresentado um referencial teórico abordando a importância da soja na alimentação humana, bem como o desenvolvimento de cultivares de soja mais adequadas para o consumo humano, sua composição e os produtos que podem ser fabricados à base dela.

3.1 SOJA E SUA IMPORTÂNCIA

A soja pertence à família Leguminosae, subfamília Papilionoidae e o gênero *Glycyne*, L. A forma cultivada *Glycine max* (L.) Merrill, cresce anualmente e é uma das culturas de maior importância econômica no mundo. Sua planta se desenvolve até a altura que varia de 0,75 a 1,25m, de porte ereto e se ramifica escassamente ou densamente, dependendo de cultivares e condições de crescimento (SILVEIRA, 2008; VILLALVA, 2008).

Essa oleaginosa teve origem no Continente Asiático na região da antiga Manchúria, atual China. Dessa região, por seu alto valor alimentício, expandiu-se para outras partes do Oriente, Coreia e Japão. Nos séculos 15 e 16, a soja chegou ao Ocidente. Na América, foi cultivada nos Estados Unidos como planta produtora de grãos e forrageira. No Brasil, chegou à Bahia e espalhou-se para São Paulo (Campinas) e Rio Grande do Sul, onde foi cultivada e tem grande importância até os dias atuais (PAIVA; ALVES; HELENO, 2006).

O primeiro registro de cultivo de soja no Brasil data de 1914 no município de Santa Rosa, RS. Mas foi somente a partir dos anos 40 que ela adquiriu alguma importância econômica, merecendo o primeiro registro estatístico nacional em 1941, no Anuário Agrícola do RS: área cultivada de 640 ha, produção de 450 toneladas e rendimento de 700 kg.ha⁻¹. Em 1970, menos de 2% da produção nacional de soja era colhida na região do centro-oeste brasileiro. Em 1980, esse percentual passou para 20%, em 1990 já era superior a 40%. Essa transformação promoveu o Estado do Mato Grosso, de produtor marginal a líder nacional de produção e de produtividade de soja (EMBRAPA, 2014d).

Em vista disso, o complexo soja é uma das mais importantes *commodities* brasileira, com um patamar de crescimento constante. Em 2003 a safra foi de 52,1 milhões de toneladas de soja, representando aumento de 24,2% ou 10,1 milhões de toneladas em relação às 41,9 milhões de toneladas colhidas na safra de 2002 (CONAB, 2003). Após 10 anos, a produção brasileira passou de 25,04 para 27,72 milhões de hectares, nos anos de 2012 e 2013,

respectivamente, apresentando um incremento de 10,7% (2,68 milhões de hectare). A safra brasileira de 2013 apontou para uma produção recorde de 81.456,1 milhões de toneladas, comparada com 66.383,0 milhões de toneladas em 2012, representando um aumento de 22,7% (CONAB, 2013).

No mercado internacional o complexo soja rende divisas consideráveis para o país, enquanto o mercado interno se concentra no consumo de óleo e ração animal, viabilizando a suinocultura e avicultura, importantes componentes do agronegócio brasileiro (CARRÃO-PANIZZI; SILVA, 2011). As exportações brasileiras de soja foram de aproximadamente 37,81 milhões de toneladas em 2013 e o consumo interno foi de 42,40 milhões de toneladas, produzindo, aproximadamente, 29,73 milhões de toneladas de farelo de soja e 7,53 milhões de litros de óleo (CONAB, 2013).

Ao longo da história, os hábitos alimentares culturalmente diferenciados foram aos poucos substituídos por dietas padronizadas, definidas por parâmetros científicos e pela óptica do sistema moderno de produção de alimentos (AZEVEDO, 2011). Em vista disso, o consumo de soja na alimentação humana entre os brasileiros está aumentando, em decorrência da divulgação dos benefícios da soja para a saúde humana e do crescimento do mercado de produtos à base de soja de melhor qualidade (CARRÃO-PANIZZI; SILVA, 2011). Neste âmbito a soja ganhou *status* de alimento funcional, e com a inserção da mesma na dieta, tem sido demonstrado que possui vários efeitos benéficos sobre a saúde cardiovascular (CLARKSON, 2002). Os orientais, com sua alimentação baseada em produtos a base de soja, apresentam baixo índice de câncer de mama. Sendo que evidências científicas mostraram que populações que consomem mais soja têm menores incidências de câncer de cólon e próstata (ANJO, 2004).

Os produtos de soja são ricos em fitoestrogênios, que devido às suas propriedades, são fortes candidatos para o papel de compostos naturais protetores de câncer. Um dos mecanismos pelos quais eles exercem os seus efeitos anti cancerígenos, é através da sua capacidade antioxidante (MOUROUTI; PANAGIOTAKOS, 2013).

A utilização biológica dos componentes da soja na dieta traduz-se em processos específicos no organismo, tais como prevenção de certas enfermidades e melhoria dos mecanismos de defesa, retardamento do processo de envelhecimento e ajuda no controle físico e mental do indivíduo (PAPALEO, 2004).

A soja em uma análise superficial parece um simples grão, mas para o mercado consumidor, principalmente o asiático, ela pode ser mais nobre. Hoje no país, graças a

Embrapa e outros centros de pesquisas da iniciativa privada, há mais de 400 cultivares para comercialização, cada uma com suas particularidades e características que podem ser aproveitadas em muitos mercados de consumo. O alto valor comercial desse produto chega a valer muito quando se tem um conjunto de cultivares prontas para a comercialização, com características específicas para um mercado potencial (CAMARGO, 2008).

3.2 CULTIVARES DE SOJA

O desenvolvimento de cultivares de soja mais adequadas para o consumo humano é importante para atender à demanda de mercado por cultivares com caracteres qualitativos específicos (CARRÃO-PANIZZI et al., 2012a).

Dependendo da característica envolvida, a soja pode ser destinada para diferentes tipos de produção, como *commodity* ou como olerícola. Caracteres como melhor sabor, pela ausência das lipoxigenases, enzimas responsáveis pelo sabor desagradável da soja, sementes grandes e hilo amarelo, alto teor de proteína, são passíveis de serem introduzidas em cultivares altamente produtivas. Com isso, podem ser obtidas cultivares com melhor qualidade para utilização e processamento, tanto para alimentação humana como animal (CARRÃO-PANIZZI, 2012b).

A partir desta necessidade de produtos de soja com sabor mais agradável, e com alto valor nutritivo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa da Soja (Embrapa Soja) desenvolveu, por meio do seu programa de melhoramento genético, cultivares de soja com sabor melhorado como a BRS 267 e cultivares com ausência de enzimas lipoxigenases como a BRS 257, as quais podem atender a indústria de alimentos devido a essas características especiais (CARRÃO-PANIZZI, 2001; CARRÃO-PANIZZI et al., 2009).

Segundo estudos de Silva (2009), a cultivar BRS 267, pode melhorar o valor nutricional de alimentos de soja devido ao elevado teor protéico e também apresenta teores de Ca e Fe superiores aos do arroz e do feijão. Essa cultivar apresenta menor teor de hexanal e maior teor do ácido oléico, conteúdo de agliconas, de açúcares e dos aminoácidos ácido glutâmico e alanina, características que podem resultar em sabor mais agradável em alimentos de soja. Silva (2009) também relata que, a cultivar BRS 267 pode contribuir para a maior estabilidade do óleo de soja durante o processamento, e colaborar para obtenção de alimentos

funcionais. Essa cultivar apresenta um teor de proteico e lipídico de aproximadamente 40,10% e 20,50%, respectivamente (EMBRAPA, 2014c).

A cultivar BRS 257 contém em torno de 41,30% de teor de proteína e 22,60% de teor de óleo (EMBRAPA, 2014b). Essa cultivar, não apresenta as enzimas lipoxigenases que são responsáveis pelo desenvolvimento de sabores desagradáveis como o de feijão cru, dessa forma a etapa de tratamento térmico para inativá-las não se faz necessário, com isso as empresas de alimentos podem desenvolver novos produtos com melhores qualidades nutricionais, maior solubilidade proteica e diminuição de custos e tempo (CARRÃO-PANIZZI et al., 2009). A remoção genética das isoenzimas lipoxigenases pode reduzir ou eliminar *off flavors* da soja e aumentar a aceitação pelos consumidores em alguns mercados. As três isoenzimas têm sido associadas com a produção de hexanal e outros aldeídos, cetonas e álcoois, que contribuem para aparecimento do sabor e aroma desagradável. Hexanal, um composto de sabor indesejável da soja, é um produto da decomposição dos hidroperóxidos produzidos a partir da oxidação de ácidos linolênico e linoléico (TORRES-PENARANDA et al., 1998).

Segundo estudos de Torres-Penaranda; Reitmeier (2001), o extrato hidrossolúvel de soja processado a partir de grãos de soja isenta de lipoxigenases, apresentaram menor sabor e aroma de feijão cru e também menor adstringência quando comparado com a soja convencional.

3.3 PRODUTOS À BASE DE SOJA

A soja é um grão muito versátil que dá origem a produtos e co-produtos muito usados pela agroindústria, indústria química e de alimentos. Na alimentação humana, a soja entra na composição de vários produtos dentre eles, embutidos, chocolates, temperos para saladas, entre outros produtos (CIABOTTI et al., 2007; EMBRAPA, 2014a).

A proteína de soja é a base de ingredientes de padaria, massas, produtos cárneos, cereais, misturas pré-preparadas, bebidas, alimentação para bebês e alimentos dietéticos. Seu uso mais conhecido, no entanto, é como óleo refinado, obtido a partir do óleo bruto. Nesse processo, também é produzida a lecitina, um agente emulsificante (substância que faz a ligação entre a fase aquosa e oleosa dos produtos), muito usada na fabricação de salsichas, maioneses, achocolatados, entre outros produtos (EMBRAPA, 2014a). Além do uso na alimentação animal, como produto não alimentar, a soja também é muito usada pela indústria

de adesivos, adubos, fabricação de fibra, revestimento, papel, emulsão de água para tintas e biodiesel.

Os sabores indesejáveis, caracterizados como de feijão cru, adstringente e amargo, reduzem a aceitação de produtos alimentares de soja por muitos consumidores que preferem um sabor mais agradável. As diferenças culturais no consumo de soja também podem explicar algumas diferenças na percepção dos atributos sensoriais (TORRES-PENARANDA, 1998). Os países orientais como Japão e China, por exemplo, consomem soja e seus produtos a milênios, o que faz parte de sua cultura milenar (MOUROUTI; PANAGIOTAKOS, 2013).

Nos Estados Unidos 60% dos alimentos processados disponíveis nos supermercados contêm soja. No Brasil, a quantidade de soja invisível consumida via alimentos industrializados não é muito diferente da encontrada nos Estados Unidos e aumenta progressivamente. Tal aumento é resultado de forte estratégia de *marketing*, com o apoio de pesquisas científicas, que focam o consumidor especialmente preocupado com questões de saúde (AZEVEDO, 2011).

Atualmente os produtos de soja de uso direto apresentam um considerável aumento de consumo. Os principais fatores que contribuem para a mudança de comportamento da população são os efeitos benéficos que a soja trás para a saúde e as novas tecnologias que melhoram o sabor destes produtos (AZEVEDO, 2011). Em vista disto, as indústrias alimentícias que desejam lançar no mercado produtos à base de soja devem investir tanto nos aspectos sensoriais do produto, como na divulgação dos benefícios do consumo de soja à saúde humana, a fim de levantar expectativas positivas nos consumidores e estimular a compra e o consumo destes produtos (BEHRENS; SILVA, 2004).

Os produtos tradicionais de soja podem ser fermentados ou não. A fermentação acrescenta cor, sabor e aroma aos alimentos, além de enzimas e substâncias nutritivas. Dentre os produtos fermentados, o mais difundido no Brasil é o *shoyu* ou molho de soja, o qual é utilizado em carnes e molhos para salada. Já em produtos não fermentados, destaca-se o extrato hidrossolúvel de soja (leite de soja), o qual é recomendado para lactentes, alérgicos ou intolerantes a lactose do leite de vaca e em menor extensão, o tofu (queijo de soja), que é resultante da coagulação ou da precipitação das proteínas pela ação, a quente, de sulfato de cálcio ou de magnésio (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006d). Além disso, novos produtos comerciais à base de extrato hidrossolúvel em combinação com sucos de frutas têm obtido êxito no mercado, indicando que os consumidores podem estar mudando sua atitude em relação aos produtos à base de soja (BEHRENS; SILVA, 2004).

3.3.1 Farinha de soja

A farinha de soja é feita a partir de grãos de soja torrados que foram moídos e peneirados com granulometria própria para a produção de farinha. A farinha de soja com gordura ou desengordurada é amplamente utilizada na indústria como um ingrediente para aumentar o conteúdo de proteínas de muitos alimentos, tais como em panificação (HE; CHEN, 2013). Além de suas vantagens nutricionais, a farinha de soja proporciona melhorias de propriedades funcionais como viscosidade, absorção de água, absorção de gordura, propriedades emulsificantes, espumantes, e de gelificação, entre outras (NASCIMENTO, 2008).

Nos estudos de Silva et al. (2010), a farinha de soja com casca apresentou melhor qualidade protéica que a sem casca. Segundo os autores, isto se deve ao fato do tratamento térmico ter reduzido o teor de fatores antinutricionais nas farinhas. Além disso a casca é fonte de fibra alimentar, proporcionando uma farinha de alta qualidade nutricional.

Dantas et al. (2010) em seus experimentos, obtiveram boa aceitação de bolos elaborados com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha de soja, demonstrando assim, a viabilidade da produção de bolos com maior teor de proteína, contribuindo para a otimização do consumo humano dessa leguminosa. Segundo Vasconcelos et al. (2006), a adição do farelo de aveia e de farinha de soja eleva o teor de fibras no pão, sendo um indicativo para sua classificação como fonte alimentar com "alto teor de fibras" e ou "alimento funcional".

A farinha é o produto menos refinado da soja, porém é o industrializado mais importante, pois é usada para enriquecer alimentos e para obtenção de texturizados, concentrados e isolados (DANTAS et al., 2010).

Produção de pão de soja é um processo físico complexo que envolve produção de farinha de soja, mistura da massa, fermentação por leveduras, e panificação. O pão feito parcialmente com a farinha de soja representa uma alternativa viável para a incorporação de soja na dieta ocidental (SHAO et al., 2009).

3.4 COMPOSIÇÃO DO GRÃO DE SOJA

3.4.1 Composição centesimal

Nas pesquisas de Vieira; Cabral; Paula (1999), foram analisadas seis cultivares de soja previamente selecionadas dentre as principais plantadas no Brasil. Todas as cultivares estudadas apresentaram composição centesimal típica de soja comercial, com um conteúdo médio, na base seca, de 39,52% de proteínas, 5,41% de cinzas, 5,75% de fibras, 32,01% de carboidratos e 23,04% de lipídeos, dos quais 85% é gordura insaturada e rica em ácidos graxos linoléico e linolênico (precursor do ácidos graxos ômega-3), 23% de ácido oléico e 16% de ácido palmítico (SAIDU, 2005).

No entanto, Ciabotti et al. (2006), obtiveram resultados diferentes em relação aos outros autores, a cultivar convencional (BRS 133) analisada apresentou conteúdo médio de 32,77% de proteína, 15,74% de lipídeos, 3,64% de cinzas, 7,56% de fibras e 30% de carboidratos, em base seca.

Essas diferenças nos teores de proteínas, lipídeos, fibras, cinzas e carboidratos podem ser atribuídas às diferenças genéticas entre as cultivares de soja, ao estágio de desenvolvimento em que os grãos foram colhidos, às condições climáticas, e condições de processamento (tempo e temperatura na maceração e no cozimento dos grãos) (SILVA, 2009).

Santos et al. (2010), avaliaram a composição centesimal da cultivar BRS 257 proveniente de um sistema orgânico, o qual constatou os teores de proteína de 42,21%, lipídeos 23,82%, cinzas 5,63%, carboidratos 20,09% e umidade de 8,24%. Os autores ressaltam que esta cultivar de soja pode ser boa para alimentação humana, porque apresenta alto teor de proteínas e de lipídeos, os quais fornecem mais energia.

Silva (2009), ao analisar a composição centesimal de diferentes cultivares de soja, constatou teor médio de umidade para o grão cru de 6,2% e para o grão cozido de 7,28%. A cultivar BRS 267 apresentou conteúdo de proteína no grão cru de 44,49% e 46,91% para o grão cozido, o conteúdo de lipídeo para o grão cru foi de 18,16% e para o cozido 20,0% e o conteúdo de carboidratos para o grão cru foi de 31,18% e para o cozido de 30%. O cozimento dos grãos de soja aumentou ou manteve a composição química dos grãos. Teores de proteínas e de lipídeos aumentaram, enquanto que, para os carboidratos foi verificada diminuição ou manutenção, o que deve ser devido a solubilidade desse componente.

A soja possui maior conteúdo de proteína, em comparação com o feijão preto (21,3%), a ervilha em vagem (7,5%) e o amendoim (27,2%). Com exceção do amendoim, que apresenta 43,9% de teor de lipídeos, a soja também possui a maior percentagem lipídica entre essas leguminosas (TACO, 2011).

3.4.2 Composição mineral

Os grãos de soja são excelentes fontes de minerais por apresentarem elevados teores de ferro (Fe), cobre (Cu), magnésio (Mg), manganês (Mn), fósforo (P), potássio (K) e zinco (Zn). Os teores médios de minerais para a soja comum encontrados por Ciabotti et al. (2006), foram de 664 mg.100g⁻¹ de fósforo, 1696 mg.100g⁻¹ potássio, 170 mg.100g⁻¹ de cálcio, 12,20 mg.kg⁻¹ de cobre, 44,16 mg.kg⁻¹ de zinco e 72,266 mg.kg⁻¹ de ferro. Já para a cultivar BRS 257, livre de lipoxigenase os valores foram de 655 mg.100g⁻¹ de fósforo, 1895 mg.100g⁻¹ de potássio, 155 mg.100g⁻¹ de cálcio, 9,575 mg.kg⁻¹ de cobre, 44,645 mg.kg⁻¹ de zinco e 78,9 mg.kg⁻¹ de ferro. Os teores de potássio, zinco e ferro, são maiores na cultivar livre de lipoxigenase, e essa variação pode ser devido à influências genéticas, ambientais e condições do processamento dos grãos.

A composição mineral da cultivar BRS 267 crua relatada por Silva (2009) foi de 659 mg.100g⁻¹ de fósforo, 191 mg.100g⁻¹ de cálcio, 2216 mg.100g⁻¹ de potássio e 9 mg.100g⁻¹ de ferro. Já para o grão cozido houve um aumento de fósforo para 676 mg.100g⁻¹ e cálcio para 193 mg.100g⁻¹ e uma diminuição nos teores de potássio para 1872 mg.100g⁻¹ e ferro para 8 mg.100g⁻¹. O autor justifica esse fato de redução nos teores dos minerais potássio e ferro pela migração dos componentes para a água de maceração.

Nos estudos de Vieira et al. (1999), entre todas as cultivares de soja analisadas, o potássio foi o mineral mais abundante, com um teor máximo de 1824,02 mg.100g⁻¹. Ciabotti et al. (2006) e Silva (2009) relataram observações semelhantes.

Apesar da soja ter inúmeras aplicações e possuir uma vasta gama de minerais essenciais, a oleaginosa apresenta o problema da biodisponibilidade desses minerais, que se dá em função de sua forma química e da presença de itens alimentares que promovam ou inibam sua absorção (YAMADA et al., 2003). Entre os inibidores da absorção do ferro estão os fitatos, conhecido também como ácido fítico, são compostos químicos utilizados pelas plantas para armazenar o mineral fósforo no interior de suas células. E também é conhecido

por formar complexos com o fósforo, proteínas e minerais tais como Ca, Mg, Zn e Fe. Reduzindo assim, a biodisponibilidade destes minerais (SATANA et al., 2012).

O ferro é componente de algumas proteínas, incluindo enzimas e hemoglobina, sua função é realizar o transporte de oxigênio para os tecidos do corpo (INSTITUTE OF MEDICINE, 2000). Comparando-se os valores de ferro solúvel com os valores de ferro total, somente 26,7% do ferro total presente nos grãos das cultivares de soja analisadas por Yamada et al. (2003), estão disponíveis para a absorção. Nos estudos desses autores os teores de ferro solúvel das cultivares analisadas foram de 2,52 mg.100g⁻¹ que é suficiente para suprir as necessidades de ferro de mulheres adolescentes, homens e mulheres adultos, com exceção das gestantes, e atendem a 16,8% da quota dietética recomendada (RDA) para mulheres de 14 a 18 anos, e a 14% da RDA para mulheres de 19 a 50 anos (INSTITUTE OF MEDICINE, 2000).

Para a farinha de soja torrada, segundo dados da USDA (2001), o conteúdo mineral não tem uma variação muito discrepante em comparação com o grão, podendo conter 188 mg.100g⁻¹ de cálcio, 5,82 mg.100g⁻¹ de ferro, 369 mg.100g⁻¹ de magnésio, 476 mg.100g⁻¹ de fósforo, 2041 mg.100g⁻¹ de potássio e 12 mg.100g⁻¹ de sódio.

Em comparação com outras leguminosas como o feijão preto, ervilha e amendoim, a farinha de soja possui um teor mineral consideravelmente maior. Principalmente no que se diz respeito aos teores de potássio e ferro. Dentre as leguminosas, a que mais se aproxima dos teores de minerais da soja é o feijão preto (Tabela 1).

Tabela 1. Composição mineral do feijão preto, ervilha em vagem, amendoim e farinha de soja.

Minerais	Leguminosas			
	Feijão preto	Ervilha em vagem	Amendoim	Farinha de soja
Fósforo (mg.100g ⁻¹)	471	152	407	539
Potássio (mg.100g ⁻¹)	1416	311	580	1922
Cálcio (mg.100g ⁻¹)	111	24	---	206
Zinco (mg.Kg ⁻¹)	29	12	32	45
Ferro (mg.Kg ⁻¹)	65	14	25	13

Fonte: TACO (2011).

3.4.3 Proteínas da soja

A maior parte das proteínas está armazenada nos cotilédones, sob a forma de aleuronas ou corpos protéicos. Os corpos protéicos são responsáveis por 60-70% do total de proteína da semente. As proteínas das leguminosas são divididas em albuminas e globulinas. As albuminas são solúveis em água e as globulinas, em soluções salinas. A maioria das proteínas de soja são globulinas e tem massa molar de 100 kDa e solubilidade mínima em valores de pH entre 3,7 e 5,2 e máxima em pH entre 1,5 e 2,5 e acima de pH 6,3. Além de seu ponto isoelétrico está situado entre pH 4,2 e 4,6 (SAIDU, 2005; SILVA, 2007). A soja tem um bom balanço de aminoácidos essenciais, sendo especialmente alto teor de lisina, que lhe confere um maior valor nutricional que outras fontes de proteínas vegetais. Dessa maneira, os derivados de soja são empregados para enriquecimento protéico de vários alimentos (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

As proteínas de soja podem ser classificadas em frações por seu coeficiente de sedimentação. Esta técnica produz quatro frações: 2S, 7S, 11S e 15S em que S representa a unidade Svedberg. As frações 7S (β -conglucina) e 11S (glicina) são os principais componentes protéicos e constituem a maior parte da proteína total. Sendo que a glicina é a proteína mais abundante da soja, responsável por 52% da fração 11S. Sendo esta fração a mais rica em aminoácidos sulfurados, os quais são limitantes em soja, desta maneira quanto maior o teor de frações 11S, melhor a qualidade da proteína de soja. Os inibidores de tripsina, que são os fatores antinutricionais, fazem parte da fração 2S, que se não forem inativados tem efeito negativo na digestibilidade da proteína, bem como na sua eficiência nutricional (MCKLEM, 2002).

3.4.3.1 Solubilidade protéica

A solubilidade de uma proteína é definida como a porcentagem de proteína que se mantém em solução ou dispersão coloidal sob condições específicas e que não sedimenta com forças centrífugas moderadas (ORDÓÑEZ et al., 2005).

A solubilidade das proteínas de soja é uma propriedade importante, porque define aplicação adequada para a soja no processamento de alimentos. Dessa maneira, se torna o critério de qualidade mais utilizado na indústria. Pois as propriedades funcionais, como

formação de espuma, emulsificação e gelificação, são afetadas pela solubilidade da proteína (MCKLEM, 2002; VILLALVA, 2008; FENNEMA, 2010).

A principal vantagem da boa solubilidade é permitir a dispersão rápida e completa das moléculas protéicas, o que conduz a obtenção de um sistema coloidal disperso e com estrutura homogênea, o qual é essencial na elaboração de molhos, sopas desidratadas, bebidas e purês (ORDÓÑEZ et al., 2005).

A solubilidade proteica é geralmente mensurada por métodos de índice de solubilidade do nitrogênio (ISN) ou, em inglês, *nitrogen solubility index* (NSI) e pelo índice de proteína dispersível (IPD) ou, em inglês, *protein dispersibility index* (PDI). O NSI mede o nitrogênio solúvel em água como percentagem do nitrogênio total e às vezes é usado como uma medida da dispersibilidade de proteína. Já o PDI é medido pela água de extração das proteínas, a centrifugação e análise das proteínas do sobrenadante e é expressa como percentual de proteína dispersível em água dividida pela percentagem total de proteína. A diferença entre o NSI, representando a fração percentual de constituintes nitrogenados solúveis em água sob condições específicas, e o PDI, está na velocidade de agitação prevista em cada método. Normalmente o PDI é determinado com agitação forte, em homogeneizadores, e o NSI, com agitação mais lenta, determinada em agitadores de laboratórios. O PDI e NSI foram desenvolvidos e adotados pela indústria como uma medida de solubilidade de proteína após o processamento tratamento térmico da soja (MCKLEM, 2002; OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

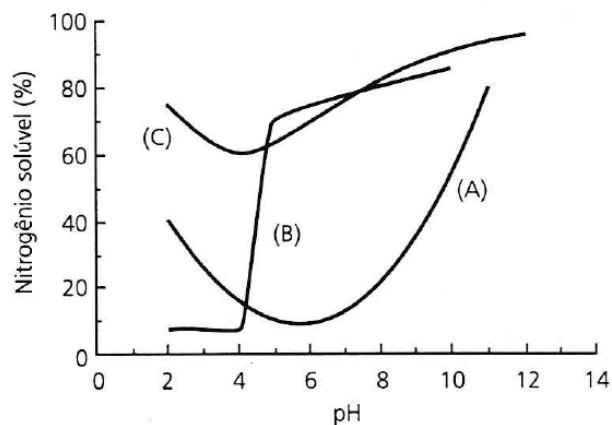
A solubilidade das proteínas depende não apenas das propriedades físico-químicas das moléculas, mas também do pH, da força iônica, da temperatura e do tipo de solvente. Dentre as quais, as principais interações que influenciam as características de solubilidade das proteínas são de natureza hidrofóbica e iônica. As interações hidrofóbicas promovem as interações proteína-proteína, resultando em diminuição de solubilidade, enquanto as iônicas promovem interações proteína-água e resultam em aumento de solubilidade. Os resíduos iônicos introduzem dois tipos de forças de repulsão entre as moléculas proteicas em solução, primeiro envolve a repulsão eletrostática entre as moléculas de proteína que se deve à carga positiva ou à negativa líquida, em qualquer pH que não seja pH isoelétrico (FENNEMA, 2010).

Normalmente, a solubilidade das proteínas aumenta com a temperatura de 0°C a 40°C. Acima disso, a maioria delas tende a desnaturar, o que implica uma perda de solubilidade. A desnaturação térmica muda a solubilidade das proteínas, porque há aumento dos grupos

hidrofóbicos em sua superfície (em estado nativo, estão voltados para o interior da molécula). Já em temperaturas de congelamento, a solubilidade das proteínas também diminui devido às uniões protéicas que se estabelecem quando a água que estabiliza certos grupos funcionais se separar em forma de gelo (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Quando se representa a solubilidade de determinada proteína em função do pH, obtêm-se normalmente curvas em forma de U, em que a solubilidade mínima corresponde a pH coincidente com o ponto isoelétrico (Figura 1). As proteínas são mais solúveis em água quanto mais distante o pH encontra-se de seu ponto isoelétrico e, portanto, mais pontes de hidrogênio podem estabelecer-se entre as moléculas de água e as das proteínas (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Figura 1. Representação esquemática da solubilidade proteica em função do pH da proteína de soja (A), do caseinato de Na (B) e de proteínas do soro do leite (C) em NaCl 0,2 M.



Fonte: ORDÓÑEZ et al. (2005).

3.4.4 Isoflavonas

As isoflavonas foram identificadas, por volta de 1940, como sendo compostos difenólicos muito semelhantes à molécula do estrógeno feminino. Sua aplicação nos sintomas da menopausa e outros distúrbios provocados pelo *déficit* de estrógenos tem sido objeto de inúmeros trabalhos clínicos e experimentais nos últimos 60 anos (LAUDANNA, 2006). Pesquisadores há muito tempo reconheceram que as mulheres asiáticas, consumindo dietas tradicionais ricas em soja, desfrutavam de uma melhor saúde cardiovascular e óssea do que os seus homólogos nas sociedades ocidentais. Estas substâncias estão relacionadas com os

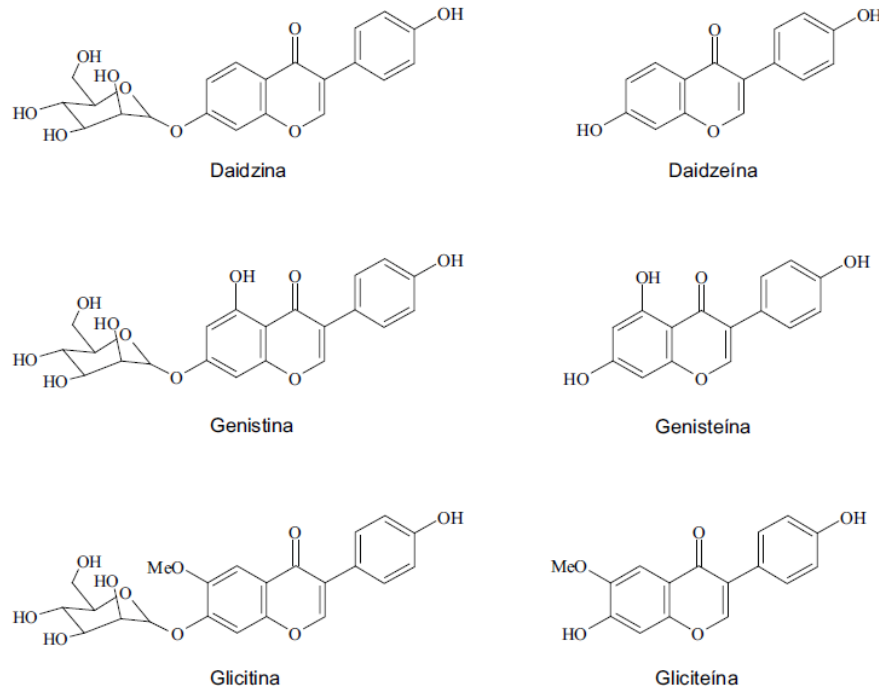
flavonóides, mais comumente conhecidos, que são encontrados em frutas e vegetais. Há evidência científica de que as isoflavonas podem ajudar a manter um coração saudável, ossos fortes e aliviar os sintomas pós-menopausa. E também podem auxiliar no funcionamento do sistema imunológico reduzindo os fatores de risco que são envolvidos na etiologia de certos cânceres (BROUNS, 2002).

As isoflavonas são compostos químicos, que pertencem a uma classe conhecida como fitoestrógenos ou estrógenos vegetais que estão particularmente presentes em alimentos à base de soja (HE; CHEN, 2013). As isoflavonas têm efeito sobre as células, atuando na sua proliferação, crescimento e maturação e como tal, funcionam como reguladores importantes na manutenção da função do órgão. As isoflavonas também possuem propriedades antioxidantes, como a genisteína e daidzeína que protegem as células dos efeitos prejudiciais dos radicais livres, que promovem o envelhecimento. Para diabetes, tem sido mostrado que as isoflavonas têm o potencial de reduzir a oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), que é importante na prevenção de danos vasculares (BROUNS, 2002).

As isoflavonas compreendem as formas agliconas: genisteína, gliciteína e daidzeína, as quais não possuem a molécula de glicose ligada à sua cadeia principal; as formas glicosiladas são daidzina, glicitina e genistina, que possuem uma molécula de glicose ligada à cadeia principal, e seus derivados malonil e acetil (Figura 2) (CARRÃO-PANIZZI, 1996). As formas malonil-glicosiladas são as isoflavonas presentes em maior proporção na semente de soja (KUDOU et al., 1991).

As isoflavonas são absorvidas nas formas agliconas (daidzeína, gliciteína e genisteína), que são prontamente biodisponíveis. As formas glicosídicas são absorvidas intactas, e necessitam de uma hidrólise inicial do açúcar, para que sejam transportadas pela circulação periférica e assim serem convertidas em daidzeína e genisteína, que são as formas biologicamente ativas (SETCHELL et al., 2001). Conforme Setchell et al. (2001), adultos saudáveis absorvem rapidamente e eficientemente as isoflavonas. Sendo que, na maior parte dos adultos, o tempo para atingir o pico nas concentrações plasmáticas após a ingestão das agliconas é de 4 a 7 horas, enquanto que para as formas glicosídicas é de 8 a 11 horas.

Figura 2. Estruturas químicas dos glicosídeos e agliconas de isoflavonas presentes em extratos secos de soja.



Fonte: CESÁR et al. (2007).

Alimentos de soja fermentados, como *missô*, *tempeh* e *shoyu* contêm isoflavonas agliconas, não conjugadas, enquanto alimentos de soja não fermentados (leite de soja, tofu, farinha de soja, concentrado de proteína de soja e proteína isolada de soja) contêm β -glicosídeos conjugados. O processo de fermentação favorece a conversão das demais formas de isoflavonas em agliconas (COWARD et al., 1998).

Nos estudos de Coward et al. (1998), onde foram analisados as diferentes formas de isoflavonas em diferentes produtos de soja, constatou-se que a farinha de soja, preparada por moagem de grãos de soja, continha predominantemente os conjugados O-malonil- β -glicosídeo. Já a farinha de soja torrada aumentou o conteúdo dos β -glicosídeos e dos conjugados O-acetil- β -glicosídeo. Já para o tofu e leite de soja, as quais são processadas por extrações aquosas à quente, continha predominantemente os conjugados β -glicosídeo. Quando foram adicionados os ingredientes para fabricação de pão de soja, tais como açúcar e manteiga os conjugados O-malonil- β -glicosídeo foram degradados muito mais rapidamente. Este estudo prova que as isoflavonas na forma de glicosídeos conjugados são facilmente alterados durante o processamento. As formas malonil são termolábeis, e se reduzem durante

o cozimento, conforme observado anteriormente. Métodos de processamento associados a matéria-prima com altos níveis de isoflavonas podem favorecer maior desenvolvimento de isoflavonas agliconas.

A escolha de cultivares com maiores teores de isoflavonas garante a oferta de matéria-prima mais adequada para processamentos de alimentos funcionais à base de soja. Entre as cultivares de soja tem sido observado que há variabilidade genética para os teores de isoflavonas, ao mesmo tempo em que condições de locais de cultivo, podem favorecer o desenvolvimento desses compostos. Temperaturas locais médias reduzidas durante o período de enchimento de grãos aumentam os teores de isoflavonas nos grãos de soja (CARRÃO-PANIZZI et al., 1999). Também tem sido observado que tratamentos hidrotérmicos dos grãos, com temperaturas e períodos de tempo adequados, podem proporcionar maior desenvolvimento de isoflavonas agliconas (compostos biodisponíveis responsáveis por efeitos benéficos à saúde humana), garantindo a obtenção de produtos à base soja com maior teor desses compostos (CARRÃO-PANIZZI; SIMÃO; KIKUCHI, 2003). Portanto, a variabilidade no teor de isoflavonas em soja é determinada geneticamente e pelas condições ambientais de cultivo. O processamento também é responsável pelo maior ou menor teor de isoflavonas nos alimentos. A exposição prolongada à alta temperatura durante o processamento reduz os teores totais de isoflavonas, principalmente no que se refere ao teor das formas malonil (CARRÃO-PANIZZI; SIMÃO; KIKUCHI, 2003).

Benassi e Prudencio (2013) também observaram perdas nos teores de isoflavonas no processamento de tofus, os quais apresentaram uma retenção média nos tofus de 33% em relação ao teor total dos grãos. Para o grão da cultivar BRS 257 os teores de isoflavonas na forma de glicosídeos foi de $374,3 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e na forma de agliconas $9,0 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Já para o tofu produzido a partir desses grãos o teor de isoflavonas na forma de glicosídeos diminuiu para $97,8 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e o das agliconas aumentou para $18,9 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$. A cultivar BRS 267, apresentou o teor de isoflavonas na forma de glicosídeos no grão, de $280,9 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e para forma aglicona $9,6 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Já para o tofu, o teor de glicosídeos diminuiu para $67,2 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e o das agliconas aumentou para $15,5 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Segundo os mesmos autores o aumento nas agliconas (forma mais ativa biologicamente) é propiciado pelas condições de processamento, que favorecem a conversão de outras formas químicas das isoflavonas.

As isoflavonas concentram-se no hipocótilo da semente, o qual apresenta em torno de $1,4$ a $1,8 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (base úmida - b.u.); no cotilédone $0,16$ a $0,32 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ b.u.; e na casca $0,01$ a $0,02 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ b.u. (LAUDANNA, 2006). O germe, (hipocótilo ou embrião) é a parte da

semente de soja que apresenta maior teor de isoflavonas, ou seja, contém cerca de 5 a 6 vezes mais que a quantidade de isoflavonas encontradas nos cotilédones (SAIDU, 2005).

O teor total de isoflavonas observado em 13 cultivares de uma linhagem de soja, desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Soja, variou entre 57 e 188 mg.100g⁻¹ (b.u.) de farinha de soja, com um valor médio de 116 ± 34 mg.100g⁻¹ (b.u.) de farinha soja (GENOVESE; HASSIMOTTO; LAJOLO, 2005).

Como no hipocótilo, ocorrem as maiores concentrações de isoflavonas, as indústrias processadoras de alimentos à base de soja utilizam essa parte das sementes como matéria-prima. Entre as cultivares estudadas por Silva e colaboradores (2012), o menor teor de isoflavonas no hipocótilo, que representa somente 2% do grão, foi observado na cultivar BRS 267 (1780,48 mg.100g⁻¹). A cultivar BRS 257 apresentou uma alta concentração de isoflavonas totais, nos grãos inteiros (294,43 mg.100g⁻¹), enquanto que a cultivar BRS 267 apresentou o menor teor (165,26 mg.100g⁻¹). Nos cotilédones, que constituem 90% do grão de soja, os teores de isoflavonas na cultivar BRS 257 foi maior (255,07 mg.100g⁻¹) que o apresentado pela BRS 267 (115,64 mg.100g⁻¹). Na casca, que representa 8% do grão, não deveria haver isoflavonas. Entretanto, em razão do sistema mecânico de descasque dos grãos não ser tão eficiente quando comparado ao de separação manual das partes dos grãos, as cascas não ficam completamente limpas e apresentam porções residuais de cotilédones e de hipocótilos. Mas isso não se constitui em um problema, mas sim em uma vantagem, principalmente quando essas cascas com porções de hipocótilos deverão ser utilizadas como fonte de fibras e de isoflavonas (SILVA et al., 2012). Apesar da cultivar BRS 267 ter apresentado menores teores de isoflavonas totais e glicosiladas no hipocótilo, a mesma apresentou o maior teor de isoflavonas agliconas nesse componente do grão.

3.4.5 Enzima lipoxigenase

As lipoxigenases (EC 1.13.11.12) são isoenzimas pertencentes a uma classe de dioxigenases de ferro não heme, que catalisam a incorporação de moléculas de oxigênio em ácidos graxos poliinsaturados (substratos), como os ácidos linoléico e linolênico, nas plantas, e o ácido araquidônico nos animais, que por possuírem a estrutura cis,cis 1,4-pentadieno (-CH=CH-CH₂-CH=CH-), formam hidroperóxidos (cis-trans monoméricos conjugados) que se decompõem em ácidos, aldeídos e cetonas de cadeia curta. Essa enzima não oxida ácido oléico e não ocorre em óleos e gorduras hidrogenadas (PRIGGE, 1996; OETTERER;

REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006b). A maioria das lipoxigenases são enzimas citosólicas (solúveis), e algumas são cloroplasmática, mitocondrial, ou localizados nos vacúolos (BAYSAL; DEMIRDÖVEN, 2007).

As lipoxigenases também podem catalisar a co-oxidação dos carotenóides, incluindo β -caroteno, resultando na perda de nutrientes essenciais, além do desenvolvimento de sabores desagradáveis. Essas enzimas são encontradas em plantas, tecidos de animais, produtos marinhos, cogumelos e outros fungos (ROBINSON et al., 1995).

Há vários tipos de lipoxigenases que diferem em suas propriedades. Nas sementes de soja estão presentes na forma de três isoenzimas (LOX 1, 2 e 3). A LOX 1 tem atividade ótima em pH 9,0, só age em ácidos graxos poliinsaturados livres e forma 9 - ou 13 - hidroperóxidos na proporção 1:9. Sendo usada para o branqueamento da farinha de trigo, atuando como um melhorador durante o desenvolvimento da massa no processamento de panificação. A LOX 2 tem atividade ótima em pH 6,5, age mais como um catalisador da auto-oxidação, atuando sobre os triglicérides bem como os ácidos graxos poliinsaturados livres e formando 9 - ou 13-hidroperóxido na proporção de 1:1, além de outros produtos, como ácidos graxos cetodienos e reage com substratos esterificados, o que significa que ataca os triglicérides, não necessitando de uma lipase para liberar os ácidos graxos para ter atividade no alimento. E a LOX 3 é semelhante à isoenzima 2, mas a sua atividade é inibida por íons de cálcio, enquanto a lipoxigenase 2 é estimulada pelo metal. Todas as isoenzimas de lipoxigenase de soja são monoméricas, tem um peso molecular de cerca de 100.000 u e contêm um átomo de ferro por mol de proteína. Sendo que a lipoxigenase é uma proteína ligada a um metal que tem um átomo de ferro em seu centro. Ela é ativada por seu produto e durante a oxidação o Fe^{2+} passa a Fe^{3+} (ROBINSON et al., 1995; OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006b; BAYSAL; DEMIRDÖVEN, 2007).

No início da germinação de sementes de espécies ricas em óleo há um grande aumento de hidroperóxidos nos lipídios armazenados. Nestas sementes pode ser detectada a presença da lipoxigenase na mono camada fosfolipídica dos corpos lipídicos. Esta enzima antecede a ação de lipases, sendo responsável pela oxidação na posição 13 da cadeia carbônica de um ácido graxo e tendo a capacidade de oxidar resíduos de ácidos graxos esterificados (FEUSSNER et al., 2001).

As lipoxigenases são responsáveis pelo *beany flavor*, sabor característico da soja, que é o maior obstáculo ao consumo da soja nos países ocidentais (BARROS et al., 2008). Além disso, a lipoxigenase tem a capacidade de formar radicais livres que podem atacar outros

constituintes, tais como vitaminas, compostos fenólicos e proteínas. Por esse motivo essa enzima desperta o interesse de muitos pesquisadores da área de alimentos (ROBINSON et al., 1995).

A lipoxigenase é um fator fisiológico importante na biossíntese de etileno e no amadurecimento do fruto, sendo um importante fator benéfico no desenvolvimento do sabor característico de muitos frutos e vegetais. Em contra partida a estes efeitos benéficos, a lipoxigenase também é responsável pela degradação da qualidade dos alimentos. A produção de sabores e odores desagradáveis (*off-flavor*) é um problema particular com legumes crus, como a soja, ervilhas, lentilhas, e muitos outros produtos da família Leguminosae. Os compostos relacionados com sabor persistem na soja amadurecida e também são gerados durante o processamento (RACKIS; SESSA; HONIG, 1979).

Em algumas leguminosas o *off-flavor* pode ser prontamente controlado por inativação rápida da lipoxigenase com tratamento térmico, álcool ou tratamento com ácido. Menos de 1% da atividade original da lipoxigenase permanece após a imersão dos grãos em 30 a 80% de álcool (RACKIS; SESSA; HONIG, 1979). Mas o tratamento térmico é o mais usado para melhorar o valor nutricional e sensorial (sabor) da soja, este tratamento, porém, deve ser controlado para evitar destruição de aminoácidos importantes, insolubilização de proteínas, e diminuição da biodisponibilidade de outros nutrientes (VASCONCELOS et al., 2001). Por esse processo térmico (branqueamento) é possível prevenir a ação dessas enzimas, melhorando a aceitação dos produtos derivados da soja (FELIX; CANNIATTI BRAZACA; MACHADO, 2011).

A eliminação genética das enzimas lipoxigenases (LOX 1, LOX 2 e LOX 3) é uma das maneiras mais eficazes de se contornar os problemas associados a essa enzima, principalmente no que se diz respeito ao *off-flavor*, problema que mais inibe o consumo direto de produtos a base de soja (MARTINS; SEDIYAMA; MOREIRA, 2002).

A partir desta necessidade de produtos de soja com sabor melhorado, a Embrapa Soja desenvolveu cultivares com ausência de enzimas lipoxigenases como a BRS 257 e a BRS 213, o qual podem atender a indústria de alimentos devido a essas características especiais (CARRÃO-PANIZZI, 2001; CARRÃO-PANIZZI et al., 2009).

Boatto et al. (2010), em seus experimentos com soja livre de lipoxigenases, constataram que o queijo de soja tipo *petit suisse* teve boa aceitação, confirmando que pelo processamento de soja sem lipoxigenases, há a redução do sabor característico de soja. Ciabotti et al. (2007) relataram que o sabor de extrato de soja foi melhor, tanto com a soja

livre de lipoxigenase, quanto com a soja comum branqueada. Entretanto, para processamento de tofu, o extrato de soja não pode ser branqueado pois esse tratamento altera a constituição das proteínas, prejudicando rendimento, e atributos de sabor, textura e aparência do tofu. Portanto, o melhoramento genético dos grãos de soja, no que se refere a eliminação das lipoxigenases torna-se uma alternativa interessante para a obtenção de diversos produtos à base de soja com sabor melhorado, proporcionando aumento do consumo da oleaginosa.

3.5 FATORES ANTINUTRICIONAIS

Apesar de a soja ser boa fonte de proteínas, ela apresenta substâncias consideradas antinutricionais que limitam sua utilização e diminuem sua aceitação (CARDOSO et al., 2007). Diversos são os efeitos negativos que são atribuídos a estas substâncias presentes naturalmente em algumas leguminosas, os principais são: redução na biodisponibilidade de minerais (oxalatos, fitatos) e inibição de enzimas proteolíticas (inibidores de proteases) (BENEVIDES et al., 2011).

Dentre esses fatores, os inibidores de tripsina são os mais estudados por afetarem a digestibilidade das proteínas da soja. Ação destes inibidores no trato gastrointestinal leva à redução da disponibilidade dos aminoácidos, limitando o valor nutricional dessa leguminosa (KONAREVA et al., 2002; BRUNE, 2010). Vários inibidores têm sido isolados do grão de soja, porém dois deles, o inibidor de tripsina Kunitz (KTI) e o inibidor Bowman Birk (BBI) são mais conhecidos (KONAREVA et al., 2002).

Os inibidores de tripsina e quimotripsina, fatores bociogênicos e hemaglutininas, são inativados ou destruídos por tratamento térmico em umidade adequada, de forma a melhorar a digestibilidade da proteína da soja (SAWAZAKI; TEIXEIRA; MIRANDA, 1987; ROEBUCK, 1987). Porém, o tratamento térmico excessivo reduz o valor nutritivo, diminuindo os teores de aminoácidos sulfurados sensíveis ao calor e a disponibilidade da lisina: com a hidrólise dos carboidratos, ocorre o aumento do nível dos açúcares redutores, que reagem com os grupos amino da lisina na reação de Maillard. Sendo que a desnaturação térmica também influi nas propriedades físicas de geleificação, texturização ou fibrilação da proteína (SAWAZAKI; TEIXEIRA; MIRANDA, 1987). No processamento da leguminosa, procedimentos como maceração, uso da atmosfera controlada, trituração, tratamento enzimático, alta pressão isostática, dentre outros, também poderá eliminá-los parcial ou totalmente. Estudos genéticos também têm sido realizados no desenvolvimento de cultivares

de vegetais com menor quantidade de determinados antinutrientes (BENEVIDES et al., 2011).

3.5.1 Inibidor de tripsina Kunitz

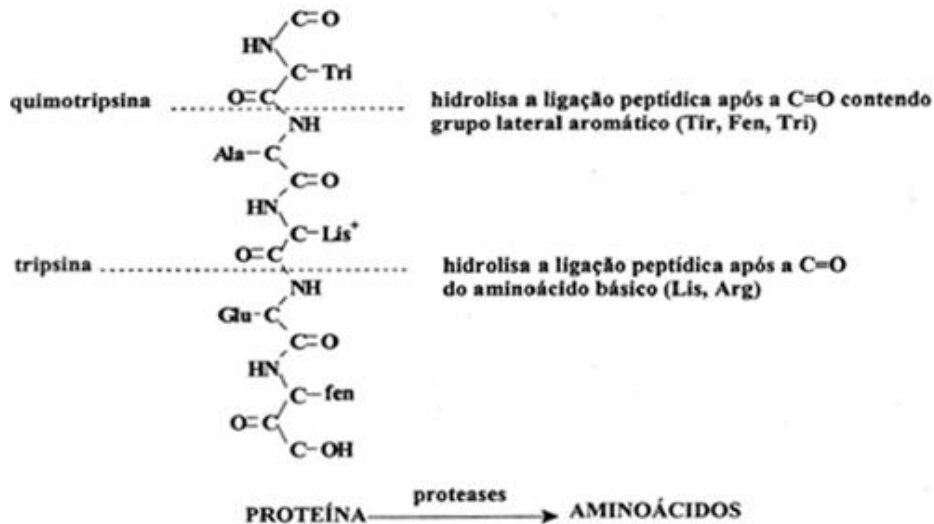
Os inibidores de protease ocorrem em todos os tecidos animais e vegetais e também em micro-organismos. Apenas em 1930, foi demonstrado sua presença em tecidos vegetais, especificamente em extrato aquoso de farinha de soja. Em trabalhos publicados em 1945 e 1946, Kunitz apresentou o composto cristalizado, que mais tarde foi denominado inibidor de tripsina Kunitz (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006c). Foram identificados pelo menos cinco inibidores, sendo que os principais que estão presentes na soja crua, são o inibidor de tripsina Kunitz e o inibidor de tripsina e quimiotripsina Bowman-Birk (BRUNE, 2010), em concentrações de 1,4% e 0,6%, respectivamente (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006c).

Os inibidores são classificados em duas categorias: os de alto peso molecular (cerca de 20.000 kDa) que apresentam duas pontes dissulfeto, 181 resíduos de aminoácidos e possuem especificidade primária para tripsina; e os de baixo peso molecular (6.000 e 10.000 kDa) com alta proporção de ligações dissulfeto, 71 resíduos de aminoácidos e capacidade para inibir tripsina e quimiotripsina em sítios de ligações independentes (BRUNE, 2010).

Os inibidores tipo Kunitz são encontrados em todas as subfamílias Leguminosae: Mimosoideae, Caesalpinioideae, Papilionoideae e também na família Solanaceae (BATISTA et al., 1996); estando presentes em feijão, ervilhas, lentilhas, amendoim, soja, entre outros (ARAÚJO, 1999). Durante a digestão, a hidrólise das proteínas (Figura 3) é comprometida e as proteínas da dieta tornam-se nutricionalmente indisponíveis, promovendo uma redução na absorção dessas proteínas, e menor retenção de nitrogênio absorvido (ARMOUR et al., 1998).

O organismo humano aparentemente tolera baixos níveis de inibidores de protease, mas níveis elevados provocam o crescimento do pâncreas em razão da contínua produção das enzimas digestivas (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006c; ARAÚJO, 1999).

Figura 3. Ação das proteases sobre as proteínas. A quimotripsina hidrolisa a ligação peptídica após C=O contendo grupo lateral aromático e a tripsina hidrolisa a ligação peptídica após C=O do aminoácido básico.



Fonte: ARAÚJO (1999).

Cerca de 80% da inibição da atividade trípica de grãos de soja é causada pela ação do inibidor de tripsina Kunitz (MONTEIRO et al., 2004). Mas sua atividade pode ser destruída facilmente em mais de 90%, se as leguminosas forem processadas por no mínimo 30 a 60 minutos em água fervente ou autoclavadas a 15 psi por 15 a 20 minutos. Até 87% dos inibidores de protease de farinha de soja são destruídos com 9 minutos de tratamento no vapor a 100°C (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006c).

Por meio de melhoramento genético também é possível reduzir os teores do inibidor de tripsina em soja. Essa característica, quando comparada com soja convencional promove uma diminuição significativa nos valores de inibição de tripsina em extratos protéicos, melhorando assim, a digestibilidade da proteína (BRUNE et al., 2010). Nos estudos de Brune et al. (2010), a temperatura de 105 °C em calor seco (estufa) durante 40 minutos foi suficiente para promover a inativação dos principais inibidores de tripsina, como o Kunitz, nas sementes de soja convencional. Monteiro et al. (2003), também constataram que dietas à base de farinhas de soja derivadas de linhagens com ausência de inibidor de tripsina Kunitz apresentaram valores de digestibilidade estatisticamente superiores (92,48 e 93,40%), aos valores (88,16 e 89,81%) observados em dietas com farinhas de soja de linhagem contendo o inibidor. O autor também conclui que mesmo com a eliminação genética de Kunitz, os valores

de inibição de tripsina e quimotripsina nas farinhas continuaram elevados. Sugerindo que embora o Kunitz seja reduzido, o inibidor de tripsina Bowman-Birk fica ativo inibindo a tripsina e quimotripsina.

3.5.1.1 Atividade ureática

A enzima urease (uréia aminohidrolase) faz parte da constituição da soja e de muitas outras leguminosas, sendo o seu teste muito utilizado pelas indústrias de alimentos, pois constitui um método barato e rápido de avaliar indiretamente o teor dos inibidores de tripsina nos produtos derivados de soja (CARDOSO et al., 2007).

O índice da atividade ureática (IAU) é uma análise que determina o quanto os fatores antinutricionais presentes no grão de soja foram reduzidos ou eliminados. Essa enzima é destruída pelo calor, que é frequentemente utilizado em processamento, e sua metodologia consiste em determinar a redução da atividade da enzima urease (LIMA et al., 2011).

Existe uma correlação direta entre os fatores antinutricionais e a urease, pois ambos são termolábeis, destruídos pelo calor. Com a inativação da enzima urease teoricamente os fatores antinutricionais estariam destruídos. Portanto, de uma maneira geral, essa análise determina se o farelo de soja recebeu processamento térmico suficiente para inativar os fatores antinutricionais presentes no grão de soja. A análise de atividade ureática é um bom indicativo de processamento térmico adequado ou inadequado do farelo de soja (Tabela 2) (LIMA et al., 2011).

Nos estudos de Cardoso; colaboradores (2007), foi observado que os valores para o teste de urease para as farinhas cruas variaram de 1,85 a 2,12.

Tabela 2. Padrão de atividade ureática do farelo de soja.

Classificação	Atividade Ureática
Excelente	0,01 – 0,05
Boa	0,06 – 0,20
Regular	0,21 – 0,31
Deficiente	> 0,30

Fonte: LIMA et al. (2011).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Neste item serão apresentadas as descrições dos materiais e métodos utilizados para caracterização dos grãos de soja e obtenção e caracterização das farinhas de soja.

4.1 MATERIAL

Os grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) utilizados neste estudo, foram cedidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo). Foram utilizados grãos provenientes da cultivar convencional Vmax e das cultivares especiais para alimentação humana BRS 267 e BRS 257, ambas desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Soja (Londrina / PR). As cultivares foram oriundas da região de Passo Fundo – RS (Latitude 28°15'40"), safra 2012/2013.

4.2 ANÁLISES

Os experimentos foram realizados nos laboratórios pertencentes ao Departamento de Engenharia de Alimentos (Laboratórios de Análises Físico-Química e Bromatologia, Biotecnologia de Alimentos e Processos de Separação/Termodinâmica), da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim. Apenas as análises de extração e quantificação de isoflavonas e composição mineral foram realizadas na Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa da Soja na cidade de Londrina no estado do Paraná.

As análises de composição físico-química, composição mineral, índice de dispersibilidade proteica, índice de solubilidade de nitrogênio, quantificação das isoflavonas e determinação da atividade do inibidor de tripsina Kunitz foram realizadas nos grãos e nas farinhas. Já as análises de determinação colorimétrica da presença/ausência da enzima lipoxigenase e cor das farinhas foram realizadas apenas nos grãos (Vmax e BRS 267) e nas farinhas de soja, respectivamente. Além disso, as dadas análises foram realizadas em triplicatas.

4.2.1 Composição físico-química

As análises de umidade, proteínas, lipídeos e cinzas foram realizadas segundo os métodos da AOAC (2007). Sendo a umidade determinada pelo método gravimétrico em estufa (Fanem[®], modelo 320-SE) a 105 °C por aproximadamente 4 h. Os valores de umidade dos grãos e da farinha foram padronizados em 8,45% (extrato seco de 91,55) e 2,52% (extrato seco de 97,48), respectivamente, para as análises de proteínas, lipídeos e cinzas. As cinzas foram determinadas por meio da calcinação das amostras em mufla (Lavoisier[®], modelo 400C) a 550 °C por 6 horas. A determinação de proteínas foi realizada segundo o método de Kjeldahl, para a quantificação de nitrogênio total o conteúdo de proteína foi calculado por multiplicação pelo fator 6,25 e a determinação de lipídios realizada por extração em Soxhlet (Nova Ética[®], modelo NT340), utilizando éter de petróleo (Química Moderna[®] 30-60°C) como extrator. Os resultados foram expressos em g.100g⁻¹, em base seca.

4.2.2 Composição mineral

Para extração dos metais P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Fe e Cu presentes nos grãos de soja e na farinha foi utilizado o método de digestão úmida, realizada em um digestor de amostra por micro-ondas (CEM[®], modelo MARSXpress), seguido de determinação analítica em ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry*) da marca PerkinElmer - modelo Optima 8300 (SILVA F.C., 2009). Vale ressaltar que a técnica conta ainda com mínimo de contaminação externa e o não desprendimento de gases e vapores tóxicos. Essa análise foi realizada na Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa da Soja em Londrina/PR.

Para realização da análise 0,25g da amostra foi pesada em balança analítica, em tubo de teflon. Para cada amostra foram adicionados 6 ml de ácido nítrico (HNO₃) (Merck[®]-Pureza 65%) a 50%, deixando descansar por 30 minutos na capela antes do fechamento dos tubos (pré-digestão). O tecido vegetal foi então digerido sob temperatura de 170°C e potência de 1600 w.

O procedimento de digestão foi realizado com uma rampa de aquecimento nos primeiros 10 minutos, com gradiente de temperatura crescente até 170°C. O programa terminou com 15 minutos de resfriamento e encerramento da digestão.

Após o término da digestão, a amostra já digerida foi diluída e preparada para análise por técnica de espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-

OES). Esse método tem como princípio a análise dos metais dissolvidos na solução (extrato ácido) (GINÉ-ROSIAS, 1998).

Para a obtenção da quantidade de minerais nos grãos com e sem casca e das farinhas obtidas dos grãos branqueados e sem branqueamento, também com e sem casca, foram usadas as médias das três cultivares. Os resultados foram expressos em g.Kg^{-1} , em base úmida para os minerais P, K, Ca e Mg, enquanto que para Zn, Mn Fe e Cu os resultados foram expressos por mg.Kg^{-1} , em base úmida.

4.2.3 Índice de solubilidade de nitrogênio

O índice de solubilidade de nitrogênio (ISN) foi determinado segundo o método descrito na AOCS – método oficial Ba 11-65 (1969), destacando-se por ser técnica de lenta agitação. Onde 5 g de amostra foram diluídos em 200 mL de água destilada, sendo agitada em banho incubador (Nova Ética[®]) a 120 rpm a 30°C por 2 horas. Após esse tempo o sobrenadante foi centrifugado (Centrífuga MPW[®], modelo 351R), por 10 minutos a 1500 rpm, o filtrado obtido foi utilizado para a determinação de proteína bruta pelo método oficial (AOAC, 2007), onde o ISN foi calculado pela relação das Equações 1 e 2:

$$NS = \frac{V \times N \times f \times 0,014 \times Vd \times 100}{P \times Va} \quad (1)$$

Onde:

NS = Nitrogênio solúvel (%);

V = Volume de ácido clorídrico (HCl) 0,1 N gasto na titulação (mL);

N = Normalidade do HCl 0,1 N;

f = fator do HCl;

Vd = Volume de diluição (mL);

P = Peso da amostra (g);

Va = Volume da alíquota (mL);

$$ISN = \frac{NS \times 100}{Nt} \quad (2)$$

Onde:

Nt = Nitrogênio total (%);

4.2.4 Índice de dispersibilidade proteica

O índice de dispersibilidade proteica (IDP) foi determinado segundo o método descrito na AOCS – método oficial Ba 10-65 (1980), destacando-se por ser uma técnica de rápida agitação. Onde 10 g de amostra foram diluídos em 250 mL de água destilada, sendo agitado em homogeneizador (Ultra-Turrax[®], modelo T18) a 8500 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi centrifugado (centrífuga MPW[®], modelo 351R), por 10 minutos a 2700 rpm, o filtrado obtido foi utilizado para a determinação de proteína bruta pelo método oficial (AOAC, 2007), onde o IDP foi calculado pela relação das Equações 3 e 4:

$$PS = \frac{V \times N \times f \times 0,014 \times Vd \times F \times 100}{P \times Va} \quad (3)$$

Onde:

PS = Proteína solúvel (%);

V = Volume de HCl 0,1 N gasto na titulação (mL);

N = Normalidade do HCl 0,1 N;

f = fator do HCl;

Vd = Volume de diluição (mL);

P = Peso da amostra (g);

Va = Volume da alíquota (mL);

$$IDP = \frac{PS \times 100}{Pb} \quad (4)$$

Onde:

Pb = Proteína bruta (%);

4.2.5 Determinação e quantificação das isoflavonas

As análises para determinar e quantificar o teor das isoflavonas nos grãos de soja e nas farinhas foram realizadas de acordo com a metodologia de Berhow (2002). A extração das isoflavonas das amostras foi conduzida conforme Carrão-Panizzi et al. (2002). Essa análise foi realizada na Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa da Soja em Londrina/PR.

Cada amostra foi desengordurada com n-hexano (Química Moderna[®] - Pureza 98,5%) a frio, durante 16 horas. Alíquotas de 100 mg de cada amostra foram transferidas para tubos

tipo Falcon de 10 mL com tampa rosqueável e a seguir, foram adicionados 4 mL da solução extratora (etanol a 70 % contendo 0,1 % de ácido acético). Os tubos foram tampados, homogeneizados e a extração realizada por uma hora a temperatura ambiente (25 °C). Em intervalos de 15 minutos os tubos foram agitados com auxílio de um agitador de tubos tipo “vortex” (Phoenix[®], modelo AP 56). Após a extração, as amostras foram transferidas para tubos de centrífuga tipo “ependorff” e mantidas em geladeira (4 °C) para posterior análise por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

Antes da análise, cada amostra foi centrifugada em microcentrífuga refrigerada (Eppendorff[®], modelo 5417 R) por 4 minutos a 35.396G e a temperatura de 4°C. O sobrenadante foi então filtrado em filtros Millex - LH (0,45 µm). Para a injeção direta no cromatógrafo líquido foram utilizados 20 µL de cada amostra.

A separação e quantificação das isoflavonas foram realizadas em coluna de fase reversa do tipo ODS C18 (YMC-Pack ODS-AM, S-5 µm, 120 A, com diâmetro de 4,6 mm e 250 mm de comprimento), utilizando-se cromatógrafo líquido (HPLC) da marca WATERS, modelo 2690, com injetor automático de amostras. Para a separação das isoflavonas foi usado o sistema de gradiente linear binário tendo-se como fases móveis metanol: grau cromatográfico contendo 0,025 % de ácido TFA (ácido trifluoroacético) (solvente A) e água destilada deionizada ultrapura contendo 0,025 % de ácido TFA (solvente B). A condição inicial do gradiente foi de 20 % para o solvente A, atingindo-se 90 % em 35 minutos e retornando a 20 % novamente a 40 minutos. O tempo total de corrida foi de 50 minutos. A vazão da fase móvel foi de 1 mL minuto⁻¹ e a temperatura durante a corrida mantida constante a 25 °C.

Para a detecção das isoflavonas foi utilizado o detector de arranjo de diodos da marca Waters, modelo 996, ajustado para o comprimento de onda de 254 nm. A identificação das isoflavonas foi realizada pela mistura dos padrões de daidzina, daidzeína, genistina e genisteína (Sigma[®]) em metanol (grau HPLC) nas seguintes concentrações: 0,00625 mg mL⁻¹; 0,0125 mg mL⁻¹; 0,0250 mg mL⁻¹; 0,0500 mg mL⁻¹ e 0,1000 mg mL⁻¹.

A quantificação das isoflavonas por padronização externa (área dos picos) foi feita utilizando as referências dos padrões. Todos os resultados foram expressos em mg.100g⁻¹, em base seca.

4.2.6 Determinação da atividade do inibidor de tripsina Kunitz

A atividade de inibidor de tripsina foi determinada conforme metodologia desenvolvida por Kakade et al. (1974). Inicialmente as amostras de soja foram moídas em moedor Cuisinart[®] (modelo DCG-20BKN) e desengorduradas com n-hexano (Química Moderna[®] - Pureza 98,5%) sob agitação em agitador magnético (Velp Científica[®]) durante 16 horas. A extração dos inibidores foi realizada em agitação, durante três horas em temperatura ambiente (aproximadamente 23°C), 1g da amostra desengordurada em 50 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01N. Após a etapa de extração, o pH da suspensão foi ajustado para 9,2 com HCl 1N e uma alíquota de 2 mL desta solução extratora foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL e o volume completado com água destilada.

A atividade inibitória foi realizada por meio de ensaio enzimático utilizando-se o benzoil-DL-arginina-*p*-nitroanilida (BAPNA) (Sigma[®] - Pureza $\geq 98\%$) como substrato para a tripsina de pâncreas bovino da marca Sigma, efetuado em triplicata. Alíquotas de 2 mL da solução diluída do extrato das amostras foram pipetados em 4 tubos de ensaio (3 tubos para determinação da atividade no extrato da amostra e 1 tubo para o branco) e 2 mL de água destilada no tubo para determinar o padrão de tripsina. A cada tubo, previamente acondicionado em banho-maria (Marconi[®] modelo MA126) à 37°C, foram adicionados 2 mL da solução de tripsina (0,02 mg/mL de HCl 0,001 N), com excessão do branco, e após 10 minutos foram adicionados 5 mL de BAPNA 0,4 mg/mL de tampão Trisma pH 8,2 (contendo 2,95 mg/mL de cloreto de cálcio dihidratado (CaCl₂.2H₂O) da marca Neon - pureza 99,0-105,0%), previamente aquecidos a 37°C, em todos os tubos prosseguindo a incubação por mais 10 minutos. Após este período a reação foi interrompida pela adição de 1 mL de ácido acético 30% (v/v) da marca Dinâmica - pureza 99,7%, em todos os tubos. E a adição de 2 mL da solução de tripsina no tubo do branco. A suspensão foi então filtrada em papel *Whatman* n° 3 (Jprolab[®]) e o filtrado utilizado para determinação da atividade dos inibidores de tripsina em uma absorbância de 410 nm em espectrofotômetro (Spectro Vision[®] modelo DB-1880S).

Os resultados foram expressos como mg de inibidor de tripsina (IT) por g de amostra desengordurada, através da Equação 5.

$$\text{mg IT/g} = \frac{\text{Abs padrão} - \text{Abs amostra}}{38 \times \text{peso da amostra}} \times 2500 \quad (5)$$

4.2.7 Determinação colorimétrica da presença/ausência da enzima lipoxigenase

O teste colorimétrico para determinação da atividade das isoenzimas lipoxigenases foi realizado de acordo com Suda et al. (1995) e Kikuchi (2001), baseado na atividade de descoloramento das isoenzimas Lox sobre o substrato ácido linoléico e co-oxidação com o azul de metileno (Lox-1 e Lox-2) e β -caroteno (LOX-3), a partir de produtos formados pela reação enzima-substrato com formação de radicais peroxil que interagem com os indicadores azul de metileno e β -caroteno, ocorrendo descoloramento.

O substrato linoleato de sódio foi preparado conforme a metodologia descrita por Axerold et al. (1981). Sendo a solução estoque de linoleato de sódio, preparada por meio da homogeneização, com auxílio de espátula de plástico, de 70 mg do ácido linoléico (Safc[®] - Pureza 99%), 70 mg de Tween 20 da marca Synth e 4 mL de água destilada livre de oxigênio obtida em banho de ultra-som (Unique[®], modelo USC-1800A) sob vácuo por 20 minutos. Para o clareamento da solução, adicionou-se vagarosamente NaOH (0,1 N). A solução foi transferida para balão volumétrico de 25 mL e completou-se o volume com água destilada livre de oxigênio. O balão foi envolvido com papel alumínio e armazenado sob refrigeração a 4 °C até o momento do uso.

Para a determinação colorimétrica das lipoxigenases foram preparadas as soluções L1 e L3. A solução L1 foi preparada em um frasco âmbar com 25 mL de tampão borato de sódio 0,2 M, 5 mL de substrato linoleato de sódio 10 mM, 5 mL de água destilada ultrasonificada e 5 mL de azul de metileno 100mM da marca Synth. Já a solução L3, também preparada em um frasco âmbar, continha 12,5 mL de tampão fosfato de sódio 0,2 M, 5 mL do substrato linoleato de sódio 10 mM, 17,5 mL de água destilada ultrasonificada e 5 mL da solução de β -caroteno a 50% (Sigma[®] - Pureza 95%) de saturação em acetona da marca Vetec - Pureza 99,5%.

Para as análises das atividades das isoenzimas foram misturados, em placa de toque em porcelana, 2,5 mg de amostra de soja, 30 μ L de solução de extrato de kanto 102 (1mg/mL), 250 μ L da solução L3 e 250 μ L da solução L1. Essa reação foi realizada em quatro repetições para cada amostra.

A presença ou ausência das enzimas lipoxigenases foi determinada pela coloração, sendo incolor para presença das três lipoxigenases; amarela para ausência da isoenzima Lox 3; azul para ausência das enzimas Lox 1 e Lox 2; e verde para ausência das três isoenzimas

(Lox 1, Lox 2 e Lox 3). Para detecção das lipoxigenases não houve necessidade de analisar a isoenzima Lox 2, uma vez que o locus L1 encontra-se ligado ao locus L2.

4.2.8 Cor das farinhas

Foram determinados os parâmetros de cor L* (luminosidade) que varia de 0 a 100, onde o 0 é o preto total e o 100 é o branco total, tendência da cor para a tonalidade vermelha (a*+), tendência a cor para a tonalidade verde (a*-), tendência da cor para a tonalidade amarela (b*+) e a tendência da cor para a tonalidade azul (b*-). As cores das farinhas obtidas por diferentes tratamentos foram determinadas utilizando colorímetro (Minolta Co. Japan[®], modelo CR-400). As farinhas foram dispostas em placas de petri tomando-se três medidas de cor.

4.3 OBTENÇÃO DA FARINHA DE SOJA

O processo de obtenção das farinhas de soja foi realizado em três etapas.

4.3.1 Etapa I

Na etapa I os grãos foram avaliados na forma integral (com casca - CC) e descascados (sem casca - SC), sendo o descasque realizado por um descascador de soja (Maqsoy[®]). Em seguida os grãos foram moídos e realizadas análises de proteína, lipídeos, cinzas, umidade, minerais, ISN, IDP, quantificação de isoflavonas e atividade do inibidor de trispina Kunitz, conforme descrito nos itens 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4, 4.2.5 e 4.2.6 respectivamente.

4.3.2 Etapa II

As cultivares BRS 267 e Vmax possuem as enzimas lipoxigenases, por essa razão, elas passaram pelo processo de branqueamento (B) por imersão dos grãos em banho de água a 98°C por 5 minutos, conforme descrito por Ciabotti et al. (2006). Em seguida os grãos foram secos à 40°C, como recomendado por França Neto et al. (2007), em estufa com circulação de ar (Marconi[®]), por 24 horas até peso constante. Como a cultivar BRS 257 é uma linhagem de soja com ausência completa das lipoxigenases (CARRÃO-PANIZZI, 2001), esta não sofreu o

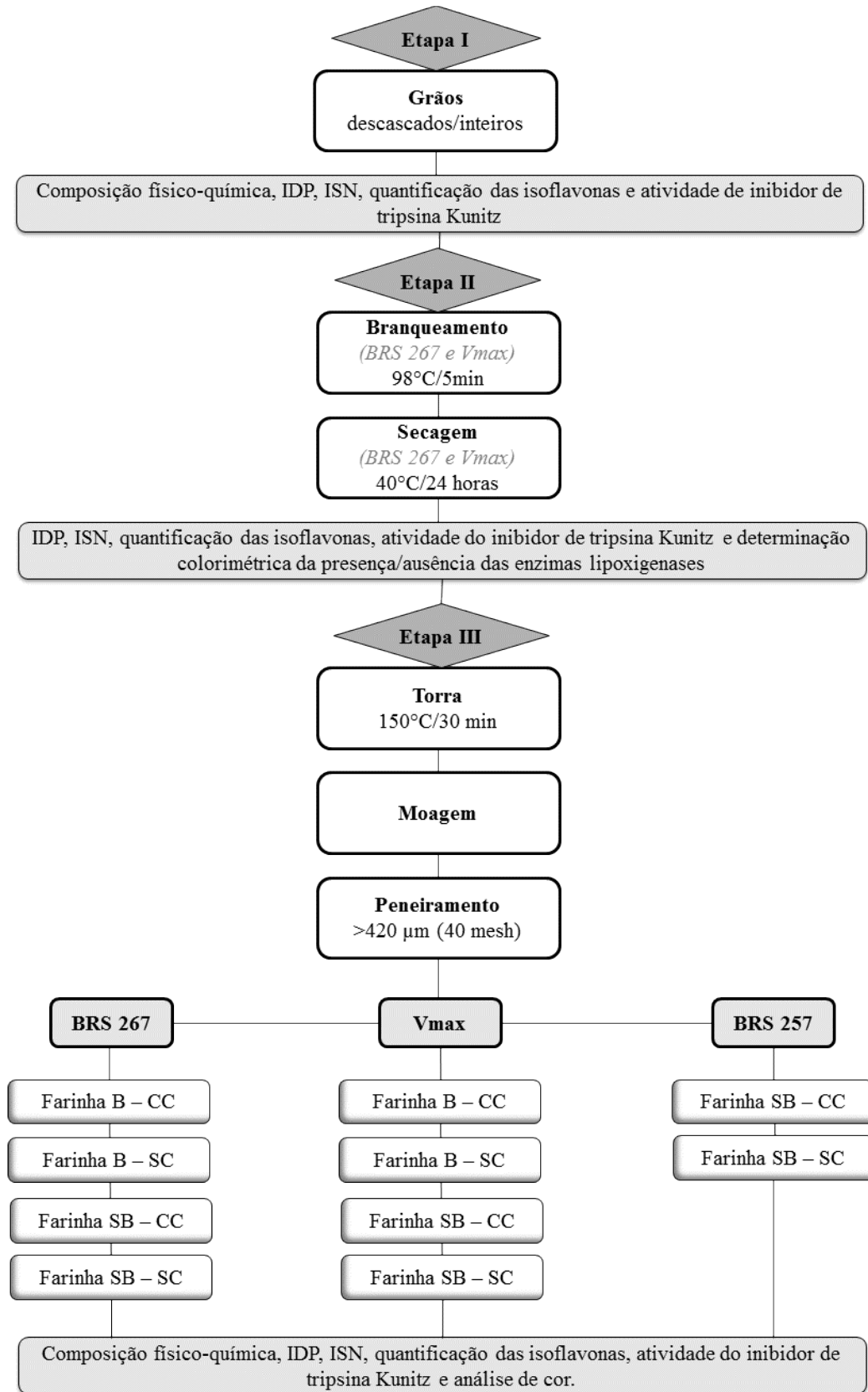
processo de branqueamento (SB). Após esse processo, os grãos branqueados foram moídos analisados quanto à proteína bruta e teor de umidade, ISN, IDP, quantificação das isoflavonas, atividade do inibidor de tripsina Kunitz e determinação da presença/ausência das isoenzimas lipoxigenases conforme descritos nos itens 4.2.1, 4.2.3, 4.2.4, 4.2.5, 4.2.6 e 4.2.7, respectivamente.

4.3.3 Etapa III

Dos tratamentos de descasque e branqueamento dos grãos das três cultivares foram obtidas amostras da cultivar Vmax e BRS 267 CC e SC sendo elas B e SB, enquanto que da cultivar BRS 257 foi somente avaliado CC e SC ambas SB. Para obtenção da farinha de soja as amostras obtidas foram submetidas ao processo de torra à 150°C por 30 minutos, conforme a metodologia de Dantas et al. (2010). Após a torra, os grãos foram moídos em moedor Cuisinart® (modelo DCG-20BKN) e peneirados em peneiras de 40 mesh (Bertel®) obtendo partículas menores que 420µm, conforme metodologia de Silva et al. (2010). Nestas farinhas, foram realizadas as análises de proteína, lipídeos, cinzas, umidade, minerais, ISN, IDP, quantificação das isoflavonas, atividade do inibidor de tripsina Kunitz e análise de cor, conforme descrito nos itens 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4, 4.2.5, 4.2.6 e 4.2.8 respectivamente.

As três etapas de obtenção das farinhas de soja estão esquematizadas no fluxograma da Figura 4.

Figura 4. Fluxograma da obtenção das farinhas de soja das três cultivares.



Onde: B – CC = grão branqueado com casca; B – SC = grão branqueado sem casca; SB – CC = grão sem branqueamento com casca; SB – SC = grão sem branqueamento sem casca.

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a nível de 95% de confiança, utilizando o *software Statistica* 8.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item serão apresentados os resultados e as discussões das análises realizadas nos grãos e nas farinhas de soja com e sem casca, branqueados e não branqueados.

5.1 ANÁLISES DOS GRÃOS DE SOJA

5.1.1 Análises físico-químicas

A produção de sabores e odores desagradáveis (*off-flavor*) é um problema particular com os produtos da família Leguminosae, como a soja, mas podem ser prontamente controlados por inativação rápida das isoenzimas lipoxigenases por meio de um tratamento térmico adequado (RACKIS; SESSA; HONIG, 1979). Entre esses tratamentos, o processo de branqueamento é o mais usado para prevenir a ação destas enzimas, além de melhorar o valor nutricional e sensorial da soja (FELIX; CANNIATTI BRAZACA; MACHADO, 2011). Neste contexto a Tabela 3 apresenta os resultados do conteúdo de cinzas, lipídeos e proteína bruta dos grãos de soja com e sem casca, branqueados e sem branqueamento.

Tabela 3. Conteúdo de cinzas, lipídeos e proteína bruta dos grãos branqueados (B) e sem branqueamento (SB) das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax.

Análises (g.100g ⁻¹)		Cultivares				
		BRS 267 SB	BRS 267 B	Vmax SB	Vmax B	BRS 257 SB
Cinzas	CC	5,05(±0,41) ^{aA}	na	4,59(±0,41) ^{aA}	na	5,05(±0,10) ^{aA}
	SC	5,03(±0,20) ^{aA}	na	4,68(±0,19) ^{aA}	na	4,97(±0,03) ^{aA}
Lipídeos	CC	14,19(±0,61) ^{bA}	na	17,54(±0,46) ^{aA}	na	14,42(±1,22) ^{bA}
	SC	15,06(±0,58) ^{bA}	na	18,07(±0,16) ^{aA}	na	14,86(±1,14) ^{bA}
Proteína bruta	CC	38,77(±0,35) ^{bA}	42,14(±0,17) ^{aA}	34,79(±0,47) ^{dA}	37,06(±0,05) ^{cA}	36,62(±0,48) ^{cA}
	SC	40,30(±0,49) ^{bcB}	45,25(±0,11) ^{aB}	36,58(±0,16) ^{dB}	40,73(±0,12) ^{bb}	38,62(±1,38) ^{cA}

Média (três repetições) ± Desvio Padrão seguidas de letras iguais minúsculas/maiúsculas na linha/coluna (análises) indicam não haver diferença significativa a nível de 5% (teste de Tukey).

Onde: B = grão branqueado; SB = grão sem branqueamento; CC = com casca; SC = sem casca; na = não analisado.

De acordo com os resultados apresentados (Tabela 3), as cultivares de soja analisadas não apresentaram diferenças em relação ao teor de cinzas, nem mesmo entre a mesma cultivar

com e sem casca. O conteúdo médio de cinzas foi de $4,89 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ tanto para os grãos com casca, quanto para sem casca. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Martinez et al. (2011), que avaliaram a composição centesimal de grãos de soja antes e após a germinação, e obtiveram valores para cinzas de $5,11 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para grãos de soja antes da germinação. Alves et al. (2012), obtiveram teores de cinzas para as cultivares BRS 257 e BRS 267 um pouco acima dos valores encontrados neste estudo que foram de $6,60 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e $6,45 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. Estes valores também foram semelhantes aos encontrados por Benassi et al. (2011), que obtiveram valores de $6,04 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para a BRS 257 e $7,69 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para a BRS 267. As diferenças encontradas nos trabalhos podem estar relacionadas com as características próprias de cada cultivar de soja.

O maior teor de lipídeos foi observado na cultivar convencional (Vmax SB) com $17,54 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e $18,07 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, nos grãos com casca e sem casca, respectivamente. As outras cultivares não mostraram diferenças entre si apresentando um conteúdo médio de $14,66 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Benassi et al. (2011), avaliando o potencial de diferentes cultivares de soja para produção de tofu, constataram um teor de lipídeos de $20,19 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e $18,55 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para os grãos das cultivares BRS 257 e BRS 267, respectivamente. Porém no trabalho de Ciabotti et al. (2006), a cultivar convencional (BRS 133) obteve um teor de $15,74 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e a cultivar livre das enzimas lipoxigenases (BRS 213), apresentou um teor de $15,30 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Essa diferença nos conteúdos lipídicos entre as cultivares é comum, pois os teores de lipídios nos grãos de germoplasma de soja variam entre 13 e 25% (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1998). Lipídeos são uma fração importante do grão de soja porque fornece calorias suficientes para que a proteína ingerida seja metabolizada para síntese de novos tecidos, diferente do que ocorre em uma dieta de baixo conteúdo calórico.

Entre as cultivares SB a cultivar BRS 267, diferiu significativamente das demais, apresentando um conteúdo proteico mais elevado de $38,77 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para grãos CC e $40,3 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para grãos SC. Valor semelhante ao obtido por Silva (2009), que também observou maior teor proteico ($44,49 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) para a mesma cultivar. Nos estudos de Alves et al. (2012), para a caracterização físico-química de cultivares de soja, as cultivares BRS 267 e BRS 257 apresentaram teores de proteína de $39,41 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e $41,66 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente, próximos aos obtidos neste trabalho. A cultivar convencional (Vmax SB) foi a que apresentou o menor teor proteico. Em diferentes linhagens de soja, Moraes et al. (2006) relataram que o teor de proteínas variou de $40,68$ a $47,78 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Morais e Silva (1996) confirmaram a relação inversa que existe entre os teores de lipídeos e proteínas em soja, fato este também

observado pelos resultados da Vmax SB, a qual apresentou maior teor de lipídeos e, conseqüentemente, o menor teor de proteínas.

Com o branqueamento as cultivares BRS 267 B e Vmax B apresentaram um teor relativamente maior de proteínas quando comparadas as suas respectivas SB, sendo que na BRS 267 B, pode ser observado um valor superior às demais com 42,14 g.100g⁻¹ com casca e 45,25 g.100g⁻¹ sem casca. Silva (2009), também constatou que com o cozimento dos grãos ocorreu um aumento ou manutenção nos teores de proteínas. Giami (2002) não verificou, em diferentes cultivares de soja, alteração nos teores de proteínas nos grãos crus (42,4 a 35,6 g.100g⁻¹) e nos tratados termicamente (42,0 a 35,4 g.100g⁻¹). Ramírez-Cárdenas, Leonel e Costa (2008), avaliando o efeito do processamento doméstico em cinco cultivares de feijão comum, constataram que os feijões cozidos com água de maceração apresentavam um aumento de teor de proteína em comparação ao grão cru.

Ciabotti et al. (2006), estudando a composição química, dos grãos, do extrato de soja e dos seus respectivos tofus provenientes de uma cultivar de soja comum e de uma cultivar livre de lipoxigenase, constataram que o tofu obtido de soja comum branqueada apresentou teores mais elevados de proteínas (p<0,05) que os tofu obtidos das cultivar comum sem o branqueamento (SB) e da soja sem lipoxigenase. Os autores justificam que o branqueamento do grão de soja comum em água, proporcionou condições mais adequadas de extração das proteínas, e por esse motivo, após o processo de branqueamento, o teor proteico foi aumentado.

Nas cultivares sem casca foram observados os maiores teores de proteínas diferindo significativamente dos grãos com casca, com exceção apenas da BRS 257 SB que não apresentou essa diferença estatística. Quando a casca é retirada a concentração proteica pode ser aumentada, pois a maior parte das proteínas está armazenada nos cotilédones, sob a forma de corpos protéicos que são responsáveis por 60-70% do total de proteína da semente (SAIDU, 2005; SILVA, 2007). Este fato também foi observado nas pesquisas de Zambom et al. (2001), que determinando o valor nutricional da casca de soja, obtiveram um valor de 9,99 g.100g⁻¹ para a proteína bruta.

De forma geral, as diferenças nos teores de proteínas e lipídeos entre as cultivares e o observado na literatura, podem ser atribuídas às diferenças genéticas entre as cultivares de soja, ao estágio de desenvolvimento em que os grãos foram colhidos e condições de tempo e temperatura (SILVA, 2009).

5.1.2 Conteúdo mineral

Os resultados da composição mineral, em base úmida, dos grãos de soja estão apresentados na Tabela 4, sendo que os valores dos minerais dos grãos CC e SC são as médias das três cultivares.

Observa-se que os teores de micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn) praticamente não diferiram ($p < 0,05$) entre as cultivares com exceção do Mn para a cultivar BRS 257, o qual apresentou valor superior as demais cultivares com 29 mg.Kg^{-1} . Quanto ao conteúdo de macronutrientes (Ca, K, Mg e P), também houve variação com relação a BRS 257 para o Mg, apresentando um conteúdo de $3,20 \text{ g.Kg}^{-1}$, valor maior que os das demais cultivares.

Tabela 4. Composição mineral dos grãos de soja das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax e média das três cultivares com casca (CC) e sem casca (SC).

Minerais	Grãos			Com Casca	Sem Casca
	BRS 267	BRS 257	Vmax		
P (g.Kg^{-1})	6,09($\pm 0,48$) ^a	5,69($\pm 0,54$) ^a	5,63($\pm 0,25$) ^a	5,50($\pm 0,22$) ^A	6,11($\pm 0,31$) ^A
K (g.Kg^{-1})	19,85($\pm 1,62$) ^a	20,35($\pm 1,20$) ^a	18,80($\pm 0,28$) ^a	18,90($\pm 0,49$) ^A	20,4($\pm 1,21$) ^A
Ca (g.Kg^{-1})	1,50($\pm 0,00$) ^a	2,10($\pm 0,14$) ^a	1,50($\pm 0,14$) ^a	1,76($\pm 0,37$) ^A	1,63($\pm 0,32$) ^A
Mg (g.Kg^{-1})	2,70($\pm 0,14$) ^a	3,20($\pm 0,14$) ^b	2,90($\pm 0,00$) ^a	2,86($\pm 0,25$) ^A	3,00($\pm 0,26$) ^A
Zn (mg.Kg^{-1})	39,75($\pm 1,62$) ^a	38,35($\pm 1,90$) ^a	36,15($\pm 1,06$) ^a	38,40($\pm 1,41$) ^A	37,76($\pm 2,86$) ^A
Mn (mg.Kg^{-1})	22,00($\pm 1,41$) ^a	29,00($\pm 1,41$) ^b	25,5($\pm 0,70$) ^a	24,66($\pm 3,51$) ^A	26,33($\pm 3,51$) ^A
Fe (mg.Kg^{-1})	78,50($\pm 2,12$) ^a	75,12($\pm 2,65$) ^a	69,50($\pm 2,12$) ^a	76,00($\pm 2,58$) ^A	50,00($\pm 1,19$) ^B
Cu (mg.Kg^{-1})	16,30($\pm 0,98$) ^a	15,65($\pm 0,35$) ^a	15,10($\pm 0,28$) ^a	15,43($\pm 0,15$) ^A	15,93($\pm 1,05$) ^A

Média (três repetições) \pm Desvio Padrão seguidas de letras iguais entre as cultivares (a) e grãos CC e SC (A) indicam não haver diferença significativa a nível de 5% (teste de Tukey).

O K foi o mineral presente em maior quantidade entre as cultivares apresentando uma média de $19,66 \text{ g.Kg}^{-1}$, fato também constatado por Vieira et al. (1999) e Benassi e Prudencio (2013). Segundo Amaral (1981) e Oliveira (1981), a soja é uma importante fonte de minerais como K, Fe e Ca, com destaque para o elevadíssimo teor de K, cerca de 2%, o qual concorre para a manutenção do equilíbrio eletrolítico dos tecidos.

Rosset (2007) e Silva (2009), encontraram na cultivar BRS 267 um teor de Fe em torno de 90 mg.Kg^{-1} , o que é acima do valor encontrado neste trabalho ($78,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$), porém Benassi; Prudencio (2013), relataram um valor superior de 165 mg.Kg^{-1} . Ainda no mesmo trabalho Benassi; Prudencio (2013) observaram, entre as cultivares BRS 257 e BRS 267 os

teores dos minerais P, K, Ca e Mg foram de 3,96 e 4,68 g.Kg⁻¹; 11,27 e 15,06 g.Kg⁻¹; 1,77 e 2,47 g.Kg⁻¹ e 1,97 e 2,24 g.Kg⁻¹, respectivamente. No presente trabalho os resultados, de forma geral, foram próximos ao encontrado pelos autores, com exceção do K que apresentou um teor menor ao deste estudo. Entretanto, Silva (2009), obteve valores próximos ao deste trabalho com 22,16 g.Kg⁻¹.

Esta variação no conteúdo dos minerais constatados na literatura pode ser influenciada pelas características físico-químicas do solo, aplicação de fertilizantes, condições ambientais, diferenças entre as cultivares de soja e pelas condições durante o processo de preparo dos grãos (SMITH; CIRCLE, 1978).

De modo geral, os grãos das cultivares analisadas mostraram conteúdo de minerais compreendidos entre o mínimo e o máximo apresentados na literatura (ROSSET, 2007; SILVA, 2009; BENASSI; PRUDENCIO, 2013).

Em relação aos grãos com e sem casca, apenas o Fe apresentou diferença significativa ($p < 0,05$), os grãos sem casca apresentam 34,21% a menos de Fe que os grãos com casca, fato também relatado por Carvalho (2009). O qual vale salientar que o ferro é o micromineral mais abundante no corpo e 65% deste elemento estão presentes na hemoglobina que é responsável pelo transporte de oxigênio e dióxido de carbono para os tecidos e pulmões (GUYTON; HALL, 1997). Os níveis de Fe encontrados nos alimentos dependem da espécie de planta, do tipo de solo e do grau de contaminação do solo (McDOWELL, 1999).

5.1.3 Solubilidade proteica

Os IDP das cultivares Vmax, BRS 267 e BRS 257, sem branqueamento (SB), com casca (CC) e sem casca (SC) não apresentaram diferenças significativas, obtendo uma média de 82,55% e 87,45%, respectivamente (Tabela 5). Silva et al. (2008), enfatizam que cultivares de soja que apresentam valores superiores a 70% para índice de solubilidade protéica podem ser recomendadas para o uso em produtos cárneos, molhos, sopas, entre outros.

Com exceção da BRS 257 SB, as demais cultivares obtiveram diferença significativa em relação à mesma cultivar CC e SC, sendo que na SC o IDP foi sempre mais elevado, isso pode ser devido ao fato da maior concentração de proteínas estar nos cotilédones dos grãos (SAIDU, 2005).

Tabela 5. Índice de solubilidade de nitrogênio (ISN) e índice de dispersibilidade proteica (IDP), das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax, com e sem branqueamento (B e SB).

Análises (%)		Cultivares				
		BRS 267 SB	BRS 267 B	Vmax SB	Vmax B	BRS 257 SB
IDP	CC	80,36(±1,11) ^{aA}	46,62(±1,76) ^{bA}	84,71(±1,90) ^{aA}	41,99(±2,75) ^{bA}	82,58(±3,59) ^{aA}
	SC	88,71(±0,42) ^{aB}	28,76(±1,08) ^{bB}	89,3(±1,90) ^{aB}	28,34(±1,07) ^{bB}	84,35(±5,24) ^{aA}
ISN	CC	63,58(±0,51) ^{bA}	27,81(±1,93) ^{cA}	60,06(±0,37) ^{aB}	25,17(±1,97) ^{cA}	62,30(±0,67) ^{bA}
	SC	63,36(±0,76) ^{bA}	15,93(±0,82) ^{cB}	68,01(±0,34) ^{aA}	19,70(±3,61) ^{cA}	60,85(±2,12) ^{bA}

Média (três repetições) ± Desvio Padrão seguidas de letras iguais minúsculas/maiúsculas na linha/coluna (análises) indicam não haver diferença significativa a nível de 5% (teste de Tukey).

Onde: B = grão branqueado; SB = grão sem branqueamento; CC = com casca; SC = sem casca.

A Vmax SB SC, foi a cultivar que obteve o maior ISN (68,01%), diferindo significativamente das demais. O ISN da BRS 257 SB e BRS 267 SB (CC e SC) não apresentaram diferenças, obtendo valores médios de 62,94% e 62,10%, respectivamente.

Silva et al. (2008), comparando os ISN e IDP de cultivares destinadas à alimentação humana, constataram que a BRS 257 apresentou um ISN de 78,04% e um IDP de 50,07%. Já na cultivar BRS 267, foi observado valores de 74,25% de ISN e de 75,71% de IDP.

Carrão-Panizzi et al. (2006), estudando o ISN e IDP de diferentes cultivares de soja, cultivadas em Londrina e Ponta Grossa no Paraná, verificaram maiores valores dos índices de solubilidade protéica para os grãos da BRS 213 cultivados em Ponta Grossa. Indicando que possíveis temperaturas mais elevadas em Londrina no período de enchimento dos grãos, pode ser um fator a ser considerado, no efeito na desnaturação de parte das proteínas. Esses índices (ISN e IDP) podem servir como indicador para se avaliar a qualidade dos grãos.

O IDP e o ISN dos grãos branqueados (B) foram diminuídos em ambas as cultivares, principalmente nos grãos SC, os quais não apresentaram diferença significativa, observado-se uma média para os grãos sem casca de 28,55% para o IDP e 17,81% para o ISN. Com casca a solubilidade foi maior obtendo uma média de 44,30% e 26,49% para o IDP e o ISN, respectivamente. A diminuição da solubilidade nos grãos branqueados sem casca, pode se dar ao fato de que a área superficial dos grãos sem casca é maior, pois durante a remoção mecânica da casca, os grãos acabam se dividindo ao meio, facilitando assim a desnaturação da proteína pela ação do calor.

Resultados semelhantes foram encontrados por Lemos et al. (1997), que estudaram o efeito do tratamento térmico do extrato hidrossolúvel de soja e observaram que a aplicação de

95 °C por 15 minutos reduziu o ISN de 90,57% para 25,31% na amostra termicamente tratada, em função da desnaturação proteica.

De modo geral, a solubilidade proteica diminuiu devido ao fato da ocorrência de desnaturação das proteínas da soja. Geralmente, temperaturas acima de 40°C provoca a desnaturação da maioria delas, implicando em perda de solubilidade. A desnaturação térmica muda a solubilidade das proteínas, porque há aumento dos grupos hidrofóbicos em sua superfície (ORDÓÑEZ et al., 2005).

O ISN e o IDP são usados como guia prático para saber a funcionalidade da proteína. Quanto maior a solubilidade, menor o grau de desnaturação da proteína, assim, cultivares de soja que apresentam estes requisitos (valores altos de ISN e IDP) podem ser recomendadas para o uso em produtos cárneos, confeitaria, sopas, molhos, cremes e bebidas (VAN DE KAMER; VAN GINKEL, 1952). No entanto, os produtos com baixos valores de ISN e IDP podem ser ainda funcionais, pois apresentam boa absorção de água e de gordura, as quais mostram efeito consideravelmente positivo na estabilidade do sistema de alimentos cárneos (VISSER; THOMAS, 1987).

5.1.4 Teor de isoflavonas

A Tabela 6 apresenta o conteúdo de isoflavonas para as cultivares de soja, onde se pode observar que os maiores valores estão nos grãos CC. Estudos realizados por Kudou et al. (1991), utilizando grãos descascados manualmente sem que houvesse nenhum tipo de contaminação de outras partes dos grãos, revelaram que não há a presença de isoflavonas nas cascas de soja. Neste trabalho os grãos foram descascados mecanicamente e dessa maneira ocorreu possíveis perdas dos hipocótilos e cotilédones, que são as partes dos grãos que apresentam os maiores teores de isoflavonas, principalmente no hipocótilo como relatado no trabalho de Silva et al. (2012), comprovando assim a redução do teor de isoflavonas nas amostras sem casca.

De forma geral, os teores de isoflavonas apresentaram diferenças significativas entre todas as cultivares. O maior valor das formas glicosiladas totais foi encontrado na cultivar Vmax SB (CC) com 157,72 mg.100g⁻¹ de amostra desengordurada, e o menor teor ficou para BRS 267 SB (CC) com 68,64 mg.100g⁻¹. Após o branqueamento houve uma redução nos teores das formas glicosiladas, em ambas as cultivares. Estudos demonstram que os

processamentos da soja como a extração e cozimento, altera o conteúdo das isoflavonas glicosiladas (COWARD et al., 1998; JACKSON et al., 2002).

Os maiores teores das formas malonil-glicosiladas totais foram verificados nos grãos sem e com branqueamento da cultivar Vmax (CC) com 580,01 mg.100g⁻¹ e 508,76 mg.100g⁻¹, respectivamente. Os teores das isoflavonas malonil-glicosiladas foram reduzidas após o processo de branqueamento, devido à clivagem dos grupos ésteres malonil para as formas daidzina e genistina por ações do calor durante o tratamento e de outros mecanismos presentes nas etapas posteriores de moagem e secagem dos grãos (CIABOTTI et al., 2006).

Tabela 6. Teor de isoflavonas nos grãos de soja das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax, com e sem branqueamento (B e SB).

Isoflavonas (mg.100g ⁻¹)		Cultivares				
		BRS 267 SB	BRS 267 B	Vmax SB	Vmax B	BRS 257 SB
Glicosiladas	CC	68,64(±0,43) ^{dA}	52,47(±0,56) ^{eA}	157,72(±0,0) ^{aA}	142,81(±1,19) ^{bA}	90,81(±0,33) ^{cA}
	SC	50,74(±0,12) ^{cB}	42,96(±0,59) ^{dB}	138,39(±0,18) ^{aB}	119,64(±1,20) ^{bB}	49,68(±2,84) ^{cB}
Malonil-glicosiladas	CC	257,02(±0,65) ^{dA}	208,92(±1,44) ^{eA}	580,01(±0,24) ^{aA}	508,76(±3,34) ^{bA}	372,94(±0,38) ^{cA}
	SC	204,77(±0,02) ^{dB}	151,58(±0,65) ^{eB}	544,01(±0,98) ^{aB}	420,58(±2,39) ^{bB}	220,89(±5,52) ^{cB}
Agliconas	CC	8,22(±0,05) ^{dA}	28,86(±0,05) ^{bA}	23,5(±0,25) ^{cA}	55,06(±0,87) ^{aA}	6,67(±0,00) ^{eA}
	SC	7,01(±0,06) ^{cB}	12,72(±0,03) ^{bB}	11,91(±0,03) ^{bB}	39,26(±0,72) ^{aB}	4,39(±0,14) ^{dB}
Isoflavonas Totais	CC	333,88(±1,04) ^{dA}	290,24(±2,08) ^{eA}	761,23(±0,48) ^{aA}	706,62(±5,40) ^{bA}	470,41(±0,05) ^{cA}
	SC	262,52(±0,03) ^{dB}	207,29(±1,21) ^{eB}	694,33(±0,77) ^{aB}	579,50(±4,36) ^{bB}	274,96(±8,50) ^{cB}

Média (três repetições) ± Desvio Padrão seguidas de letras iguais minúsculas/maiúsculas na linha/coluna (isoflavonas) indicam não haver diferença significativa a nível de 5% (teste de Tukey).

Onde: B = grão branqueado; SB = grão sem branqueamento; CC = com casca; SC = sem casca.

Quanto ao conteúdo de agliconas totais (Tabela 6), ocorreu um aumento dos níveis quando submetido ao branqueamento, podendo ser observado um incremento em torno de 3,51 e 2,34 vezes mais para a BRS 267 B (CC) e Vmax B (CC), respectivamente. Ciabotti et al. (2006) e Ferreira et al. (2011) também constataram em seus trabalhos, um aumento dos níveis das isoflavonas agliconas, devido ao aquecimento e processos de moagem, contribuindo assim, para que ocorresse a clivagem das formas glicosiladas e malonil-glicosiladas em agliconas (CIABOTTI, 2004). As agliconas são compostos importantes, pois são mais biodisponíveis que as outras formas de isoflavonas (FERREIRA et al., 2011).

Em relação ao teor de isoflavonas total presentes nos grãos de soja sem branqueamento (SB) a cultivar convencional Vmax (CC) foi a que apresentou o maior teor de isoflavonas com 761,23 mg.100g⁻¹. A BRS 267 SB apresentou o menor conteúdo de isoflavonas com 333,88 mg.100g⁻¹ no grão (CC). Na cultivar BRS 257 SB, foram observados valores intermediários em relação as outras cultivares com 470,71 mg.100g⁻¹ e 274,96 mg.100g⁻¹, para os grãos CC e SC, respectivamente. Galão et al. (2009), analisaram o teor de isoflavonas contida em diferentes cultivares semeadas em Londrina e Ponta Grossa no Paraná, e constataram teores de isoflavonas totais para a BRS 267 de 271,82 mg.100g⁻¹ e 319,14 mg.100g⁻¹, respectivamente, e para a BRS 257 os valores foram de 431,33 mg.100g⁻¹ e 319,14 mg.100g⁻¹, respectivamente. Estes resultados demostram que os teores de isoflavonas nos grãos de soja podem variar entre as diferentes cultivares de soja e com as condições ambientais. Fato comprovado por Tsukamoto et al. (1995), Carrão-Panizzi et al. (1999), Carrão-Panizzi; Simão; Kikuchi (2003) e Carrão-Panizzi et al. (2009), que constataram que o clima, principalmente a temperatura, durante o desenvolvimento da semente é o fator determinante dos níveis de acumulação de isoflavonas nos grãos de soja, bem como variabilidade genética.

Nos grãos branqueados pode-se observar que ocorreram perdas de aproximadamente 13,14% para BRS 267 e 7,17% para a Vmax nas quantidades de isoflavonas totais após o processo de aquecimento. Ciabotti et al. (2006) relataram em seu trabalho perdas de aproximadamente 16,3% nas quantidades de isoflavonas totais nos grãos de soja comum como resultado do branqueamento comparado com o mesmo grão sem branqueamento. Silva (2009), também encontrou perdas nos teores das isoflavonas totais nas cinco cultivares estudadas após o processo de cocção. Jackson et al. (2002) encontraram 4% de perdas de isoflavonas totais na água de maceração dos grãos, 31% no resíduo do extrato e 18% no soro extraído do tofu. Em geral, as isoflavonas não são destruídas pelo calor, mas são bastante sujeitas a intraconversões entre as diferentes formas. As perdas nos teores de isoflavonas causadas pelo cozimento são geralmente assumidas como sendo o resultado de lixiviação para a água de cozedura (JACKSON et al., 2002; UZZAN; LABUZA, 2004; GÓES-FAVONI; CARRÃO-PANIZZI; BELÉIA, 2010).

5.1.5 Atividade do inibidor de tripsina Kunitz

Em relação aos grãos SB (CC) a cultivar BRS 267 apresentou um valor mais baixo, 16,57 mg IT.g⁻¹, em relação a BRS 257 e Vmax, 20,50 mg IT.g⁻¹ e 19,13 mg IT.g⁻¹, respectivamente (Tabela 7). Estes resultados são semelhantes ao obtido por Galão et al. (2014), o qual analisaram o teor de inibidor de tripsina em diferentes cultivares de soja cultivadas em Londrina e Ponta Grossa, ambas no Paraná, e constaram uma média de 18,04 mg IT.g⁻¹ e 15,76 mg IT.g⁻¹ para a BRS 257 e a BRS 267, respectivamente. Resultados também parecidos como os valores do estudo de Oliveira et al. (2008), que obtiveram para a BRS 257 e BRS 267 teores de inibidor de tripsina de 17,01 mg IT.g⁻¹ e 15,75 mg IT.g⁻¹, respectivamente.

Tabela 7. Valores médios de inibidor de tripsina Kunitz nos grãos das cultivares BRS 267 BRS 257 e Vmax com e sem branqueamento (B e SB).

Análise (mg IT.g ⁻¹)	Cultivares					
		BRS 267 SB	BRS 267 B	Vmax SB	Vmax B	BRS 257 SB
Atividade do inibidor de tripsina Kunitz	CC	16,57(±0,67) ^{bb}	8,56(±0,91) ^{ca}	19,13(±0,38) ^{ab}	7,90(±1,25) ^{ca}	20,50(±0,16) ^{ab}
	SC	20,18(±0,13) ^{ba}	5,32(±0,60) ^{cb}	23,96(±0,46) ^{aa}	6,98(±0,69) ^{da}	23,66(±0,21) ^{aa}

Média (três repetições) ± Desvio Padrão seguidas de letras iguais minúsculas/maiúsculas na linha/coluna indicam não haver diferença significativa a nível de 5% (teste de Tukey).

Onde: B = grão branqueado; SB = grão sem branqueamento; CC = com casca; SC = sem casca.

Os grãos SB (SC) mostraram o mesmo comportamento quando comparados aos mesmos grãos (CC). A cultivar BRS 267 apresentou o menor teor com 20,18 mg IT.g⁻¹ e a Vmax e a BRS 257 apresentaram uma média de 23,81 mg IT.g⁻¹, diferindo estatisticamente (p<0,05). Em relação aos grãos SB da mesma cultivar CC e SC, os grãos SC apresentaram um teor de inibidor de tripsina mais elevado diferindo significativamente. Segundo Bressani (1993), este fato ocorre devido os inibidores de tripsina estarem localizados nos cotilédones dos grãos de soja, fazendo com que os grãos sem casca concentrem uma maior quantidade de inibidor de tripsina do que os grãos com casca.

O branqueamento nos grãos promoveu uma significativa redução no teor do inibidor de tripsina. A cultivar BRS 267 (CC e SC) apresentou uma redução de 48,34% e 73,63%, respectivamente. Já na Vmax pode ser observado uma redução de 58,70% e 70,86% para os grãos (CC e SC), respectivamente. Nos grãos SC a redução foi maior, o que pode ser

justificado pelo aumento da área superficial do grão no momento do descasque expondo uma área maior do mesmo no processo de branqueamento, facilitando assim, uma melhor inativação do inibidor de tripsina. Segundo Carvalho et al. (2002), a inativação térmica do inibidor de tripsina é bastante variada, dependendo entre outros fatores, da temperatura, duração e forma de aquecimentos, do tamanho das partículas, do conteúdo de umidade, da conformação estrutural do inibidor.

Giarni (2002), analisando a atividade do inibidor de tripsina de três linhagem de soja após o tratamento térmico (calor úmido), constatou que o processo de fervura dos grãos por 30 minutos resultou em uma redução média do inibidor para as três linhagens de soja de 56%, resultado próximo ao encontrado neste trabalho para os grãos com casca. Já o processo de autoclavagem a 121°C por 20 minutos, se revelou mais eficiente, obtendo uma redução média de 82,56% no inibidor de tripsina. No trabalho de Carvalho et al. (2002), os autores observaram uma redução de aproximadamente 60% na atividade do inibidor de tripsina Kunitz nas cultivares de soja analisadas submetidos a fervura por 30 minutos. Nas pesquisas de Cardoso et al. (2007), foram observados uma elevada redução na porcentagem da atividade inibitória de tripsina em todas as cultivares de soja analisadas, em comparação com as mesmas farinhas em seu estado in natura. A medida que o tempo de exposição a autoclavagem (120°C) aumentou, uma diminuição da atividade inibitória foi verificada.

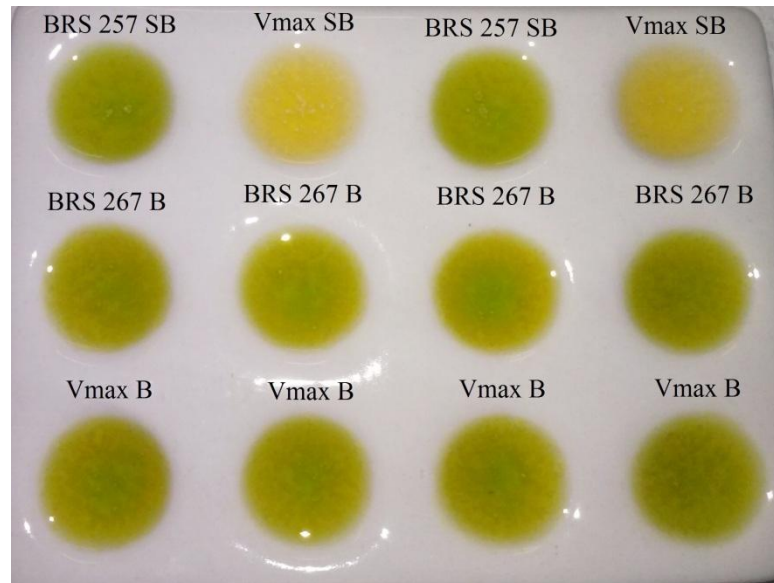
O mecanismo de inativação do inibidor de tripsina Kunitz pode ocorrer pela complexação dos inibidores. Desse modo, com a ação do calor os inibidores se ligam com outros componentes do grão e se tornam inativos, indicando assim que essa inativação não deve ter ocorrido pela desnaturação térmica das moléculas dos inibidores (CARVALHO et al., 2002).

5.1.6 Presença/ausência das isoenzimas lipoxigenases

O processo de branqueamento a 98°C por 5 min foi eficiente para eliminar as lipoxigenases das cultivares BRS 267 e Vmax (Figura 5). A primeira linha corresponde aos padrões que estão dispostos de maneira intercalada, para melhor visualização da cor. O padrão BRS 257 corresponde a cultivar que não apresenta as isoenzimas lipoxigenases (coloração verde), já a Vmax cultivar que apresenta as lipoxigenases, mostra a coloração amarela. Na segunda e terceira linha estão apresentadas as cultivares BRS 267 e Vmax, respectivamente,

após o processo de branqueamento, no qual foi eficiente para inativação das lipoxigenases, confirmada pela apresentação da coloração verde.

Figura 5. Teste colorimétrico para determinar presença e ausência das isoenzimas lipoxigenases (LOX) em grãos branqueados (B) e sem branqueamento (SB) das cultivares de soja BRS 257, BRS 267 e Vmax.



Onde: (Primeira linha – cor verde (ausência de LOX1, LOX2 e LOX3) na BRS 257 SB; cor amarela (presença de lipoxigenases) na Vmax SB; Na segunda e terceira linha: cultivares BRS 267 B e Vmax B com as enzimas inativadas (cor verde).

Silva (2009), também verificou uma redução na atividade das lipoxigenases indicando que o processo de cozimento a 121°C por 5min, inativou as enzimas. Mozzoni; Morawicki; Chen (2009), relataram que o branqueamento por 90 segundos antes do processo de aquecimento foi efetivo para inativar 99% da atividade das lipoxigenases. Em estudos realizados por Brown et al. (1982), os autores verificaram que em temperaturas superiores a 91 °C, 99% das lipoxigenases podem ser inativadas.

Felix; Canniatti Brazaca; Machado (2011), sugerem que a inativação das lipoxigenases através do tratamento térmico melhora a palatabilidade dos grãos de soja. Pois o sabor característico denominado *beany flavor* é originado da associação de compostos carbonílicos de cadeia longa com a fração proteica, sendo catalisados pelas enzimas lipoxigenases, que correspondem a 1% do total de proteínas presentes nos grãos (MONTEIRO et al., 2004).

5.2 ANÁLISE DAS FARINHAS DE SOJA

5.2.1 Análises físico-químicas

Os teores de proteína bruta, cinzas e lipídeos das farinhas de soja das três cultivares, com e sem branqueamento (B e SB), estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Proteína bruta, cinzas e lipídeos nas farinhas de soja obtidas de grãos branqueados (B) e sem branqueamento (SB) das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax.

Análises (g.100g ⁻¹)	Farinhas					
		BRS 267 SB	BRS 267 B	Vmax SB	Vmax B	BRS 257 SB
Proteína bruta	CC	41,67(±0,38) ^{aB}	41,93(±0,11) ^{aB}	37,21(±0,15) ^{cB}	37,37(±0,29) ^{cB}	38,94(±0,08) ^{bB}
	SC	44,02(±0,11) ^{bA}	47,04(±0,54) ^{aA}	38,90(±0,23) ^{dA}	41,20(±0,39) ^{cA}	41,15(±0,22) ^{cA}
Cinzas	CC	5,46(±0,69) ^{aA}	5,15(±0,23) ^{aA}	4,65(±0,43) ^{aA}	5,06(±0,50) ^{aA}	5,26(±0,40) ^{aA}
	SC	5,54(±0,26) ^{aA}	5,32(±0,16) ^{abA}	4,91(±0,12) ^{abA}	4,16(±0,73) ^{bA}	5,50(±0,53) ^{aA}
Lipídeos	CC	19,89(±0,89) ^{dA}	21,70(±2,81) ^{cdA}	27,64(±0,44) ^{aB}	27,61(±1,43) ^{abA}	25,45(±0,47) ^{bcA}
	SC	20,74(±0,86) ^{bA}	22,09(±3,13) ^{bA}	29,50(±0,24) ^{aA}	29,25(±3,00) ^{aA}	25,94(±0,80) ^{abA}

Média (três repetições) ± Desvio Padrão seguidas de letras iguais minúsculas/maiúsculas na linha/coluna (análises) indicam não haver diferença significativa a nível de 5% (teste de Tukey).

Onde: B = grão branqueado; SB = grão sem branqueamento; CC = com casca; SC = sem casca.

Em relação ao conteúdo proteico (CC), o tratamento térmico para produção da farinha não foi afetado significativamente. Fato também relatado no trabalho de Brasil (2002), que avaliou diferentes métodos de processamento industrial da soja. A comparação entre a farinha da mesma cultivar CC e SC resultou em dados com diferenças significativas, evidenciando que a remoção da casca implica em uma maior concentração proteica, explicado pelas diferenças das composições dessas partes do grão (ZAMBOM et al., 2001).

A farinha da BRS 267 B (SC) apresentou o maior teor proteico com 47,04 g.100g⁻¹, e as farinhas de menor conteúdo proteico foram a Vmax SB e B (CC) com aproximadamente 37,29 g.100g⁻¹. No trabalho de Santos et al. (2012), a farinha de *kinako* da cultivar BRS 257 apresentou 45,65 g.100g⁻¹, valor superior ao deste trabalho que foi de 38,94 g.100g⁻¹, nos grãos CC.

Nos teores de cinzas das farinhas não houveram diferenças significativas entre as cultivares e nem mesmo entre grãos CC e SC da mesma cultivar. Apresentando um teor médio de 5,11 g.100g⁻¹ nas farinhas com casca. As variações nos valores de cinzas nas farinhas SC

podem ser explicadas pelo descasque mecânico, permitindo a presença de alguns resíduos de casca que podem interferir na composição do teor de cinzas.

Os resultados quanto ao teor de cinzas em farinhas de soja na literatura apontam diferenças que podem estar relacionadas com as características próprias de cada cultivar de soja e das condições edafoclimáticas. Segundo Santos et al. (2012), para farinha de soja da BRS 257, encontraram um teor de cinzas de $6,89 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, já Silva et al. (2012), avaliando a composição centesimal da farinha de soja integral da cultivar BRS 232, constataram um teor de $4,81 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, semelhante ao encontrado deste trabalho. Mendes et al. (2007), estudando o valor nutricional de diferentes linhagens de soja, obtiveram uma média de $5,88 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ no conteúdo de cinzas.

O maior teor de lipídeos foi nas farinhas provenientes de grãos SC, pois como observado por Guarienti et al. (2012) a quantidade de óleo na porção casca é reduzida. As farinhas da cultivar Vmax SB e B (SC) apresentaram o maior valor com aproximadamente $29,37 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e a BRS 267 SB (CC) o menor teor com $19,89 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ que não diferiu da BRS 267 B (CC). Essa característica do teor de óleo serve como indicador para o uso tecnológico, com elevado teor a cultivar Vmax pode ser usada na indústria para processamento de alimentos ou de outros produtos não alimentares. Diferentemente da BRS 267 que apresenta um baixo teor de lipídeos, a qual em contra partida, apresenta um elevado teor de proteínas, podendo ser recomendada para a adição em alimentos para melhor valor nutricional.

No trabalho de Silva LH et al. (2012), o teor de lipídeos na farinha de soja não tostada foi de $25,60 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, valor próximo ao obtido neste trabalho para a farinha proveniente da BRS 257, mas inferior ao estudo de Santos et al. (2012) que apontou um valor de $28,01 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, para a farinha (*kinako*) da mesma cultivar.

5.2.2 Conteúdo mineral

Os conteúdos minerais, em base úmida, das farinhas de soja de grãos B e SB estão apresentados na Tabela 9. Sendo que os dados da tabela (farinhas CC e SC) são resultados das médias das três cultivares (Vmax, BRS 267 e BRS 257).

Apenas o K e o Fe apresentaram diferença significativa entre as farinhas ($p < 0,05$), já os demais minerais não diferiram entre as mesmas. Em relação ao K, houve uma diminuição no conteúdo para a farinha B com casca ($17,15 \text{ g} \cdot \text{Kg}^{-1}$) em relação a farinha SB CC ($21,36$

g.Kg⁻¹) e SC (21,70 g.Kg⁻¹). O Fe, da mesma maneira, diminuiu seu valor para farinha B CC (83 mg.Kg⁻¹) em comparação com a farinha SB CC (93 mg.Kg⁻¹), porém, a farinha de grãos B SC teve seu conteúdo (78,50 mg.Kg⁻¹) aumentado em relação a farinha SB SC (59,44 mg.Kg⁻¹). Essa diferença de valores de K e de Fe entre as farinhas B e SB também foi observada no trabalho de Silva (2009), onde após o cozimento, verificou-se diferenças de composição mineral entre os grãos, indicando migração dos componentes para água de maceração.

Tabela 9. Composição mineral das farinhas de soja das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax (SB e B), apresentando a média das três cultivares CC e SC.

Minerais	Farinhas de soja			
	Grãos SB		Grãos B	
	CC	SC	CC	SC
P (g.Kg ⁻¹)	6,19(±0,43) ^a	6,53(±0,39) ^a	6,30(±0,11) ^a	6,32(±0,28) ^a
K (g.Kg ⁻¹)	21,36(±1,15) ^a	21,70(±0,88) ^a	17,15(±0,07) ^b	20,20(±0,84) ^{ab}
Ca (g.Kg ⁻¹)	1,93(±0,4) ^a	1,70(±0,26) ^a	1,60(±0,00) ^a	1,80(±0,00) ^a
Mg (g.Kg ⁻¹)	3,20(±0,26) ^a	3,23(±0,15) ^a	2,85(±0,35) ^a	3,10(±0,28) ^a
Zn (mg.Kg ⁻¹)	42,86(±2,02) ^a	40,53(±4,12) ^a	39,15(±0,77) ^a	41,60(±2,68) ^a
Mn (mg.Kg ⁻¹)	27,33(±3,51) ^a	28,33(±3,51) ^a	28,00(±2,82) ^a	26,00(±2,82) ^a
Fe (mg.Kg ⁻¹)	93,22(±1,35) ^a	59,44(±4,11) ^d	83,00(±2,82) ^b	78,50(±0,70) ^c
Cu (mg.Kg ⁻¹)	17,46(±1,22) ^a	17,46(±1,12) ^a	16,60(±0,56) ^a	17,50(±0,98) ^a

Média ± Desvio Padrão seguidas de letras iguais na linha(a) indicam não haver diferença significativa a nível de 5% (teste de Tukey).

Onde: B = grão branqueado; SB = grão sem branqueamento; CC = com casca; SC = sem casca.

O conteúdo de Fe na farinha de grãos SB CC foi 36,23% maior do que na farinha SB SC. Carvalho (2009), através de suas pesquisas, obteve a mesma constatação, na qual a farinha de soja com casca forneceu 35% de Fe a mais do que a farinha de soja sem casca, além disso o autor complementa que a farinha de soja com casca submetida ao tratamento térmico de 150°C por 30 minutos pode contribuir com maior teor de Fe biodisponível.

A quantidade de Fe na farinha de soja é superior ao do feijão carioca (15,25 mg.Kg⁻¹) e do feijão pérola (15,10 mg.kg⁻¹) (BARROS, 2006), oleaginosas comumente utilizadas na alimentação humana. Dado relevante no que se diz respeito às necessidades de ferro por pessoas carentes ou veganas que apresentam baixo consumo de produtos de origem animal.

5.2.3 Solubilidade proteica

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 10, o IDP para a farinha da cultivar BRS 257 SB apresentou um valor superior as demais com 10,68% (CC) e 9,35% (SC). Entretanto considerando grãos CC e SC, percebeu-se que as farinhas provenientes de grãos SB foram semelhantes entre cultivares, com diferença somente para o ISN da cultivar Vmax SC. Em relação ao ISN nas farinhas de grãos CC, houveram diferenças significativas. Na comparação de cultivares nota se que entre grãos SB SC apenas a BRS 267 SB (8,57%) e a Vmax (5,47%) exibiram diferenças ($p < 0,05$).

Tabela 10. Índice de dispersibilidade proteica (IDP) e índice de solubilidade de nitrogênio (ISN), das farinhas de soja provenientes de grãos branqueados (B) e sem branqueamento (SB) das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax.

Análises (%)		Farinhas				
		BRS 267 SB	BRS 267 B	Vmax SB	Vmax B	BRS 257 SB
IDP	CC	7,51(±0,05) ^{ba}	9,27(±1,26) ^{abA}	7,99(±1,37) ^{ba}	7,95(±0,70) ^{ba}	10,68(±0,70) ^{aA}
	SC	6,70(±1,16) ^{ba}	6,90(±0,60) ^{bb}	6,08(±0,63) ^{ba}	6,46(±0,05) ^{bb}	9,35(±0,66) ^{aA}
ISN	CC	8,00(±0,98) ^{ba}	10,25(±1,70) ^{aA}	7,66(±0,01) ^{ba}	9,53(±0,06) ^{aA}	7,93(±1,05) ^{ba}
	SC	8,57(±0,91) ^{aA}	7,51(±1,50) ^{abA}	5,47(±0,02) ^{bb}	7,47(±0,92) ^{abB}	8,06(±0,99) ^{abA}

Média (três repetições) ± Desvio Padrão seguidas de letras iguais minúsculas/maiúsculas na linha/coluna (análises) indicam não haver diferença significativa a nível de 5% (teste de Tukey).

Onde: B = grão branqueado; SB = grão sem branqueamento; CC = com casca; SC = sem casca.

Caprita et al. (2010), submeteram a farinha de soja a uma temperatura de 120°C nos tempos de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos, e verificaram que quanto maior o tempo, a solubilidade proteica diminuiu até chegar ao um IDP de 20% e um ISN de 60%. Machado et al. (2008), avaliando o efeito do aquecimento sobre a qualidade das proteínas de soja, constataram que os grãos autoclavados à 121°C por 20 minutos resultaram em uma perda de 11% na solubilidade proteica. Já no trabalho de Arndt et al. (1999), os autores observaram que a autoclavagem da farinha de soja durante um período de 120 min provocou uma mudança significativa na solubilidade da proteína, causando uma redução de 81,89% na solubilidade da mesma.

Logo, o tratamento térmico é um fator preponderante no ISN e no IDP pois a solubilidade proteica varia inversamente com a qualidade da proteína e com a severidade do

tratamento térmico. Sendo a solubilidade a propriedade funcional primária na determinação das características gelatinizantes, espumantes e emulsificantes das proteínas (CÂNDIDO, 1998).

Portanto o ISN e o IDP são indicadores indiretos para mensurar o grau de desnaturação da proteína sofrida através das condições de processamento, pois a solubilidade da mesma depende diretamente da proporção de grupos hidrofóbicos e hidrofílicos, localizados no centro e na superfície da molécula, respectivamente. A temperatura exerce um efeito nas ligações envolvidas na estabilização das estruturas secundárias e terciárias, cujo desdobramento favorece a interação entre os grupos hidrofóbicos, reduzindo as interações proteína-água. (MINE, 1995; KIM, 1998; WANG; FERNANDES; CABRAL, 2000; PELEGRINE, GASPARETO, 2003).

Por esse motivo os índices que medem a solubilidade das proteínas são de extrema importância para se avaliar o grau de tratamento térmico aplicado aos produtos protéicos de soja (CARRÃO-PANIZZI et al. 2006).

5.2.4 Teor de isoflavonas

Os teores de isoflavonas nas farinhas de soja estão apresentados na Tabela 11. Da mesma forma que nos grãos, os maiores valores de isoflavonas estão nas farinhas CC, devido ao fato dos grãos terem sido descascados mecanicamente ocorrendo possíveis perdas das partes dos grãos que apresentam os maiores teores de isoflavonas (hipocótilos e cotilédones) como relatado no trabalho de Silva et al. (2012).

As formas glicosiladas nas farinhas de grãos (B) diminuíram em relação as farinhas de grãos SB (Tabela 11). Para as farinhas branqueadas (B) da BRS 267 e da Vmax ambas como casca (CC) apresentaram valores de $105,82 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e $213,14 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. Ferreira et al. (2011), analisando as alterações no perfil de isoflavonas em diferentes fases do processamento do *tempeh*, constataram que as formas glicosiladas totais também diminuíram após o processamento em ambas as cultivares estudadas.

As formas malonil-glicosiladas, são termolábeis, e diminuem continuamente durante cada etapa do processamento da farinha, devido principalmente, ao tratamento térmico, o qual reagem de forma instável, mesmo comportamento relatado por Ferreira et al. (2011). Por essa razão as formas malonil-glicosiladas foram convertidas principalmente para as formas acetil-

glicosiladas. Murphy et al. (2002), monitorando as intraconversões das isoflavonas, observaram o mesmo na farinha de soja obtida a partir de aquecimento em forno a 150°C.

Tabela 11. Teor de isoflavonas nas farinhas de soja provenientes de grãos branqueados (B) e sem branqueamento (SB) das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax.

Isoflavonas (mg.100g ⁻¹)		Farinhas				
		BRS 267 SB	BRS 267 B	Vmax SB	Vmax B	BRS 257 SB
Glicosiladas	CC	206,16(±1,11) ^{bA}	105,82(±0,00) ^{eA}	262,94(±1,83) ^{aA}	213,14(±1,06) ^{cA}	147,32(±1,27) ^{dA}
	SC	73,72(±0,15) ^{dB}	67,64(±0,62) ^{eB}	218,25(±3,35) ^{aB}	99,28(±0,61) ^{cB}	121,14(±1,73) ^{bB}
Acetil – glicosiladas	CC	163,74(±0,53) ^{bA}	84,43(±0,21) ^{eA}	226,48(±0,02) ^{aA}	156,41(±0,09) ^{cA}	141,83(±2,63) ^{dA}
	SC	74,29(±0,26) ^{dB}	49,23(±0,33) ^{eB}	196,71(±0,16) ^{aB}	77,82(±0,67) ^{cB}	143,39(±0,77) ^{bA}
Agliconas	CC	17,78(±0,11) ^{cA}	40,81(±0,10) ^{bA}	41,47(±0,32) ^{bA}	43,18(±0,01) ^{aA}	17,53(±0,51) ^{cA}
	SC	11,94(±0,00) ^{eB}	21,25(±0,12) ^{dB}	34,36(±0,24) ^{aB}	24,76(±0,15) ^{bB}	23,53(±0,21) ^{cB}
Isoflavonas Totais	CC	387,68(±0,11) ^{cA}	231,06(±0,47) ^{eA}	530,89(±1,83) ^{aA}	412,73(±0,82) ^{bA}	306,68(±4,41) ^{dA}
	SC	159,95(±0,09) ^{dB}	138,12(±0,40) ^{eB}	449,32(±3,76) ^{aB}	201,88(±1,47) ^{cB}	288,06(±2,72) ^{bB}

Média (três repetições) ± Desvio Padrão seguidas de letras iguais minúsculas/maiúsculas na linha/coluna (isoflavonas) indicam não haver diferença significativa a nível de 5% (teste de Tukey).

Onde: B = grão branqueado; SB = grão sem branqueamento; CC = com casca; SC = sem casca.

As formas acetil-glicosiladas são praticamente ausentes na soja crua, mas estão presentes em grande quantidade na farinha torrada, pois os acetil-glicosídeos são formados pela descarboxilação dos malonil-glicosídeos durante do processo de torra, utilizado no processo de fabricação da farinha (COWARD et al., 1998; JAKSON et al., 2002). As formas acetil-glicosiladas também apresentaram menores teores nas farinhas provenientes de grãos branqueados (B), quando comparadas aos teores das farinhas onde os grãos não passaram por esse processo. O maior valor destas isoflavonas foi observado na farinha da cultivar Vmax SB (CC) com 226,48 mg.100g⁻¹, diferindo estatisticamente (p<0,05) das demais farinhas, sendo que o menor valor ficou para farinha da BRS 267 B (SC) com apenas 49,23 mg.100g⁻¹.

Diferentemente das demais formas das isoflavonas, as agliconas tem seu conteúdo melhorado com o aumento da temperatura de processamento, comportamento condizente ao relatado por Carrão-Panizzi et al. (2004), o qual afirmam que a presença dessa forma de isoflavona biodisponível é importante no processamento de alimentos funcionais de soja, os

quais são dirigidos para consumidores preocupados com saúde e também para os estudos clínicos.

A farinha que apresentou o maior conteúdo de agliconas totais (Tabela 11) foi a Vmax B (CC) que apresentou um teor de $43,18 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, diferindo estatisticamente da Vmax SB (CC), e o menor valor foi obtido na farinha da BRS 267 SB (SC) com $11,94 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Silva (2009), também relatou que com a cocção dos grãos de soja o conteúdo das formas agliconas foi aumentado, garantindo assim a produção de uma farinha de soja com maior valor nutricional.

Segundo Carrao-Panizzi; Simao; Kikuchi (2003), a escolha de cultivares, que geneticamente apresentam teores elevados de isoflavonas, de locais de cultivo, onde a temperatura média é mais baixa durante o período de enchimento de grãos, e de tratamentos hidrotérmicos dos grãos, com temperaturas e períodos de tempo adequados, proporciona maior desenvolvimento de isoflavonas agliconas, garantindo a obtenção de matéria-prima mais adequada para processamentos de alimentos funcionais à base de soja.

Quanto ao teor de isoflavonas totais (Tabela 11) presentes nas farinhas de soja, a farinha oriunda da cultivar Vmax SB (CC), apresentou o maior valor com $530,89 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$. A cultivar BRS 267 B (SC), o menor valor com $138,12 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, diferindo estatisticamente das demais farinhas.

O processo de branqueamento nos grãos provocou a redução das isoflavonas totais nas farinhas, segundo Kasuga et al. (2006) quanto maior for o tempo de aquecimento a que os grãos de soja forem submetidos maior será a perda nos teores de isoflavonas. Sendo assim, as isoflavonas tem uma relação direta ao processo térmico, quanto mais drástico este for, maior será a diminuição dos seus teores.

As concentrações e as formas de isoflavonas variam nos produtos de soja em decorrência de diferentes métodos de processamento (COWARD et al., 1998). O calor do processamento da soja, a hidrólise enzimática e a fermentação alteram significativamente a distribuição dos compostos de isoflavonas em alimentos de soja (JAKSON et al., 2002), por esse motivo, encontra-se dificuldade de comparação com a literatura, em relação aos valores nos conteúdos das isoflavonas para farinhas de soja obtida a partir da torra a 150°C .

5.2.5 Atividade do inibidor de tripsina Kunitz

As atividades do inibidor de tripsina Kunitz nas farinhas de soja estão apresentadas na Tabela 12, onde podemos observar que entre as farinhas com casca (CC) a partir de grãos SB e B, não houveram diferenças significativas a nível de 5% apresentando uma média 2,35 mg IT.g⁻¹. Nas farinhas SC a BRS 267 B apresentou o menor atividade do inibidor de tripsina Kunitz, com 1,99 mg IT.g⁻¹, diferindo estatisticamente das outras farinhas. Essa diferença pode ser explicada pelo tratamento térmico inicial o qual a cultivar BRS 267 B passou, facilitando assim, uma maior inativação do inibidor de tripsina Kunitz em comparação com a BRS 257 SB que teve a maior atividade com 5,05 mg IT.g⁻¹.

Tabela 12. Valores médios de inibidor de tripsina Kunitz nas farinhas proveniente de grãos B e SB das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax.

Análise (mg IT.g ⁻¹)	Farinhas					
		BRS 267 SB	BRS 267 B	Vmax SB	Vmax B	BRS 257 SB
Atividade do inibidor de tripsina Kunitz	CC	1,26(±1,41) ^{aB}	1,81(±0,97) ^{aA}	2,74(±0,16) ^{aA}	2,70(±0,23) ^{aA}	3,28(±0,66) ^{aB}
	SC	3,35(±0,26) ^{bA}	1,99(±0,86) ^{cA}	3,25(±0,80) ^{bA}	3,06(±1,22) ^{bA}	5,05(±0,66) ^{aA}

Média (três repetições) ± Desvio Padrão seguidas de letras iguais minúsculas/maiúsculas na linha/coluna indicam não haver diferença significativa a nível de 5% (teste de Tukey).

Onde: B = grão branqueado; SB = grão sem branqueamento; CC = com casca; SC = sem casca.

Estes resultados confirmam que a torra a 150°C por 30 minutos foi suficiente para reduzir a atividade do inibidor em níveis aceitáveis para o consumo, considerando que no grão cru com casca e sem casca foi observado um valor médio de inibidor de 18,73 mg IT.g⁻¹ e 22,6 mg IT.g⁻¹ para as três cultivares, respectivamente, e após o processo de torra dos mesmos os valores foram reduzidos cerca de 87,07% para os grãos com casca e 82,83% para os grãos sem casca. Segundo alguns autores, os produtos de soja destinados ao consumo humano devem passar por tratamento térmico suficiente para inativar pelo menos 80% da atividade inibitória dos inibidores de tripsina (LIENER, 1994; CARDOSO et al., 2007).

Estes resultados também são confirmados no trabalho de Carvalho (2009), onde o binômio tempo X temperatura 150°C por 30 minutos foi suficiente para inativar o inibidor de tripsina Kunitz em níveis adequados nas farinhas de soja com e sem casca. Brune et al. (2010) avaliando parâmetros bioquímicos e nutricionais de uma linhagem de soja, constataram que o

tratamento térmico de 105 °C por 40 minutos em calor seco, ao qual os grãos de soja foram submetidos, mostrou-se eficaz na inativação do inibidor de tripsina Kunitz.

Cabe ressaltar que cerca de 80% da inibição da atividade trípica de grãos de soja é causada pela ação do inibidor de tripsina Kunitz. Sendo que a atividade do inibidor de tripsina da soja apresenta efeito negativo tanto na digestão da proteína como na perda de nitrogênio endógeno no íleo terminal, o que acaba resultando em redução no coeficiente de digestibilidade aparente dos aminoácidos (MONTEIRO et al., 2004; FELIX; CANNIATTI-BRAZACA, 2008).

Para melhorar o valor nutricional da soja e de seus produtos, há necessidade de tratamentos térmicos para inativar os inibidores de proteases. Por meio destes resultados foi possível constatar que o tratamento térmico promove a inativação desses inibidores e a desnaturação das globulinas da soja aumentando a susceptibilidade para a proteólise e a disponibilidade dos aminoácidos, melhorando, portanto, a qualidade da proteína para alimentação humana e animal (MIURA et al., 2005; ANDRADE et al., 2010).

5.2.6 Análise de cor

Os parâmetros de cor para as farinhas de soja estão expressos na Tabela 13. Em relação a luminosidade, as farinhas provenientes da BRS 257 SB (CC e SC) e da BRS 267 SB (SC), foram que obtiveram valores para a tonalidade mais clara. Porém a nuance mais escura ficou para a farinha da Vmax B com 62,56 de luminosidade.

Tabela 13. Parâmetros de cor para as farinhas soja provenientes das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax, B e SB.

Cor		Farinhas				
		BRS 267 SB	BRS 267 B	Vmax SB	Vmax B	BRS 257 SB
L*	CC	68,04(±0,51) ^{bB}	63,62(±0,22) ^{dB}	66,63(±0,40) ^{cB}	62,56(±0,15) ^{eB}	72,27(±0,14) ^{aB}
	SC	77,74(±0,19) ^{aA}	66,84(±0,09) ^{dA}	70,75(±0,17) ^{bA}	67,75(±0,19) ^{cA}	77,45(±0,19) ^{aA}
a*	CC	9,33(±0,11) ^{cA}	11,94(±0,21) ^{aA}	10,04(±0,15) ^{bA}	12,03(±0,15) ^{aA}	8,55(±0,02) ^{dA}
	SC	6,35(±0,12) ^{cB}	10,34(±0,22) ^{aB}	8,7(±0,17) ^{bB}	10,31(±0,23) ^{aB}	6,76(±0,15) ^{cB}
b*	CC	27,86(±0,14) ^{cA}	31,16(±0,21) ^{aA}	29,47(±0,04) ^{bA}	30,9(±0,13) ^{aA}	29,68(±0,08) ^{bA}
	SC	26,16(±0,30) ^{cB}	30,61(±0,45) ^{aA}	29,48(±0,30) ^{bA}	31,46(±0,32) ^{aA}	28,06(±0,18) ^{dB}

Média (três repetições) ± Desvio Padrão seguidas de letras iguais minúsculas/maiúsculas na linha/coluna (cor) indicam não haver diferença significativa a nível de 5% (teste de Tukey).

Onde: B = Grão branqueado; SB = Grão sem branqueamento; CC = com casca; SC = sem casca.

Silva et al. (2012), comparando os parâmetros de cor de farinhas de soja integral não tostada e outra autoclavada, constataram valores para L^* de 85,50 e 83,90, respectivamente. Já no trabalho de Shin et al. (2013), a farinha de soja torrada a 140°C por 30 minutos apresentou valores de L^* , a^* e b^* de 89,96, -0,82 e 20,76, respectivamente. Baiano et al. (2011), utilizando em sua pesquisa, uma farinha de soja tostada comercial, obtiveram resultados diferentes dos outros autores, em relação aos parâmetros de cor, com valores de 80,22, 0,25 e 22,12, para o L^* , a^* e b^* , respectivamente.

A divergência de valores deste trabalho com os da literatura, se deve aos diferentes processamentos térmicos os quais os grãos de soja passaram para posteriormente serem transformados em farinha. Quanto mais drástico o processo de torra dos grãos mais escura ficará a mesma.

As farinhas oriundas dos grãos branqueados (CC e SC) obtiveram a tendência de coloração vermelha ($+a^*$) e amarela ($+b^*$) mais realçada que as demais, não apresentando diferença significativa entre as farinhas branqueadas. Em relação aos grãos CC e SC, as cultivares CC tiveram sua coloração mais escura em relação aos grãos SC, este fato pode ser devido a presença das cascas no grão inteiro o qual colaborou para uma coloração mais intensa, e também, devido as reações de caramelização dos açúcares (reação de Maillard) e escurecimento não enzimático (ZILIC et al., 2006).

Segundo Moser (1980) e Felix et al. (2011) as condições de umidade e temperatura acima de 55 °C são favoráveis à ocorrência de reações não enzimáticas entre os carboidratos solúveis e grupos aminas dos aminoácidos, resultando na reação de Maillard, que resulta em alteração na coloração dos grãos.

A reação de Maillard é considerada como a mais importante no processo de escurecimento dos alimentos tratados pelo calor, podendo influenciar tanto positiva quanto negativamente na qualidade do alimento submetido ao tratamento térmico. No caso da farinha de soja, esta influência é considerada positiva, pois se assemelha ao que acontece na torrefação do café e do cacau, em que a reação de Maillard é responsável pelo desenvolvimento da coloração e dos aromas agradáveis que os caracterizam (HOSKIN, 1994; DAVIS, 1995).

A qualidade tecnológica da farinha de soja integral é o parâmetro de maior importância para as indústrias de matérias-primas e para os consumidores desse produto. Sendo a cor um fator muito importante para sua comercialização e utilização como ingrediente em diversas formulações de produtos, sendo influenciada pelo tipo de

processamento, ou seja, a aplicação de tratamento térmico utilizado para a redução e/ou eliminação dos compostos antinutricionais o qual intensificou a coloração da farinha de soja (GIESE, 2000; SILVA LH et al., 2012).

6 CONCLUSÕES

- ❖ As cultivares de soja estudadas na forma de grão apresentaram composições físico-químicas variadas:
 - BRS 267 mostrou um maior conteúdo proteico em relação as demais cultivares, entretanto foi a cultivar que apresentou o menor teor de isoflavonas totais.
 - Vmax foi a cultivar que exibiu o maior teor de lipídeos e também apresentou o maior teor de isoflavonas totais.
 - BRS 257, única cultivar sem a presença das isoenzimas lipoxigenases (LOX), apresentou uma composição físico-química com valores intermediários as demais cultivares.
 - Em relação a composição mineral, de maneira geral, não houve diferenças significativas entre as cultivares, o K foi o mineral com maior quantidade na soja e os grãos com casca apresentam uma quantidade de Fe superior aos grãos sem casca.
- ❖ Processo de branqueamento promoveu:
 - Diminuição da solubilidade proteica, devido a desnaturação das proteínas de soja, sendo que nos grãos sem casca a desnaturação foi maior.
 - Redução das isoflavonas em suas formas glicosiladas e malonil-glicosiladas, porém a forma aglicona sofreu um aumento no seu teor para todas as cultivares.
 - Diminuição de até, aproximadamente, 70% do inibidor de tripsina Kunitz, para os grãos sem casca.
 - Inativação das isoenzimas LOX, nas cultivares BRS 267 e Vmax CC e SC.
- ❖ Processo de torra a 150°C por 30 minutos promoveu:
 - Redução da solubilidade proteica abaixo de 10%, devido a severidade do tratamento.
 - Formação das formas acetil-glicosiladas e aumento da formas agliconas, garantindo a produção de uma farinha de soja com maior valor nutricional.
 - Redução na atividade do inibidor de tripsina Kunitz em níveis aceitáveis para o consumo, essa redução foi superior a 80% da atividade inicial do inibidor no grão cru para todas as farinhas.
 - Escurecimento das farinhas, principalmente naquelas produzidas por meio dos grãos branqueados com casca.

- ❖ As farinhas de soja obtidas apresentaram a seguinte composição físico-química:
- A farinha sem branqueamento com casca, foi a que obteve o maior teor de Fe, desta forma o uso da farinha com casca poderia viabilizar o aproveitamento integral do grão, agregando valor nutricional, além de eliminar a etapa de descasque no processamento pela indústria.
 - As farinhas da cultivar BRS 267 foram as que apresentaram um maior conteúdo proteico, podendo ser utilizada para melhorar o valor nutricional de alimentos de soja.
 - As farinhas da cultivar Vmax exibiram o maior teor de lipídeos, podendo ser utilizadas nas indústrias de extração de óleo, para o fabrico de uma infinidade de produtos alimentares e não alimentares ou em produtos que visam o aumento do conteúdo lipídico.
 - As farinhas da cultivar BRS 257, foi observada uma composição química com valores intermediários as demais cultivares, mas com vantagem de não necessitar de processamento térmico para a inativação das LOXs.

Além da soja ser uma das culturas agrícolas que mais cresceram nas últimas décadas ela possui características nutricionais que têm promovido a sua incorporação à dieta alimentar da população brasileira. Além disso, as cultivares de soja especiais, geneticamente melhoradas para alimentação humana, podem contribuir ainda mais para que essa incorporação a dieta alimentar aconteça.

6.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- A realização de uma curva de secagem, utilizando a técnica de planejamentos de experimentos, para delimitar a temperatura que melhor inativa o inibidor de tripsina e ao mesmo tempo conserve a solubilidade proteica.
- Efetuar estudos sobre processamento de alimentos com diferentes cultivares de soja para consumo humano, para estimular a ingestão dessa oleaginosa que possui uma qualidade nutricional excelente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, F. P.; OLIVEIRA, M. A.; MANDARINO, J. M. G.; LEITE, R. S.; SEIBEL, N. F. **Composição centesimal, teores de isoflavonas e inibidor de tripsina em cultivares de soja especiais para a alimentação humana.** In: VI Congresso Brasileiro de Soja. Cuiabá/MT, 2012.
- AMARAL, A. **Alimentação Racional.** In : MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Eds.). A soja no Brasil. Campinas, SP. ITAL, 1981. p.832-839.
- AMARAL, V. M. G. **A importância da soja como alimento funcional para qualidade de vida e saúde.** 86f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica/ Gestão da Qualidade Total) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- ANDRADE, G. F.; DANTAS, M. I. S; PIOVESAN, N. D.; NUNES, R. M.; BARROS, E. G.; COSTA, N. M. B. **Tratamento térmico adequado proporciona melhoria da qualidade nutricional de farinhas de soja elaboradas a partir de novos cultivares destinados à alimentação humana.** Revista Instituto Adolfo Lutz, v. 69, n. 4, p. 537-44, 2010.
- ANJO, D. L. C. **Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular.** Jornal Vascular Brasileiro. v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.
- A.O.A.C (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists** 18. ed. Washington: AOAC, 3000p, 2007.
- A.O.C.S (American Oil Chemists' Society) (Champaign, Estados Unidos). **Official and tentative methods of the American Oil Chemists Society** - método oficial Ba 11-65. 3. ed. Champaign, 1969.
- A.O.C.S (American Oil Chemists' Society) (Champaign, Estados Unidos). **Official and tentative methods of the American Oil Chemists Society** - método oficial Ba 10-65. 3. ed. Champaign, 1980.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática.** Editora UFV, 2. ed, p. 170 – 171, Viçosa: 1999.
- ARMOUR, J. C; PERERA, R. L. C.; BUCHAN, W. C.; GRANT, G. **Protease inhibitors and lectins in soya beans and effects of aqueous heat-treatment.** Journal of Science Food and Agriculture, v. 78, n. 2, p. 225-231, 1998.
- ARNDT, R. E.; HARDY, R. W.; SUGIURA, S. H.; DONG, F. M. **Effects of heat treatment and substitution level on palatability and nutritional value of soy defatted flour in feeds for Coho Salmon, *Oncorhynchus kisutch*.** Aquaculture, v. 180 p. 129–145, 1999.

- AXELROD, B.; CHEESBROUGH, T. M.; LAASKO, S. **Lipoxygenases from soybeans**. *Methods Enzymol*, v. 71, p. 441-451, 1981.
- AZEVEDO, E. **Riscos e controvérsias na construção social do conceito de alimento saudável: o caso da soja**. *Rev Saúde Pública*. v. 45, n. 4, p. 781-8, 2011.
- BAIANO, A.; LAMACCHIA, C.; FARES, C.; TERRACONE, C.; LA NOTTE, E. **Cooking behaviour and acceptability of composite pasta made of semolina and toasted or partially defatted soy flour**. *Food Science and Technology*, v. 44, p. 1226-1232, 2011.
- BARROS, M. **Qualidade de feijões de cor**. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR, 2006.
- BARROS, J. G. A.; MORAES, R. M. A.; PIOVESAN, N. D.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. **Efeito do inibidor de protease kunitz sobre níveis de lipoxigenases em sementes de soja**. *Ciência agrotecnologica*, v. 32, n. 4, p. 1126-1132, 2008.
- BATISTA, I. F. C.; OLIVA, M. L. V.; ARAUJO, M. S.; SAMPAIO, M. U.; RICHARDSON, M.; FRITZ, H.; SAMPAIO, C. A. M. **Primary structure of a Kunitz-type trypsin inhibitor from enterolobium contortisiliquum seeds**. *Phytochemistry*, Oxford, v.41, n.4, p.1017-1022, 1996.
- BAYSAL, T.; DEMIRDÖVEN, A. **Lipoxygenase in fruits and vegetables: A review**. *Enzyme and Microbial Technology*. v. 40, p. 491–496, 2007.
- BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P. **Atitude do consumidor em relação à soja e produtos derivados**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 3, p. 431-439, 2004.
- BENASSI, V. T.; BENASSI, M. T.; PRUDENCIO, S. H. **Cultivares brasileiras de soja: características para a produção de tofu e aceitação pelo mercado consumidor**. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 1, p. 1901-1914, 2011.
- BENASSI, V. T.; PRUDENCIO, S. H. **Impactos do processamento de soja na retenção de minerais, isoflavonas e proteínas em tofus**. *Alim. Nutr.= Braz. J. Food Nutr.*, Araraquara, v. 24, n. 1, p. 51-59, jan./mar. 2013.
- BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. **Fatores antinutricionais em alimentos: revisão**. *Segurança Alimentar e Nutricional*, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.
- BERHOW, M. A. **Modern analytical techniques for flavonoid determination**. In: BUSLIG, B. S.; MANTHEY, J. A. (ed.). *Flavonoids in the living cell*. New York: Kluser Academic, p. 61 - 76, 2002.
- BRESSANI, R. **Grains quality of common beans**. *Reviews International*, v. 9, p. 237-297, 1993.
- BRUNE, M. F. S. S.; PINTO, M. O.; PELUZIO, M. C. G.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. **Avaliação bioquímico-nutricional de uma linhagem de soja livre do inibidor de**

- tripsina Kunitz e de lectinas.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, n. 3, p. 657-663, 2010.
- BOATTO, D. A.; MESOMO, M. C.; MADRONA, G. S.; BRANCO, I. G.; MATUMOTO-PINTRO, P. T. **Desenvolvimento e caracterização de queijo tipo *petit suisse* de sojacomum e de soja livre de lipoxigenase, enriquecidos com cálcio.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v. 30, n. 3, p. 766-770, 2010.
- BRASIL, I. C. F. **Avaliação bioquímica e nutricional da soja comercial submetida a diferentes processamentos.** Tese de doutorado, Universidade Federal do Ceará/Fortaleza, 2002.
- BROUNS, F. **Soya isoflavones: a new and promising ingredient for the health foods sector.** *Food Research International*. v. 35, p. 187–193, 2002.
- BROWN, B. D. et al. **Minimizing protein insolubilization during thermal inactivation of lipoxigenase in soybean cotyledons.** *Journal of the American Oil Chemist's Society*, v. 59, n. 2, p. 88-92, 1982.
- BRUNE, M. F. S. S.; PINTO, M. O.; PELUZIO, M. C. G.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. **Avaliação bioquímico-nutricional de uma linhagem de soja livre do inibidor de tripsina Kunitz e de lectinas.** *Ciência e Tecnologia de Alimento*, v. 30, n. 3, p. 657-663, 2010.
- CAMARGO, M. F. **Produção de soja para consumo humano: uma estratégia de mercado para o pequeno produtor.** 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Ponta Grossa: UTFPR, Campus Ponta Grossa, 2008.
- CÂNDIDO, L. M. B. **Obtenção de concentrados e hidrolisados protéicos de Tilápia do Nilo (*Oreochromus Niloticus*): composição, propriedades nutritivas e funcionais.** Tese de Doutorado, UNICAMP/FEA, Campinas/SP, p.207, 1998.
- CARDOSO, L. R.; OLIVEIRA, M. G. A.; MENDES, F. Q.; PIRES, C. V.; RIBEIRO, F. R.; SANT'ANA, R. C. O.; MOREIRA, M. A. **Atividade de inibidores de proteases em linhagens de soja geneticamente melhoradas.** *Alimentação Nutrição*, v.18, n.1, p.19-26, 2007.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C. **Avaliação de cultivares de soja quanto aos teores de isoflavonóides.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 10, p. 691-698, 1996.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J.M.G. **Soja: potencial de uso na dieta brasileira.** In: EMBRAPA SOJA. Documento 113. Londrina: Embrapa Soja, 1998.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; BELÉIA, A. D. P.; KEISUKE, K.; OLIVEIRA, M. C. N. **Effects of genetics and environment on isoflavone content of soybean from different regions of Brazil.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira* v.34, n.10, p.1787-1795, 1999.

- CARRÃO-PANIZZI, M. C. **Melhoramento genético para obtenção de cultivares de soja mais adequados ao consumo humano.** Revista Brasileira de Nutrição Clínica, v. 15, p. 330 - 340, 2001.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; FAVONI, S. P. G.; KIKUCHI, A. **Extraction time for isoflavone determination.** Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v. 45, n. 4, p. 515-518, Dec. 2002.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; SIMÃO, A. S.; KIKUCHI, A. **Efeitos de genótipos, ambientes e de tratamentos hidrotérmicos na concentração de isoflavonas agliconas em grãos de soja.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 38, n. 8, p. 897-902, 2003.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; GOÉS-FAVONI, S. P.; KIKUCHI, A. **Hydrothermal treatments in the development of isoflavone aglycones in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) grains.** Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v. 47, n. 2, p. 225-232, 2004.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; CRANCIANINOV, W. S.; MANDARINO, J. M. G. **Índice de solubilidade de nitrogênio (ISN) e índice de dispersibilidade de proteína (IDP), em cultivares de soja, produzidas em Londrina e em Ponta Grossa.** Mesas Científico-Técnicas / Resúmenes Expandidos III Congresso de Soja do Mercosul - Mercosoja 2006. Rosário, Argentina, ACSOJA, p.297-299, 2006.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; PIPOLO, A.; MANDARINO, J. M. G.; ARANTES, N. E.; BENASSI, V. de T.; ARIAS, C. A.; KASTER, M.; OLIVEIRA, M. F.; TOLEDO, J. F. F.; CARNEIRO, G.; **Breeding specialty soybean cultivars for processing and value-added utilization at Embrapa in Brazil.** In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 8. 2009, Beijing. Abstracts for oral presentations and posters...Beijing: The Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2009. p.113, 2009.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; BERHOW, M., MANDARINO, J. M. G., OLIVEIRA, M. C. N. **Environmental and genetic variation of isoflavone content of soybean seeds grown in Brazil.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.44,n.11, p.1444-1451, 2009.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; SILVA, J. B. **Soja na alimentação humana: qualidade na produção de grãos com valor agregado.** In: CONGRESO DE LA SOJA DEL MERCOSUR - MERCOSOJA, 5., 2011, Rosário. Resumos. Rosário: Asociaciones de la Cadena de la Soja Argentina (ACSOJA), p. 1-3, 2011.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; BERTAGNOLLI, P. F.; STRIEDER, M. L.; COSTAMILAN, L. M.; MOREIRA, J. U. V. **Melhoramento de Soja para Alimentação Humana na Embrapa Trigo – Safra Agrícola 2011/2012.** Passo Fundo/RS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Trigo. ISSN 1516-5582, p. 27 – 31, 2012a.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C. **Novos usos em alimentação.** In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 39., 2012, Passo Fundo. **Atas e resumos...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 1 CD-ROM. p. 15-19, 2012b.

- CARVALHO, A. W. **Biodisponibilidade de ferro e qualidade proteica do cultivar de soja UFVTN 105AP com elevado teor proteico**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG, 2009.
- CARVALHO, M. R. B.; KIRSCHNIK, P. G.; PAIVA, K. C.; AIURA, F. S. **Avaliação da atividade dos inibidores de tripsina após digestão enzimática em grãos de soja tratados termicamente**. Revista de Nutrição, Campinas, v. 15, n. 3, p. 67-272, 2002.
- CAPRITA, R.; CAPRITA, A.; CRETESCU, I. **Protein Solubility as Quality Index for Processed Soybean**. Animal Science and Biotechnologies, v. 43, n. 1, p. 375-378, 2010.
- CÉSAR, I. C.; BRAGA, F. C.; VIANNA-SOARES, C. D.; NUNAN, E. A.; BARBOSA, T. A. F.; MOREIRA-CAMPOS, L. M. **Determinação de daidzeína, genisteína e gliciteína em cápsulas de isoflavonas por cromatografia em camada delgada (CCD) e cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)**. Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 17, n. 4, p. 616-625, 2007.
- CHEN, P.; BUSS, G. R. **Breeding soybean for the soyfoods market: specific traits and strategies for selection**. In: PROCEEDINGS... III World Soybean Research Conference, IV International Soybean Processing and utilization and III Congresso Mundial de Soja. Foz do Iguaçu, Embrapa Soja, p. 830 - 835, 2004.
- CHIARELLO, M. D.; GUERROUÉ, J. L. L.; CHAGAS, C. M. S.; FRANCO, O. L.; BIANCHINI, E.; JOÃO, M. **Influence of heat treatment and grain germination on the isoflavone profile of soy milk**. Journal of Food Biochemistry, v. 30 p. 234–247, 2006.
- CIABOTTI, S. **Aspectos químicos, físico-químicos e sensorial de extratos de soja e tofus obtidos dos cultivares de soja convencional e livre de lipoxigenase**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras. Lavras/MG, 2004.
- CIABOTTI, S.; BARCELLOS, M. F. P.; MANDARINO, J. M. G.; TARONE, A. G. **Avaliações químicas e bioquímicas dos grãos, extratos e tofus de soja comum e de soja livre de lipoxigenases**. Ciência Agrotécnica, v. 30, n. 5, p. 920 - 929, 2006.
- CIABOTTI, S.; BARCELOS, M. F. P.; PINHEIRO, A. C. M.; CLEMENTE, P. R.; LIMA, M. A. C. **Características sensoriais e físicas de extratos e tofus de soja comum processada termicamente e livre de lipoxigenase**. Ciência Tecnologia Alimentos, v. 27, n. 3, p. 643-648, 2007.
- CIABOTTI, S.; BARCELOS, M. F. P.; PINHEIRO, A. C. M.; CLEMENTE, P. R.; LIMA, M. A. C. **Características sensoriais e físicas de extratos e tofus de soja comum processada termicamente e livre de lipoxigenase**. Ciência Tecnologia Alimentos, v. 27, n. 3, p. 643-648, 2007.
- CLARKSON, T. B. **Soy, soy phytoestrogens and cardiovascular disease**. Journal of Nutrition. v. 132, n. 3, p. 566S – 5669S, 2002.

- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Grãos, Safra 2002/2003. Sexto primeiro levantamento, Agosto de 2003. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 23 de janeiro de 2014.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Grãos, Safra 2012/2013. Décimo primeiro levantamento, Agosto de 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 06 de janeiro de 2014.
- COWARD, L.; SMITH, M.; KIRK, M.; BARNES, S. **Chemical modification of isoflavones in soyfoods during cooking and processing.** American Journal of Clinical Nutrition, Bethesda, v. 68, n. 6, p. 1486S-1491S, 1998.
- DANTAS, M. I. S.; SILVA, M. G.; PINTO, C. R. R.; PEREIRA, C. A. S. P.; MINIM, V. P. R.; BITTENCOURT, M. C. B. **Farinhas de soja sem lipoxigenase agregam valor sensorial em bolos.** Revista Ceres, Viçosa, v. 57, n.2, p. 141-144, 2010.
- DAVIS, E. **Functionality of sugars: physicochemical interactions in foods.** American Journal of Clinical Nutrition, v. 62, Suppl., p. 170S-177S, 1995.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Soja. **Soja: Diferentes usos grãos,** Londrina, Paraná. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br>> Acesso em 07 de janeiro de 2014a.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Soja. Londrina, Paraná. **Cultivares 2008/2009. BRS 257.** Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/cultivares/BRS257.pdf>> Acesso em 07 de janeiro de 2014b.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Soja. Londrina, Paraná. **Cultivares 2008/2009. BRS 267.** Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/cultivares/BRS267.pdf>> Acesso em 07 de janeiro de 2014c.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2004: A soja no Brasil.** Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>> Acesso em: 23 de janeiro de 2014d.
- FELIX, M. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. **Disponibilidade de ferro in vitro de grãos de soja tostados por diferentes tratamentos.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 28, 2008.
- FELIX, M. A.; CANNIATTI BRAZACA, S. G.; MACHADO, F. M. V. F. **Análise sensorial dos grãos de soja (Glycine max (L.) Merrill) tostados por diferentes tratamentos.** Ciência e Tecnologia de Alimentos v. 31, n. 1, p. 56-64, 2011.
- FENNEMA, O. R.; PARKIN, K. L.; DAMODARAN, S. **Química de alimentos de Fennema.** 4ª edição. São Paulo: Editora Artmed, 2010.
- FERREIRA, M. P.; OLIVEIRA, M. C. N.; MANDARINO, J. M. G.; SILVA, J. B.; IDA, E. I.; CARRÃO-PANIZZI, M. C. **Changes in the isoflavone profile and in the chemical**

- composition of tempeh during processing and refrigeration.** Pesquisa agropecuária brasileira, v.46, n.11, p.1555-1561, nov. 2011.
- FEUSSNER, I.; KÜHN, H.; WASTERNAK, C. **Lipoxygenase dependent degradation of storage lipids.** Plant Science, Columbus, v.6, n.6, p.268-273, 2001.
- FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade - Série Sementes.** Circular Técnica nº 40, Londrina/PR, ISSN 1516-7860, março, 2007.
- GALÃO, O. F.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G.; LEITE, R. L. **Teor de isoflavonas em vinte cultivares de soja semeadas em Londrina e Ponta Grossa.** In: V Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Documentos, 323, Embrapa Soja, p. 127-129, 2009.
- GALÃO, O. F.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G.; LEITE, R. S.; CLAUS, T.; VISENTAINER, J. V. **Kunitz trypsin Inhibitor and phytic acid levels in conventional and genetically modified soybean seeds from Londrina and Ponta Grossa, South Brazil.** Acta Scientiarum. Technology, v. 36, n. 4, p. 727-731, 2014.
- GENOVESE, M. I.; HASSIMOTTO, N. M. A.; LAJOLO, F. M. **Isoflavone profile and antioxidant activity of Brazilian soybean varieties.** Food Science and Technology International, v.11, n.3, p.205-211, 2005.
- GINÉ-ROSIAS, M. F. **Espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente.** (ICP-AES), - Piracicaba: CENA, 148P.:il. (Série Didática, v.3), 1998.
- GIAMI, S. Y. **Chemical Composition and nutritional attributes of selected newly developed lines of soybean.** Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 82, p. 1735 – 1739, 2002.
- GIESE, J. **Color measurement in foods as a quality parameter.** Food Technology, Chicago, v. 54, n. 2, p. 62-63, 2000.
- GÓES-FAVONI, S. P.; CARRÃO-PANIZZI, M. C., BELÉIA, A. **Changes in isoflavone in soybean cotyledons soaked in different volumes of water.** Food Chemistry, v.119, p.1605-1612, 2010.
- GUARIENTI, E. P.; PINHEIRO, E.; GODOY, L. P.; EVANGELISTA, M. L. S.; LOVATO, A. **Perdas de matéria-prima: um estudo de caso na indústria de óleo de soja.** Engevista, v. 14, n. 1. p. 58-73, abril 2012.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica.** 9.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1014p., 1997.
- HE, F. J.; CHEN, J. Q.; **Consumption of soybean, soy foods, soy isoflavones and breast cancer incidence: Differences between Chinese women and women in Western countries and possible mechanisms.** Food Science and Human Wellness, v. 2, p.146–161, 2013.

- HOSKIN, J. C. **Sensory properties of chocolate and their development.** American Journal of Clinical Nutrition, v. 60, Suppl., p. 1068S-1070S, 1994.
- INSTITUTE OF MEDICINE. Food and Nutrition Board. **Dietary reference intakes: vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc.** Washington, DC: National Academies, 2000. 800p. Disponível em: <http://www.nap.edu>. Acesso em: 10 de janeiro de 2014.
- JACKSON, C.; DINI, J. P.; RUPASINGHE, H. P. V.; FAULKNER, H.; POYSA, V.; BUZZELL, D.; DEGRANDIS, S. **Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacturing of soy beverage and tofu.** Process Biochemistry, Oxford, v. 37, n. 10, p. 1117-1123, May 2002.
- KAKADE, M. L.; RACKIS, J. J.; MCGHEE, J. E.; PUSKI, G. **Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure.** Cereal Chemistry, v. 51, p. 376-383, 1974.
- KASUGA, A.; OGIWARA, E.; AOYAGI, Y.; KIMURA, H. **Changes in isoflavone content of soybean during heating process.** Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology, v. 53, n.7, p. 365 – 377, 2006.
- KIKUCHI, A. **Simple and rapid method for the detection of lipoxygenase isozymes in soybean seeds.** JIRCAS Annual Report 2001 n.8, p.47-48, 2001.
- KIM, J. C. **Milk protein/stainless steel interaction relevant to the initial stage of fouling in thermal processing.** Journal of Food Process Engineering, v.21, n.5, p.369-386, 1998.
- KONAREVA, A. V.; ANISIMOVAB, I. N.; GAVRILOVAB, V. A.; VACHRUSHEVAB, T. E.; KONECHNAYAC, G. Y.; LEWISD, M.; SHEWRYD, P. R. **Serine proteinase inhibitors in the compositae: distribution, polymorphism and properties.** Phytochemistry, v. 59, p. 279-291, 2002.
- KUDOU, S.; FLEURY, Y.; WELTI, D.; MAGNOLATO, D.; UCHIDA, T.; KITAMURA, K.; OKUBO, K. **Malonyl isoflavone glycosides in soybean seeds (Glycine max Merrill).** Agricultural and Biological Chemistry, Japão, v. 55, n. 9, p. 2227-2233, 1991.
- LAUDANNA, E. **Propriedades funcionais da soja.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 27, n. 230, p. 15-18, 2006.
- LAZZARI, E. N. **Análise do ácido fítico e minerais nos processos de maceração e cocção da soja.** Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, 52 p., 2006.
- LEMONS, J. L. S.; MELLO, M. C.; CABRAL, L. C. **Estudo da solubilidade das proteínas de extratos hidrossolúveis de soja em pó.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 17, n. 3, p. 337-340, 1997.

- LIENER, I. E. **Implications of antinutritional components in soybean foods.** Crit. Rev. Food Sci. Nutr., v. 1, n. 34, p. 31-67, 1994.
- LIMA, M. R.; MORAIS, S. A. N.; COSTA, F. G. P.; PINHEIRO, S. G.; DANTAS, L. S.; CAVALCANTE, L. E. **Atividade ureática.** Revista Eletrônica Nutritime. v. 08, n. 05, p. 1606 – 1611, 2011.
- MACHADO, F. P. P.; QUEIRÓZ, J. H.; OLIVEIRA, M. G. A.; PIOVESAN, N. D.; PELUZIO, M. C. G.; COSTA, N. M. B.; MOREIRA, M. A. **Effects of heating on protein quality of soybean flour devoid of Kunitz inhibitor and lectin.** Food Chemistry, v. 107, p. 649–655, 2008.
- MARTINEZ, A. P. C.; MARTINEZ, P. C. C.; SOUZA, M. C.; CANNIATTI BRAZACA, S. G. **Alterações químicas em grãos de soja com a germinação.** Ciências Tecnologia Alimentos, Campinas, v. 31, n. 1, p. 23-30, 2011.
- MARTINS, C. A. O.; SEDIYAMA, C. S.; MOREIRA, M. A. **Efeito da eliminação genética das lipoxigenases das sementes sobre as características agrônômicas da soja.** Pesq. agropec. Bras. 37, n. 10, p. 1389-1398, 2002.
- McDOWELL, L. R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil.** 3.ed., Illinois: Agrico Feed Ingredients, 92p.,1999.
- MCKLEM, L. K. **Investigation of molecular forces involved in gelation of commercially prepared soy protein isolates.** 72 f. Tese de Mestrado. Raleigh: Faculty of North Carolina State University, 2002.
- MENDES, F. Q.; OLIVEIRA, M. G. A.; CARDOSO, L. R.; COSTA, N. M. B.; SANT'ANA, R. C. O. **Digestibilidade protéica e caracterização bromatológica de linhagens de soja com ausência ou presença do inibidor de tripsina kunitz e das isozimas lipoxigenases.** Bioscience Journal, v. 23, n. 1, p. 14-21, jan./mar. 2007.
- MINE, Y. **Recent advances in the understanding of egg white protein functionality.** Trends in Food Science and technology. v. 6, n. 7, p. 225-232, 1995.
- MIURA, E. M. Y.; SILVA, R. S. S. F.; MIZUBUTI, I. Y.; IDA, E. I. **Cinética de inativação de Inibidores de Tripsina e de Insolubilização de Proteínas de diferentes cultivares de soja.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, n. 5, p. 1659-1665, 2005.
- MONTEIRO, M. R. P.; MOREIRA, M. A.; COSTA, N. M. B.; OLIVEIRA, M. G. A.; PIRES, C. V. **Avaliação da Digestibilidade Protéica de Genótipos de Soja com Ausência e Presença do Inibidor de Tripsina Kunitz e Lipoxigenases.** Brazilian Journal Food Technology, v.6, n.1, p.99-107, 2003.
- MONTEIRO, M. R. P.; COSTA, N. M. B.; OLIVEIRA, M. G. A.; PIRES, C. V.; MOREIRA, M. A. **Qualidade protéica de linhagens de soja com ausência do inibidor de tripsina kunitz e das isoenzimas lipoxigenases.** Revista de Nutrição, v. 17, n. 2, p. 195-205, 2004.

- MORAES, R. M. A.; JOSÉ, I. C.; RAMOS, F. G.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. **Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.725 - 729, 2006.
- MORAIS, Á. A. C.; SILVA, A. L. **Complicações e resistência ao consumo.** In: _____. Soja: suas aplicações. Rio de Janeiro: Medsi, p. 151-155,1996.
- MORAIS, Á. A. C.. **Usos da soja em medicina.** Anais... do I Simpósio Brasileiro sobre Benefícios da Soja para a Saúde Humana. Londrina: Embrapa Soja, p. 15 – 18, out., 2001.
- MOSER, L. E. **Quality of forages as affected by post-harvest storage and processing.** In: FAHEY JUNIOR, G. C. (Ed.). Crop quality storage, and utilization. Madison, Wisconsin: American Soybean Association, p. 227-260, 1980.
- MOUROUTI, N.; PANAGIOTAKOS, D. B. **Soy food consumption and breast cancer.** Maturitas v. 76, p. 118– 122, 2013.
- MOZZONI, L. A.; MORAWICKI, R. O.; CHEN, P. **Canning of vegetable soybean: procedures and quality evaluations.** International Journal of Food Science and Technology, v. 44, n. 6, p. 1125-1130, 2009.
- MURPHY, P. A.; BARUA, K.; HAUCK, C. C. **Solvent extraction selection in the determination of isoflavones in soy foods.** Journal Chromatography B v. 777, p.129–138, 2002.
- NASCIMENTO, M. R. F. **Uso de Farinhas de Trigo e Soja (80:20) Pré-cozidas por Extrusão para “Requeijão Cremoso Contendo Trigo-Soja” e Donut.** 2008. 83 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.
- OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos.** Editora Manole, Barueri/SP, p. 373 – 374, 2006a.
- OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos.** Editora Manole, Barueri/SP, p. 258 – 259, 2006b.
- OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos.** Editora Manole, Barueri/SP, p. 362 – 367, 2006c.
- OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos.** Editora Manole, Barueri/SP, p. 384 – 396, 2006d.
- OLIVEIRA, J. E. D. **Valor da soja como alimento.** In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Eds.). A soja no Brasil. Campinas, SP: ITAL, p.820-823, 1981.
- OLIVEIRA, E. F.; SILVA, S. O.; SILVA, J. B.; OLIVEIRA, G. B. A., CAMPOS-FILHO, P. J.; MANDARINO, J. M. G.; CARRÃO-PANIZZI, M. C. **Determinação de Isoflavonas e Inibidor de Tripsina de Kunitz em Grãos e Extratos Solúveis fe Soja, obtidos de**

- Cultivares Especiais para Alimentação Humana.** In: III Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Documentos, 297, p. 128-133, 2008.
- ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de alimentos: Componente dos alimentos e processos.** Tradução de Fátima Murad, v. 1, p. 294. Porto Alegre:Editora Artmed, 2005.
- PAIVA, B. M.; ALVES, R. M.; HELENO, N. M. **Propriedades funcionais da soja.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 27, n. 230, p. 15-18, 2006
- PAPALEO, V. T. **As propriedades da proteína de soja na alimentação humana.** Monografia (Especialização em qualidade em alimentos) – Universidade de Brasília Centro de Excelência em Turimos. Brasília/DF, 2004.
- PELEGRINE, D. H.; GASPARETTO, C. A. **Estudo da solubilidade das proteínas presentes no soro de leite e na clara de ovo.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 5, n. 1, p. 57-65, 2003.
- PRIGGE, S. T.; BOYINGTON, J. C.; GAFFNEY, B. J.; AMZEL, L. M. **Structure Conservation in Lipoxygenases: Structural Analysis of Soybean Lipoxygenase-1 and Modeling of Human Lipoxygenases.** PROTEINS: Structure, Function, and Genetics, v. 24, p. 275-291, 1996.
- RACKIS, J. J.; SESSA, D. J.; HONIG, D. H. **Flavor problems of vegetable food proteins.** J. Amer. Oil chem., San Diego, v. 56, n. 6, p. 262-271, 1979.
- RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B.. **Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum.** Ciência e Tecnologia Alimentos, Campinas, v. 28, n. 1, p. 200-213, jan.-mar. 2008.
- ROBINSON, D. S.; WU, Z.; DOMONEYB, C.; CASEY, R. **Lipoxygenases and the quality of foods.** Food Chemistry, v. 54, p. 33-43, 1995.
- ROEBUCK, B. D. **Trypsin inhibitors: potential concern for humans?** Journal of Nutrition, v. 117, p.398-400, 1987.
- ROSSET, M. **Distribuição de ácido fítico e minerais durante o processamento de extrato hidrossolúvel de soja e tofu.** 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, 2007.
- SAIDU, J. E. P. **Development, evaluation and characterization of protein, isoflavone enriched soymilk.** Louisiana: Faculty of the Louisiana State University. 216 p. (tese de doutorado), 2005.
- SANTANA, A. C.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G.; LEITE, R. S.; SILVA, J. B.; IDA, E. I. **Effect of harvest at different times of day on the physical and**

- chemical characteristics of vegetable-type soybean.** Ciências Tecnologia de Alimentos, v. 32, n. 2, p. 351-356, 2012.
- SANTOS, H. M. C.; OLIVEIRA, M. A.; OLIVEIRA, A. F.; OLIVEIRA, G. B. A. **Composição centesimal das cultivares de soja BRS 232, BRS 257 e BRS 258 cultivadas em sistema orgânico.** Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos, Campo Mourão. v. 1 n. 2, p. 07-10, 2010.
- SANTOS, H. M. C.; OLIVEIRA, M. A.; OLIVEIRA, A. F.; MANDARINO, J. M. G.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; LEITE, R. S.; OLIVEIRA, G. B. A.; MOREIRA, A. A.; SILVA, C. E. **Desenvolvimento e caracterização físico-química de biscoitos com farinha de soja orgânica de cultivares especiais para a alimentação humana.** In: V Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Documentos, 323, p. 79-82, 2012.
- SAWAZAKI, H. E.; TEIXEIRA, J. P. F.; MIRANDA, M. A. C. **Avaliação da atividade da lipoxigenase em linhagens de soja.** Bragantia, v. 46, n. 2, p. 371-380, 1987.
- SETCHELL, K. D. R.; BROWN, N. M.; DESAI, P.; ZIMMER-NECHEMIAS, L.; WOLFE, B. E.; BRASHEAR, W. T.; KIRSCHNER, A. S.; CASSIDY, A.; HEUBI, J. E. **Bioavailability of pure isoflavones in healthy humans and analysis of commercial soy isoflavone supplements.** Journal of Nutrition, v. 131, p. 1362S- 1375S, 2001.
- SHAO, S.; DUNCAN, A. M.; YANG, R.; MARCONE, M. F.; RAJCAN, I.; TSAO, R. **Tracking isoflavones: From soybean to soy flour, soy protein isolates to functional soy bread.** Journal of Functional Foods. v. 1, p. 119 – 127, 2009.
- SHIN, D. J.; KIM, W.; KIM, Y. **Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour.** Food Chemistry, v. 141, p. 517–523, 2013.
- SILVA, C. O.; ANDRADE, G. F.; DANTAS, M. I. S.; COSTA, N. M. B.; PELUZIO, M. C. G.; FONTES, E. A. F.; MARTINO, H. S. D. **Influência do processamento na qualidade protéica de novos cultivares de soja destinados à alimentação humana.** Revista de Nutrição, Campinas, v. 23, n. 3, p. 389-397, 2010.
- SILVA, C. E.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G.; LEITE, R. S.; MÔNACO, A. P. A. **Teores de isoflavonas em grãos inteiros e nos componentes dos grãos de diferentes cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill).** Campinas, v. 15, n. 2, p. 150-156, abr./jun. 2012.
- SILVA, L. H.; COSTA, P. F. P.; NOMIYAMA, G. W.; SOUZA, I. P.; CHANG, Y. K. **Caracterização físico-química e tecnológica da farinha de soja integral fermentada com *Aspergillus oryzae*.** Brazilian Journal of Food Techonlogy, v. 15, n. 4, p. 300-306, out./dez. 2012.
- SILVA, F. C. **Análise química do tecido vegetal.** In: **Manual de Análises Químicas de Solo, Plantas e Fertilizantes.** 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, P. 193-304, 2009.

- SILVA, J. B. **Características de cultivares de soja convencionais e para consumo humano: análises físicas, químicas e sensoriais (sentidos humano e sensores eletrônicos)**. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina/PR, 2009.
- SILVA, M. H. L. **Desenvolvimento e caracterização de um isolado protéico de soja modificado com perfil de solubilidade da caseína do leite humano**. 96 – 105 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa. Curso de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos. Viçosa, 2007.
- SILVA, S. O.; OLIVEIRA, E. F.; OLIVEIRA, G. B. A.; SILVA, J. B.; CAMPOS-FILHO, P. J.; MANDARINO, J. M. G.; CARRÃO-PANIZZI, M. C. **Composição centesimal e solubilidade da proteína de cultivares de soja especiais para alimentação humana no processamento de extrato solúvel de soja**. In: III Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Embrapa Soja. Documentos, 297, p. 134-139, 2008.
- SILVEIRA, D. R. C.; KAMIKOGA, Á. T. M.; KAMIKOGA, M. K.; TERASAWA, J. M.; ROMANEK, C. **Avaliação de cultivares de soja convencionais e Roundup Ready em duas épocas de semeadura em Ponta Grossa – PR**. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 4., Ponta Grossa/PR, 2008.
- SMITH, A. K.; CIRCLE, J. J. **Soybeans: chemistry and technology**. Westport: AVI BOOK, v. 1, 1978.
- SUDA, I.; HAJIKA, M.; NISHIBA, Y.; FURUTA, E.; IGITA, K. **Simple and rapid method for the selective detection of individual lipoxygenase isozymes in soybean seeds**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, v. 43, p. 742-747, 1995.
- TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – 4ª edição revisada e ampliada, Campinas – SP, 2011.
- TORRES-PENARANDA, A. V.; REITMEIER, C. A.; WILSON, L. A.; FEHR, W. R.; NARVEL, J. M. **Sensory characteristics of soymilk and tofu made from lipoxygenase-free and normal soybean**. Journal of Food Science, v.63, n.6, p. 1084-1087, 1998.
- TORRES-PENARANDA, A. V.; REITMEIER, C. A. **Sensory descriptive analysis of soymilk**. Journal of Food Science, v. 66, n.2, p. 352-356, 2001.
- TSUKAMOTO, C.; SHIMADA, S.; IGITA, K.; KUDOU, S.; KOKUBUN, M.; OKUBO, K. **Factors affecting isoflavone content in soybean seeds: changes in isoflavones, saponins, and composition of fatty acids at different temperatures during seed development**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.43, p.1184-1192, 1995.
- USDA, National Nutrient Database for Standard References, 2001. Disponível: <<http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri/nutri.php?id=4533>>. Acesso em: 09 de janeiro de 2014.
- UZZAN, M.; LABUZA, T. P. **Critical issues in R&D of soy isoflavones-enriched foods and dietary supplements**. Journal of Food Science, v. 69, n. 3, p. 77–86, 2004.

- VAN DE KAMER, J. H.; VAN GINKEL, L. **Rapid determination of crude fiber in cereals.** Cereal Chemistry, St. Paul, v. 29, n. 4, p. 239-251, July/Aug. 1952.
- VASCONCELOS, I. M. et al. **Nutritional study of two Brazilian soybean (Glycine max) cultivars differing in the contents of antinutritional and toxic proteins.** Journal of Nutrition and Biochemistry, v. 12, n. 1, p. 55 - 62, 2001.
- VASCONCELOS, A. C.; PONTES, D. F.; GARRUTI, D. S.; SILVA, A. P. V. **Processamento e aceitabilidade de pães de forma a partir de ingredientes funcionais: farinha de soja e fibra alimentar.** Alimentação e Nutrição, Araraquara. v.17, n.1, p.43-49, 2006.
- VIEIRA, C. R.; CABRAL, L. C.; PAULA, A. C. O. **Composição centesimal e conteúdo de aminoácidos, ácidos graxos e minerais de seis cultivares de soja destinadas à alimentação humana.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, n.7, p.1277-1283, 1999.
- VILLALVA, M. M. H. **Modificação química para obtenção de um isolado protéico de soja com solubilidade semelhante à da caseína humana.** Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Campus de Viçosa, 2008.
- VISSER, A.; THOMAS, A. **Review; soya protein products: their processing, functionality, and application aspects.** Food Reviews International, New York, v. 3, n. 1/2, p. 1-32, Jan./Feb. 1987.
- WANG, S. H.; FERNANDES, S. M.; CABRAL, L. C. **Solubilidade de nitrogênio, dispersibilidade de proteína e propriedades emulsificantes dos extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja.** Ciências e Tecnologia de Alimentos, v. 20, n. 1, 2000.
- YAMADA, L. T. P.; BARCELOS, M. F. P.; SOUSA, R. V.; LIMA, A. L. **Composição química e conteúdo de ferro solúvel em soja [glycine max (L.) merrill].** Ciências Agrotecnológicas, Lavras. v.27, n.2, p.406-413, 2003.
- YOKOMIZO, G. K.; DUARTE, J. B.; VELLO, N. A. **Correlações fenotípicas entre tamanho de grãos e outros caracteres em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 35, p. 2235 - 2241, 2000.
- ZAMBOM, M. A.; SANTOS, G. T.; MODESTO, E. C.; ALCALDE, C. R.; GONÇALVES, G. D.; SILVA, D. C.; SILVA, K. T.; OLIVEIRA, J. F. **Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos.** Maringá, v. 23, n. 4, p. 937-943, 2001.
- ZILIC, S. M.; BOZÓVIC, I. N.; SAVIC, S.; SOBAJIC, S. **Heat processing of soybean kernel and its effect on lysine availability and protein solubility.** Central European journal of Biology. Poland, v. 1, n. 4, p. 572-583, 2006.