

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Nutrição

Samanta Thomas Valdés

**O efeito de genótipos de feijão e das formas usuais de preparo sobre a atividade
antioxidante e a composição nutricional**

Florianópolis, SC

2010

Samanta Thomas Valdés

O efeito de genótipos de feijão e das formas usuais de preparo sobre a atividade antioxidante e a composição nutricional

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof. Dra. Vera Lúcia Cardoso Garcia Tramonte

Florianópolis, SC

2010

Samanta Thomas Valdés

O efeito de genótipos de feijão e das formas usuais de preparo sobre a atividade antioxidante e a composição nutricional

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM NUTRIÇÃO e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 10 de fevereiro de 2010.

Rossana Pacheco da Costa Proença, Dr.
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Nutrição

Banca examinadora:

Vera Lucia Cardoso Garcia Tramonte, Dr.
NTR/CCS/UFSC – Presidente

Silvia Cozzolino, Dr.
PPG Ciência dos Alimentos/FCF/ USP

Cileide Maria Medeiros Coelho, Dr.
CCA/UFSC

Sandra Regina Paulon Avancini, Dr.
NTR/CCS/UFSC

Dedico

Aos meus pais pelo incentivo e apoio incondicional.

Ao meu marido pelo amor, compreensão e ajuda mesmo nas horas mais difíceis.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por me iluminar a cada dia e pela vida maravilhosa que Ele me deu.

Aos meus pais, meus maiores mestres e incentivadores, a quem devo tudo o que sou.

Ao meu marido, melhor presente que ganhei na minha vida, que é o meu porto-seguro, o meu companheiro e maior torcedor.

A minha avó Odete e meu avô Waldemar que ficariam muito orgulhosos de mim se estivessem aqui.

A minha orientadora Vera que aceitou me orientar no decorrer do curso, graças a ela pude aprender coisas de uma área da qual não tinha o menor conhecimento e que nunca havia tido contato durante a minha formação acadêmica.

A professora Cileide que mesmo sem me conhecer me ajudou muito abrindo as portas dos laboratórios para a realização das análises, foi uma excelente parceira que forneceu as amostras, com quem aprendi as metodologias para colocar em prática o projeto.

A professora Sandra que auxiliou na elaboração e correção do projeto, além de obter verbas para execução do mesmo.

Ao professor David que ajudou muito fazendo a análise estatística.

Aos membros da banca pelas colaborações e pelo tempo dispendido para a avaliação do trabalho.

A professora Edna que cedeu seu laboratório e empresou reagentes para a realização de algumas análises.

Ao pessoal do laboratório de Nutrição Experimental da UFSC, seja pela ajuda ou pela companhia em muitos dias de reuniões e análises no lab: Amanda, Fabiana, Gérson, Melisa, Caroline, Camila, Stella e Jane.

As minhas colegas de mestrado com quem dividi muitos momentos, bons e ruins, e que se tornaram grandes amigas: Amanda B., Bárbara, Diane e Manuella.

Aos mestrandos Márcio e Aureanna que me ensinaram muito e tiveram muita paciência comigo.

Aos meus familiares, em especial meu irmão Nelson, minha irmã Priscila e minha sobrinha Maria Eduarda, pelo carinho.

Aos meus amigos que sempre torceram por mim.

“Todos querem o perfume das flores,
mas poucos sujam as suas
mãos para cultivá-las”.

Augusto Cury

Resumo

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma importante fonte de proteína, carboidratos, fibras, minerais como ferro, cálcio, magnésio, zinco e vitaminas essenciais à dieta humana. Contudo o teor destes nutrientes pode ser alterado pela cocção e por alguns elementos considerados antinutricionais. Estes antinutrientes têm sido associados ao prejuízo da absorção de nutrientes do feijão, mas a eles também estão sendo atribuídos benefícios à saúde devido ao seu potencial antioxidante. O objetivo deste estudo foi avaliar a composição centesimal, os teores de fitato, minerais (Fe, Zn, Ca, K, Mg e P) e taninos, a atividade antioxidante e o conteúdo de fenólicos totais em 3 genótipos de feijões (IAPAR 81-carioca, Uirapuru-preto e BAF 55-preto) nos grãos, nos caldos e nas águas de remolho em amostras preparadas de quatro formas diferentes (feijão cru, cozido sem maceração, cozido com a água de maceração e cozido sem a água de maceração). Para a realização das análises os grãos foram separados dos caldos nas amostras cozidas e nas amostras maceradas e cozidas sem a água de remolho foram analisados os nutrientes presentes nesta água. Observou-se que a forma de cocção interfere de maneiras distintas na composição nutricional de cada genótipo de feijão analisado. Na composição centesimal o genótipo BAF 55 (preto) teve os maiores teores protéicos e de Mg, K e P do que os outros genótipos. Além disso, as amostras cozidas sem maceração preservaram os teores de minerais e proteínas em todos os genótipos. O percentual de cinzas nos grãos não teve diferenças entre os genótipos e as formas de preparo, mas nos caldos o genótipo BAF 55 (preto) apresentou valores médios maiores nas 3 formas de preparo. Os valores de lipídeos variaram somente no genótipo Uirapuru (preto), que nos grãos teve valores médios maiores quando cozido após a maceração com e sem a água de remolho. Nos caldos, o teor de lipídeo teve valores médios maiores quando cozido sem maceração. Os percentuais de carboidratos nos grãos e nos caldos apresentaram diferenças entre os genótipos quando cozidos sem a água de maceração, sendo que o genótipo Uirapuru (preto) teve valores médios de carboidratos maiores do que os demais genótipos. O teor de fitato teve médias iguais entre os genótipos. Após a cocção IAPAR (carioca) teve diminuição de fitato nos grãos cozidos sem a água de maceração. Os grãos do genótipo Uirapuru (preto) apresentaram menores médias de fitato nos cozimentos com e sem a água de maceração. Não foi detectado tanino nos grãos cozidos que devido à sua alta solubilidade migrou para os caldos. No genótipo IAPAR (carioca) foram detectados traços de tanino nos caldos por ser um genótipo com coloração mais clara. No feijão Uirapuru (preto) o caldo da amostra cozida sem maceração teve maiores médias e nos caldos do feijão BAF 55 (preto) a melhor forma de preparo foi o cozimento com maceração prévia sem a água de remolho. A atividade antioxidante apresentou os menores valores de EC₅₀ nas amostras de grãos cozidos com e sem a água de remolho nos três genótipos, porém nas amostras de caldos os genótipos foram os determinantes das diferenças impossibilitando a identificação da melhor forma de preparo. O teor de fenólicos totais diminuiu nos três genótipos analisados após a cocção. Na fração grão não houve diferenças entre as formas de preparo em relação ao conteúdo fenólico, mas na fração caldo o cozimento sem maceração apresentou valores médios maiores de fenólicos totais quando comparado aos outros preparos. Conclui-se que o preparo sem maceração prévia foi mais eficiente na preservação das características nutricionais dos três genótipos de feijões analisados. Outros estudos com mais genótipos e avaliando a disponibilidade destes nutrientes deveriam ser realizados para determinar a quantidade real dos mesmos disponíveis nos grãos, nos caldos e nas águas de remolho para a absorção após o preparo do alimento.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., formas de preparo, composição centesimal, fitato, minerais, tanino, atividade antioxidante, fenólicos totais

Abstract

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an important source of protein, carbohydrates, fiber, minerals such as iron, calcium, magnesium, zinc and vitamins, all of them essentials in the human diet. However, the content of these nutrients can be altered by cooking and by some elements considered antinutritionals. These elements have been associated with the reduction of the nutrient absorption from beans, but on the other hand, they are being assigned healthy benefits due to its oxidative potential. The goal of this study was to assess the centesimal composition, phytate, minerals (Fe, Zn, CA, Mg, K and P) and tannins, antioxidant activity and total phenolic contents in 3 genotypes of beans (IAPAR-81, Uirapuru and BAF 55) in the grains, broths and soaking water in samples prepared from 4 different shapes (raw, cooked without soaking, cooked with water from soaking and without water from soaking). In order to carry out the water analysis, the grains were separated from the broths grains in samples cooked, uncooked retted and samples without soaked water and then were. It was noted that the form of cooking interferes on nutritional composition of each genotype. With respect to the centesimal composition, the BAF 55 genotype had the best protein, Mg, K and P contents than the other genotypes. For the samples cooked without soaking, the mineral and protein levels have not significant differences in all genotypes. The percentage of ash in the grains had not differences among the genotypes and staging forms, but in the BAF 55 genotype the result was larger in the three preparations. Lipids values presents higher average values in grains when cooked after soaking than without this process, moreover the genotype Uirapuru have higher carbohydrates average values than the other genotypes. The phytate value content had equal behavior among the different genotypes. After cooking the IAPAR genotype, the quantity of phytate was decrease without water from soaking. The genotype Uirapuru presented lower average concentration of phytate in preparations with and without water soaking. Tannins were not detected in cooked grains mainly due to its high solubility. In IAPAR genotype were detected traces of tannin in broths by its lighter coloration. In beans Uirapuru broth boiled without sample maceration had the highest average and for BAF 55, the best results were obtained by cooking with soaking without soaked water.

The oxidative activity has the lowest values of EC₅₀ in samples of cooked grains with and without soaked water in the 3 genotypes, and in samples the genotypes were the determinants of the differences making impossible to determine the best way to prepare it. The total phenolic content diminished in the three genotypes analyzed after cooking. The grain quantity did not present differences between the staging forms, but in the cooking, the broth fraction without soaking presented larger average values when compared to total phenolic level of the other genotypes. Another researches with more genotypes and with the aim to evaluate the availability of these nutrients should be conducted to determine the amount of these components in broths, grains and soaked waters after and before the preparation of foods.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., preparation methods, centesimal composition, phytate, minerals, tannin, antioxidant activity, total phenolic content.

LISTA DE TABELAS

ARTIGOS ORIGINAIS

Associação do genótipo e da forma de preparo sobre a atividade antioxidante, e antinutrientes em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

Tabela 1. Comparação entre atividade antioxidante, fenólicos totais, tanino e fitato nas amostras de grãos de feijões de diferentes genótipos e na água de maceração.....62

Tabela 2. Comparação entre atividade antioxidante, fenólicos totais, tanino e fitato nas amostras de caldos de feijões de diferentes genótipos.....63

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson entre atividade antioxidante, fenólicos totais e tanino nas frações grão e caldo dos feijões.....63

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson entre atividade antioxidante, fenólicos totais e tanino nas frações grão e caldo dos feijões.....54

Conteúdo de fitato, minerais e composição centesimal de grãos, caldos e água de maceração de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidos à diferentes formas de preparo

Tabela 1. Comparação de percentual de fitato padrão nas amostras de grão e caldo de feijões de diferentes genótipos com mesma forma de preparo.....81

Tabela 2. Comparação entre teor de minerais nas amostras de grãos, caldos e água de maceração dos três genótipos analisados.....82

Tabela 3. Comparação da composição centesimal dos grãos, caldos e água de maceração dos três genótipos analisados.....83

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson entre o teor de minerais, de proteína, de cinza e o percentual de fitato padrão nas frações grão e caldo dos feijões^a.....84

LISTA DE FIGURAS

REFERENCIAL TEÓRICO

- Figura 1** - Classificação quanto às variedades comerciais no Brasil: manteigão (1); branco (2); mulatinho (3); preto (4); colorido (5); amarelo (6); vermelho (7) e carioca (8)18
- Figura 2** - Estrutura do ácido fítico ao quelar íons metálicos bivalentes, aminoácidos e proteínas, forma o fitato.....25
- Figura 3** - Estrutura química de flavan-3-ol e flavan-3,4-diol.....26
- Figura 4** - Estabilização do radical livre DPPH.....33

ARTIGOS ORIGINAIS

Associação do genótipo e da forma de preparo sobre a atividade antioxidante, e antinutrientes em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

- Figura 1** – Diagrama do preparo das amostras.....61
- Figura 2.** Dendograma da análise de cluster feito com as variáveis atividade antioxidante, fenólicos totais, tanino e fitato para os 3 genótipos de grãos de feijões preparados de 4 formas diferentes.....64
- Figura 3.** Classificação dos genótipos de grãos de feijões (IAP, BAF e UI) de acordo com as suas formas de preparo (C, CSM, CCAM e CSAM) e com os principais fatores 1 e 2.....64
- Figura 4.** Dendograma da análise de cluster feito com as variáveis atividade antioxidante, fenólicos totais, tanino e fitato para os 3 genótipos de caldos de feijões preparados de 4 formas diferentes.....65
- Figura 5.** Classificação dos genótipos de caldos de feijões (IAP, BAF e UI) de acordo com as suas formas de preparo (CSM, CCAM e CSAM) e com os principais fatores 1 e 2.....65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Histórico e tendências de consumo.....	15
3.2 Classificação do feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	17
2.3 Formas domésticas de preparo.....	18
3.4 Aspectos nutricionais.....	20
3.5 Antinutrientes.....	23
2.5.1 Fitato.....	23
2.5.2 Tanino.....	26
2.5.3 Oligossacarídeos.....	27
3.5.4 Lectinas.....	28
3.5.5 Saponinas.....	30
3.5.6 Inibidores de alfa amilase.....	31
3.5.7 Inibidores de proteases.....	31
3.6 Atividade antioxidante.....	32
4 MÉTODO	35
4.1 Delineamento experimental.....	35
4.2 Amostras de feijão.....	35
4.3 Preparação das amostras.....	36
4.4 Análise da composição química do feijão.....	37
4.4.1 Composição centesimal.....	37
4.4.2 Minerais.....	37
4.4.4 Fitato.....	39
4.4.5 Tanino.....	40
4.4.6 Atividade Antioxidante.....	40
4.4.7 Fenólicos totais.....	41
4.5 Análise estatística.....	41
5 ARTIGOS ORIGINAIS	42

5.1 Efeito do genótipo e da forma de preparo sobre a atividade antioxidante, fenólicos totais e tanino no feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	42
5.2 Conteúdo de fitato, minerais e composição centesimal de grãos, caldos e água de maceração de feijões (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) submetidos à diferentes formas de preparo.....	66
6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é considerado um excelente alimento devido à sua composição nutricional. É uma importante fonte protéica de origem vegetal, além de possuir carboidratos, fibras, minerais como ferro, cálcio, magnésio, zinco e vitaminas essenciais à dieta humana (SGARBIERI, 1989; BROUGHTON, et al., 2003). Apesar de elevados teores de proteína, o feijão apresenta deficiência de aminoácidos sulfurados em sua composição. Quando consumido juntamente com cereais ricos nestes aminoácidos, como arroz e milho, esta combinação complementa o perfil aminoacídico do feijão (SGARBIERI, 1989; SATHE, 2002; BROUGHTON, et al., 2003).

Quando se avalia as diferentes culturas de grãos, o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é a que demonstra uma das maiores variabilidades quanto à cor, formato e tamanho da semente. Estas características morfológicas influenciam diretamente quanto à preferência de um determinado genótipo de feijão (CARNEIRO, 2005).

A qualidade e a composição do feijão são influenciadas pela variedade do feijão utilizado, ambiente de cultivo, fatores climáticos, formas de beneficiamento pós-colheita, tempo e condições de armazenamento e a maneira como o alimento será preparado (SARTORI, 1996; CORTE, et al., 2003).

O consumo de feijão comum é uma das práticas mais difundidas no mundo, correspondendo a quase metade dos grãos de leguminosas consumidas. Em países menos desenvolvidos, principalmente na América Latina e África, este alimento representa umas das principais fontes calórico-protéicas para cerca de 800 milhões de pessoas (WELSH, et al., 2002; BROUGHTON, et al., 2003).

No Brasil o feijão é um alimento muito consumido, no entanto têm se apontado uma diminuição de consumo deste gênero nas últimas décadas. O consumo per capita que era de 19 kg/hab/ano na década de 90 reduziu para 15 kg/hab/ano em 2006 (CONAB, 2006). Alguns fatores como a urbanização, a participação da mulher no mercado de trabalho, a alimentação fora de casa e alterações de hábitos alimentares da vida seriam alguns determinantes desta redução de consumo (LEVY-COSTA, et al., 2005).

Sendo este alimento muito importante na alimentação humana, em especial para populações menos favorecidas, verifica-se a necessidade para a determinação da composição química e de nutrientes do feijão que podem estar interferindo na sua qualidade nutricional. A literatura científica descreve estes nutrientes como antinutrientes, uma vez que estes elementos estariam interferindo na utilização e absorção de outros nutrientes do feijão (SGARBIERI; WHITAKER, 1982; OLIVEIRA, et al., 2001).

Apesar disso, alguns efeitos benéficos à saúde têm sido atribuídos a estes antinutrientes, principalmente no manejo e prevenção de doenças crônicas. Estes compostos podem auxiliar no

tratamento do diabetes, em doenças cardiovasculares, redução dos níveis lipídeos séricos de colesterol e triglicérides, e a prevenção de alguns tipos de câncer, em especial o de cólon. O fitato, as lectinas, os compostos fenólicos, os inibidores enzimáticos e as saponinas presente neste alimento estão sendo apontados como responsáveis por estes efeitos (SHAHIDI, 1997; ABDULLAEV; MEJÍA, 1997; MARTINEZ-VALVERDE; PERIAGO; ROS, 2000).

Em relação à resposta glicêmica, fibras, taninos, fitatos e inibidores de amilase têm sido correlacionados inversamente com os níveis glicêmicos aumentados, contudo não se sabe ao certo qual destes compostos seria o maior responsável por exercer este benefício (ANDERSON; SMITH; WASNOCK, 1999).

Sabendo da importância cultural, econômica e social deste alimento, além de sua influência sobre a saúde de populações no mundo, a determinação do valor nutritivo do feijão é de extrema relevância, principalmente pela escassez de dados sobre o feijão produzido e consumido no sul do Brasil.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o efeito dos genótipos de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) e das formas de preparo sobre a capacidade antioxidante e a composição nutricional.

2.2 Objetivos específicos

- ❖ Analisar os grãos, os caldos e as águas de remolho dos feijões dos diferentes genótipos submetidos a diferentes formas de preparo quanto a:
 - ✓ Composição centesimal;
 - ✓ Teor de minerais (K, Ca, Mg, P, Zn e Fe);
 - ✓ Teor de fitato;
 - ✓ Teor de tanino;
 - ✓ Atividade antioxidante;
 - ✓ Compostos fenólicos totais.
- ❖ Comparar os diferentes genótipos quanto às variáveis analisadas;
- ❖ Comparar o efeito das formas de preparo sobre feijões de mesmo genótipo;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Histórico e tendências de consumo

O feijão é um alimento em destaque na cultura e na culinária nacional, com presença constante ou até mesmo diária na mesa de grande parte da população brasileira. Existem várias hipóteses a respeito de sua origem e introdução na alimentação humana. Há evidências da presença deste alimento na época da Grécia antiga e do Império Romano, onde foi disseminado em guerras e nas grandes explorações, sendo uma importante fonte de energia, além de ser utilizado como forma de contagem de votos. Em tumbas egípcias, aparece sendo associado como símbolo de culto à vida (CARNEIRO, 2005).

Indícios arqueológicos de civilizações pré-colombianas no Peru de cerca de 10.000 a.C e no México em torno de 7.000 a.C, indicam que aquelas civilizações possuíam o feijão como um dos alimentos inseridos nos seus hábitos alimentares, onde se verifica a possível origem da domesticação de cultivo do feijoeiro comum (VIEIRA, 1992).

No Brasil, o feijão veio a se firmar nos hábitos alimentares a partir do processo de interiorização do país graças aos bandeirantes paulistas e sertanejos nordestinos, os quais viajavam em busca de bugres, gado e riquezas. Sendo um alimento de fácil armazenamento e de crescimento muito rápido, o feijão foi caracterizado como um alimento de subsistência destes viajantes o qual não os deixaria passar fome. A partir disso, popularmente associou-se o feijão como um alimento que “mata a fome” (CASCUDO, 2004).

O hábito de consumir este alimento não é exclusivo do Brasil. Países como México, Nicarágua, El Salvador, Cuba, Burundi, Ruanda, Quênia, Uganda, Índia e Coréia do Norte além de produtores também são importantes consumidores desta leguminosa (WANDER, 2007).

Deve-se ressaltar a dificuldade para estabelecer o consumo efetivo de feijão no Brasil por habitante devido à falta de pesquisas que avaliem este dado especificamente. Uma importante ferramenta para avaliação de hábitos e tendências de consumo no território nacional é o levantamento feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) através das Pesquisas de Orçamento Familiar (POF) realizadas com certa periodicidade. Porém, ocorre compilação de dados de disponibilidade domiciliar dos alimentos por habitante por ano, o que evidencia um parâmetro geral de compra de gêneros alimentícios da cesta básica do brasileiro não sendo avaliado o consumo absoluto. Também cabe salientar que não é avaliada a quantia de alimentos desperdiçados ou descartados para o consumo. (MONDINI; MONTEIRO, 1994; MONTEIRO; MONDINI; COSTA, 2000).

As POFs realizadas até o ano de 2002-2003 não avaliaram a alimentação fora de casa, podendo apresentar uma relação de compra de gêneros alimentícios subestimada. Mesmo assim, para fins de análise de padrões de consumo, estas pesquisas são de importante valia apresentando uma análise de aquisição alimentar domiciliar em âmbito nacional com periodicidade. (LEVY-COSTA, et al., 2005)

De acordo com a POF 2002-2003, a disponibilidade domiciliar de feijão no Brasil foi de 12,88 kg/hab/ano. Quando o país é estratificado em regiões para fins de análise, verifica-se que a região nordeste apresentou a maior disponibilidade domiciliar por habitante por ano sendo de 17,94 kg de feijão, contrapondo-se à região sul com menores valores de 9,84 kg/hab/ano. No estado de Santa Catarina verificou-se a disponibilidade de 8,88 kg/hab/ano (IBGE, 2004).

Analisando a participação relativa dos alimentos no total de calorias determinado pela aquisição alimentar domiciliar, constata-se que o feijão juntamente com outras leguminosas representa em média 6,6% das calorias da dieta da população brasileira, sendo que na área rural este valor é de 9% e na área urbana de 5,8%. Estratificando o país em cinco grandes regiões, há maior participação no percentual calórico na região nordeste tendo 9,4% de calorias na dieta, enquanto na região sul esta participação é a menor do território nacional sendo de 4,6%. Quando se analisa a faixa de renda, verifica-se que o menor estrato econômico (1/4 de salário mínimo) apresenta o percentual de aquisição domiciliar com 9,7%,

enquanto que a maior faixa de renda (5 salários mínimos) apresenta disponibilidade de 4,5%, havendo uma diminuição linear deste valor conforme o aumento da renda. (LEVY-COSTA, et al., 2005).

Comparando a disponibilidade domiciliar de feijões e outras leguminosas no período de 1974-2003 em áreas metropolitanas do país, verifica-se uma redução de cerca de 30% destes alimentos na participação da dieta da população brasileira (LEVY-COSTA, et al., 2005). Contudo, não se pode deixar de salientar as mudanças ocorridas nos padrões de vida moderna, onde se verifica a presença da mulher no mercado de trabalho e, aliada a esta mudança, verifica-se também o hábito de alimentar-se fora de casa (MONTEIRO; MONDINI; COSTA, 2000).

3.2 Classificação do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

O termo leguminosas é utilizado para designar feijões secos, os quais são descritos como *navy*, *pinto*, *lima kidney*, *pink*, *black eye*, *black gram*, *garden peã*, *chickpea*, *horsebean*, *french*, *pigeon*, *moth*, *jack e terapy*, branco, preto, vermelho, lentilha, fava, feijão, grão de bico, algumas sementes oleaginosas como soja, amendoim e lupino (SATHE, 2002).

No Brasil podemos constatar o consumo de duas espécies distintas de feijões, a espécie *Phaseolus vulgaris* L. também conhecido como feijão comum ou anão, e *Vigna unguiculata* L. Walp denominado popularmente como feijão-de-corda ou macaçar. (PROJETO DE INSTRUÇÃO NORMATIVA SARC, 2002). Os feijões mais consumidos no Brasil pertencem à família Fabaceae e à espécie *Phaseolus vulgaris* L. (IBGE, 2004) que será objeto de estudo nesta dissertação.

Além de ser dividido em variedades, o feijão é classificado de acordo com os testes e metodologias de descritores mínimos do cultivar. Para o feijão, os descritores propostos foram publicados no Diário Oficial da União, no decreto N° 2.366, de 05 de novembro que regulamentou a lei de Descritores Mínimos Indicado para caracterizar Cultivares/Variedades de Feijão Comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Assim, foi estabelecido que os cultivares devem atender aos requisitos de novidade, distingüibilidade, homogeneidade e estabilidade procurando obter padronização e controle varietal desta espécie (SILVA, 2005).

O cultivar pode pertencer a 8 grupos comerciais: manteigão, branco, mulatinho, preto, outros, amarelo, roxo e carioca. Também é classificado pelo hábito de crescimento, podendo ser este do tipo I (hábito de crescimento determinado, arbustivo e porte da planta ereto); tipo II (hábito de crescimento indeterminado, arbustivo e porte da planta ereto e caule pouco ramificado), tipo III (hábito de crescimento indeterminado, porte prostrado ou semi-prostrado, com ramificação bem desenvolvida e aberta) e tipo IV (hábito de crescimento indeterminado, porte trepador; o caule possui dominância apical

e um número reduzido de ramos laterais). Os descritores contemplam a planta, caule, folha, flor, fruto e semente quanto suas características em diferentes estágios de crescimento (SILVA, 2005).



Figura 01 – Classificação quanto às variedades comerciais no Brasil: manteigão (1); branco (2); mulatinho (3); preto (4); colorido (5); amarelo (6); vermelho (7) e carioca (8).

Fonte: SILVA (2005).

De acordo com a Portaria n^o 85 de 06 de março de 2002 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), os feijões de cor podem tolerar 3% de feijão preto ou branco e/ou 10 % de outras cores.

Com a finalidade de melhorias da composição nutricional dos feijões bem como sua avaliação bioquímica e associações com antinutrientes, verifica-se a importância do conhecimento acerca de diferentes genótipos e seu ambiente de cultivo (MORAGHAN & GRAFTON, 2001; BEEBE et al., 2000b). Porém, há uma carência de estudos acerca das características nutricionais do feijão nos bancos de germoplasmas, inclusive dos cultivares comerciais autorizados para plantio no Brasil (RIBEIRO et al., 2007).

3.3 Formas domésticas de preparo

Em relação à forma de preparo, não existem determinações científicas e padrões de como preparar este alimento e qual forma seria a forma correta. Constata-se que o feijão é preparado conforme a cultura e costumes da população, diferindo muito e não havendo padronização principalmente a nível domiciliar. Existem livros de receitas e dicas culinárias, porém estas são feitas de acordo com conhecimento empírico e não possuem embasamento científico.

Observa-se que existe uma prática corrente de colocar os grãos crus imersos em água por 12 a 16 horas (*overnight*), processo o qual se denomina cientificamente de maceração. Este processo é realizado devido às experiências práticas para diminuir o tempo de cocção do feijão. Contudo, verifica-se que durante este processo podem ocorrer perdas de nutrientes por dissolução na água de maceração (COSTA DE OLIVEIRA, et al., 2001).

Como o preparo caseiro não é padronizado, cada experimento científico determina o melhor método para preparar este alimento de acordo com seus objetivos específicos. Neste estudo, daremos ênfase a três formas de preparo comumente encontradas em análises científicas e que refletem práticas domiciliares: cocção sem prévia maceração, cocção com maceração prévia e utilização da água de remolho, e cocção com maceração prévia e descarte da água de remolho (ALONSO; AGUIERRE; MARZO, 1999; OLIVEIRA, et al., 1999; COSTA DE OLIVEIRA, et al., 2001; REHMAN; SALARIYA; ZAFAR, 2001; HELBIG, et al., 2003; KUTOS, et al., 2003; PRODANOV; SIERRA; VIDAL-VALVERDE, 2004; MUBARAK, 2005; PUJOLÀ; FARRERAS; CASAÑAS, 2007; LEADLEY; TUCKER; FRYER, 2008; RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

Na literatura científica encontram-se experimentos que verificam a utilização de diferentes soluções de maceração a fim de obter redução no tempo de cozimento e melhoramento da qualidade do feijão (NESTARES, et al., 2003; BASSINELLO, et al., 2005). Também são encontradas análises sobre as influências de irradiações nas características nutricionais dos grãos (MECHI; CANIATTI-BRAZACA; ARTHUR, 2005; BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2006; ARMELIN, et al., 2007) e sobre o processamento industrial (OSORIO-DÍAZ, et al., 2002; MARTÍN-CABREJAS, et al., 2006). Como em algumas situações a água de maceração é descartada, também encontram-se experimentos avaliando as perdas de sólidos neste procedimento (OLIVEIRA, et al., 2001; ROMANO, et al., 2005).

Numa análise objetivando determinar as perdas de sólidos totais e proteína solúvel na água de maceração de feijão, com maceração em temperatura ambiente por 16 horas em feijão preto e carioca, verificou-se que ocorreu lixiviação de 1,51% do total de proteína solúvel no feijão carioca e 2% do total de proteína solúvel no preto. Observou-se após as 16 horas de maceração, a perda de 2,5% e 2% dos sólidos totais do grão carioca e preto, respectivamente. Nestes sólidos totais, pode haver nutrientes como vitaminas, minerais e carboidratos (ROMANO, et al., 2005).

De acordo com as normas do Registro Nacional de Cultivares de Feijoeiro, para a determinação do valor de cultivo e uso, segundo o SNPC-MAPA (Portaria 294/98 – Anexo IV), o tempo de maceração dos grãos de feijão é de 18 horas para avaliar a sua capacidade de absorção de água. Para esta análise é utilizada a proporção de uma parte de grão para 4 partes de água (1:4) em temperatura ambiente (GARCIA-VELA; STANLEY, 1989).

Contudo, há experimentos que sugerem diminuição deste tempo para 4 horas (COSTA, et al., 2001), 8 horas (BORDIN; COELHO; SOUZA, 2008), 16 horas (CARBONELL, et al., 2003; CORTE, et al., 2003). Estes resultados sugerem que haja uma padronização para estes tempos, visto que o tempo máximo de hidratação irá depender do genótipo do feijão analisado (RAMOS JÚNIOR; LEMOS; SILVA, 2005; COELHO et al., 2007a).

3.4 Aspectos nutricionais

A composição química e os aspectos nutricionais do alimento são indispensáveis pois estas informações são utilizadas por diferentes áreas de atuação. Entre estas estão os serviços à população, recomendações de dietas à pacientes ou ao público em geral, rotulagem de alimentos pelas indústrias, estabelecimento do tempo de conservação e o modo de utilização dos alimentos (TORRE; RODRIGUEZ; SAURA-CALIXTO, 1991).

O feijão é uma importante fonte protéica de origem vegetal na dieta humana, com uma variação de 16-33% de proteína na sua composição, possui carboidratos complexos, vitaminas como tiamina, niacina, riboflavina, ácido fólico e vitamina B₆. Além disso, é isento de colesterol, possui uma quantidade muito pequena de lipídeos e sódio, apresenta quantidade razoável de fibras e minerais tais como ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), fósforo (P), potássio (K) e magnésio (Mg) (LAJOLO, 1996; KUTOS, et al., 2003).

Do ponto de vista nutricional, seu alto teor de proteínas, com quantidades de lisina elevada, exerce um efeito de complementaridade às proteínas dos cereais como, por exemplo, arroz, milho e mandioca fazendo com que esta mistura apresente um perfil de proteínas de origem vegetal de alto valor biológico (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996). O feijão, que possui deficiência de aminoácidos sulfurados em especial metionina, se complementa com cereais que apresentam bom teor destes aminoácidos (SGARBIERI, 1980).

Estudos recentes têm verificado importantes benefícios à saúde associados ao consumo de feijões e outras leguminosas. Quando processadas, as leguminosas apresentam significativas quantidades de amido resistente quando comparadas aos cereais, frutas verdes e tubérculos. Por isso, a digestão do amido e liberação da glicose para o sangue ocorre mais lentamente com a ingestão de leguminosas, resultando em resposta pós-prandial insulinêmica e glicêmica reduzida, quando comparadas aos cereais e tubérculos (DÍAZ, et al., 2002).

Porém, existem fatores que irão determinar a qualidade e a concentração dos nutrientes no feijão, tais como as condições ambientais e climáticas, formas de plantio (BARAMPAMA; SIMARD, 1993), a elevada temperatura no período de enchimento dos grãos, a forma de beneficiamento pós-colheita, o

tempo e condições de armazenamento e a maneira como o alimento será preparado. Além de exercerem influência sobre a qualidade nutricional do feijão, estes fatores também irão determinar o tempo de cocção do alimento e seu grau de dureza (SARTORI, 1996; CORTE; MODA-CIRINO; SCHOLZ, et al., 2003).

É importante salientar que o feijão armazenado por um período muito longo perde a sua qualidade sensorial, exigindo um tempo maior para a cocção e fornecendo um caldo menos espesso, o que poderia diminuir a aceitabilidade do consumidor a este alimento (GARCIA; LAJOLO, 1994).

Um dos principais fatores para adoção de uma determinada variedade pelos consumidores e, conseqüentemente, pelos agricultores, diz respeito ao tempo de cocção. Isso porque quanto menor o tempo de cozimento mais fácil e rápido seria o seu preparo, além de diminuir o custo da preparação com o gasto energético. Assim, a avaliação do tempo de cozimento do feijão é uma etapa fundamental para determinar a boa aceitabilidade de uma nova variedade de feijão (COSTA; VIEIRA, 2000).

Os efeitos entre o genótipo do feijão utilizado e o ambiente de cultivo sobre a qualidade dos grãos de feijão para o processo de cocção também são importantes. Em pesquisa realizada utilizando o cultivar Pérola, constatou-se que a temperatura, a umidade e o tempo de armazenamento interferem elevando o grau de dureza dos grãos. Também foi verificado que a época de semeadura interfere aumentando tempo de cozimento (RODRIGUES, et al., 2007).

Em outra análise feita pelos mesmos pesquisadores, constatou-se que utilizando 2 cultivares distintos em épocas variadas de semeadura houve variação no tempo de cozimento do feijão. O que reforça o pressuposto de que a época de semeadura influencia diretamente na qualidade e grau de dureza dos grãos de feijão (RODRIGUES, et al., 2005).

O tempo para o cozimento do alimento está relacionado à capacidade e rapidez de absorção de água dos grãos antes do cozimento. Além disso, as características do tegumento do grão bem como a sua qualidade no momento da colheita serão determinantes do tempo de cocção necessário para que o grão fique macio e aceitável para ser ingerido (PHLAK; CALDWELL; STANLEY, 1989; SCHOLZ; FONSECA JÚNIOR, 1999).

Porém, alguns autores observaram que a capacidade de absorção de água relacionou-se inversamente com o tempo de cocção em alguns genótipos de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) testados. A capacidade da absorção de água como indicador de tempo de cocção tem sido questionada devido aos resultados conflitantes encontrados em pesquisas recentes (GOYCOOLEA; GONZALES; BARRON, 1990; CARBONELL, et al., 2003; RODRIGUES, et al., 2005; ROMANO, et al., 2005; BORDIN; COELHO; SOUZA, 2008).

Em uma análise realizada por Berrios et al (1999), objetivou-se caracterizar o feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.) estocado por um período de dois anos, sob condições de refrigeração (4,5°C)

com umidade relativa (50-60%) pré-estabelecida e a temperatura ambiente (23-25°C) e umidade relativa (30-50%). Entre as análises realizadas após o período de estocagem, foram analisadas alterações físico-químicas, a absorção de água e tempo de cozimento dos grãos. Em relação á absorção de água, o grão armazenado sob refrigeração apresentou maior capacidade de absorver água do que o armazenado sob temperatura ambiente. A taxa de absorção de água em ambos foi mais elevada nas primeiras 10 horas de maceração. Com 12 horas de maceração, a taxa de hidratação dos cultivares foi equivalente entre os grupos e o tempo de cozimento deles foi maior do que os grãos que não passaram por maceração prévia á cocção. Entre as amostras maceradas, o cozimento foi mais rápido para os feijões que foram armazenados sob refrigeração (BERRIOS; SWANSON; CHEONG, 1999).

O tempo prolongado de armazenamento do feijão, associado às condições de elevadas temperatura e umidade relativa, são importantes indicadores no aumento do tempo de cozimento dos grãos podendo, também, alterar algumas características nutricionais do alimento devido ao efeito *hard-to-cook* (HTC) (COELHO, et al., 2007b). Dentre estas características, Ribeiro et al (2005) verificaram que o maior tempo de armazenamento provocou diminuição da umidade no grão, aumento de cinzas, manutenção nos teores protéicos, lipídicos e de carboidratos, além de mudanças no perfil eletroforético de proteínas, queda no pH e na solubilidade em amostras do grão armazenadas por 30 e 60 dias.

Além de alterações da composição química do grão, verifica-se que quanto maior o tempo de armazenamento maiores modificações em relação ao sabor são verificadas, ocorrendo escurecimento tegumentar, elevação considerável no grau de dureza dos grãos com conseqüente aumento de tempo de cocção. Isto se deve a temperatura de armazenamento inadequada e a elevada atividade de água presente nos grãos de feijão (SARTORI, 1996).

Em uma análise apresentada por Liu (1995), observa-se que o efeito HTC manifesta-se no período de maceração bem como no processo de cocção. De acordo com este modelo, o envelhecimento e a maceração seriam responsáveis pela formação de radicais livres e alguns ácidos, pela ocorrência de peroxidação lipídica, desnaturação protéica, degradação da membrana celular, redistribuição e vazamento de íons para o meio extracelular. Enquanto encontram-se associados ao cozimento os processos de coagulação protéica, gelatinização de amido, solubilização e deterioração de pectina.

Estas alterações ocorrem de forma gradual e cumulativa sendo irreversíveis, além de que o ambiente de armazenamento e as condições do alimento no início do armazenamento irão determinar as alterações na composição nutricional do alimento (SARTORI, 1996).

3.5 Antinutrientes

Antinutriente é a denominação dada a alguns compostos presentes nos feijões que podem interferir fortemente no valor nutricional deste alimento. Dentre estes, pode-se citar fitato, tanino, alguns oligossacarídeos, lectinas, alguns inibidores enzimáticos entre outros (SHAHIDI, 1997). Eles podem dificultar a biodisponibilidade de minerais (REDDY, et al., 1989), comprometer a digestibilidade protéica (SGARBIERI; WHITAKER, 1982), ocasionar efeitos indesejáveis como a flatulência (OLIVEIRA, et al., 2001) entre outros.

Estes efeitos indesejáveis estão diretamente relacionados às concentrações de antinutrientes no alimento, sendo que as formas de preparo podem alterar consideravelmente o seu teor nos feijões. Porém, estes mesmo compostos estão associados a benefícios à saúde auxiliando na prevenção e controle de doenças crônicas (SHAHIDI; WANASUNDARA, 1997).

A presença destes elementos no alimento deve ser avaliada com cautela, pois poderia auxiliar na prevenção e tratamento de doenças crônicas, contudo, em caso de carências nutricionais, é importante o processamento a fim de minimizar os seus efeitos e interações com outros nutrientes (RAMÍREZ-CÁRDENAS, 2008).

3.5.1 Fitato

Os fitatos estão presentes naturalmente e são formados no processo de maturação em grãos e sementes de cereais e leguminosas constituindo uma complexa classe de compostos. (TORRE; RODRIGUEZ; SAURA-CALIXTO, 1991; COELHO et al., 2005). São comumente denominados como ácido fítico, ácido hexafosfórico mio-inositol ou ainda 1,2,3,4,5,6 hexaquis (diidrogênio fosfato) mio-inositol (REDDY, 1982).

Em sementes de leguminosas, os autores sugerem a presença de cerca de 80% de fósforo estocado na forma de fitato podendo estar complexado com proteínas (ZHOU; ERDMAN, 1995) e/ou minerais (ZHOU; ERDMAN, 1995; REDDY, et al., 1989). Além disso, pode estar complexado com fibras solúveis podendo apresentar 75% do seu conteúdo ligado a estas (TORRE; RODRIGUEZ; SAURA-CALIXTO, 1991). No feijão comum, seus teores variam entre 0,6 a 2,7% da composição deste alimento (RICKARD; THOMPSON, 1997; HARLAND; NARULA, 1999).

A mio-inositol-1P-sintase (MIPS) catalisa a formação do mio-inositol-1fosfato (Ins(1)P1) a partir da glicose-6-fosfato, o qual é tido como primeiro substrato e um importante ponto de controle da via de síntese do ácido fítico (COELHO et al., 2007). Assim, ele pode ser formado pela ação de enzimas quinases ou algumas fosfatases (BISWAS, et al., 1978; BREARLEY; HANKE, 1996; STEPHENS; IRVINE, 1990). Ainda há possibilidade de síntese deste complexo durante o metabolismo do inositol-

fosfato, através da condensação deste em inositol-3-fósforo por intermédio de fosfolipases e fosfoinositases dependentes de carbono (LOEWUS; MURTHY, 2000; PHILLIPPY, 1998).

Entre as principais funções fisiológicas deste composto, verifica-se a sua importância no estoque de fósforo atuando como uma reserva energética, depósito de cátions e de grupos fosfato reativos (CHERYAN, 1980). Além disso, é responsável pela manutenção da planta no início da dormência período no ciclo de vida o qual é temporariamente suspenso o desenvolvimento, minimizando o gasto energético. De uma maneira geral, a dormência ocorre sob condições ambientais adversas (REDDY; SATHE; SALUNKHE, 1982).

Em condições fisiológicas normais, o fitato apresenta uma grande capacidade de ligar-se a proteínas e íons metálicos formando complexos na maioria das vezes insolúveis. Dentre estes minerais, a literatura científica cita o cobre, zinco, cálcio, ferro, manganês e cobalto como os mais propícios a efetuarem estas ligações (TORRE; RODRIGUEZ; SAURA-CALIXTO, 1991). Assim, pode alterar a solubilidade e a função destes compostos, prejudicando a digestão e a absorção destes (RICKARD; THOMPSON, 1997).

Devido a estas interações do fitato com estes elementos, um número considerável de trabalhos tem sido realizado para determinar a real biodisponibilidade de nutrientes em alimentos com a sua presença (HARLAND; NARULA, 1999). A interação de fitato com os nutrientes é pH dependente, ou seja, em pH normal do alimento as seis formas do mio-inositol são carregadas negativamente, enquanto que minerais e proteínas são carregados positivamente determinando uma elevada reatividade entre estes (RICKARD; THOMPSON, 1997). Cabe ressaltar que as formas mio-inositol pentafosfato e hexafosfato são as que influenciam de forma mais efetiva a biodisponibilidade (SANDBERG; CARLSSON; SVANBERG, 1989).

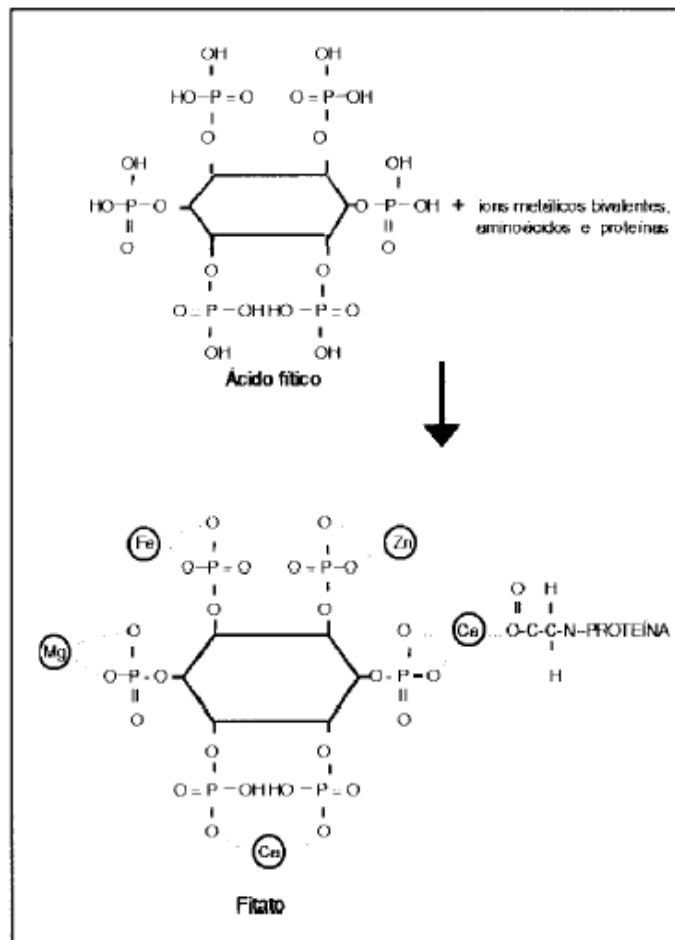


Figura 2: Estrutura do ácido fítico ao quelar íons metálicos bivalentes, aminoácidos e proteínas, forma o fitato (A figura mostra os principais ligantes em pH neutro e sua estrutura).

Fonte: FIREMAN; FIREMAN (1998).

Como enzimas digestivas também são proteínas, o fitato poderia interferir na sua ação biológica seja ligando-se a estas enzimas ou provocando a sua precipitação. Com isso, ocorre diminuição de enzimas digestivas acarretando prejuízos para a digestão de demais nutrientes. (SATHE, 2000).

Pode ocorrer diminuição de fitato pelos processos de embebição, fermentação e germinação pela ativação de fosfatases intrínsecas. (SGARBIERI, 1980; RICKARD; THOMPSON, 1997). Contudo, esta enzima é termolábil e durante a cocção é inativada, o que permite a formação das ligações entre fitato, proteínas e minerais (RICKARD; THOMPSON, 1997).

A ação da fosfatases intrínsecas bem como a diminuição do conteúdo de fitato em amostras previamente maceradas foram verificadas em um experimento realizado por Costa de Oliveira et al. (2001). Esta diminuição de fitato também pode ser atribuída à lixiviação dos íons fitato na água, devido a influência de um gradiente de concentração que provoca a difusão deste elemento para a água de maceração.

Alguns estudos têm mostrado que conforme a forma de preparo do feijão pode haver diferentes concentrações de fitato no alimento. De acordo com Ramírez-Cardenaz et al. (2008), verifica-se que o cozimento resultou em diminuição de hexafosfato de inositol (IP6) e aumento das frações penta-, tetra- e trifosfato inositol (IP5, IP4 e IP3). A menor perda de IP6 ocorreu no preparo sem maceração e a maior ocorreu quando o alimento foi macerado e a água de remolho foi retirada para cocção. Outros autores corroboram com estes achados (LOMBARDI-BOCCIA, et al., 1998; VILLAVICENCIO, et al., 1994).

3.5.2 Tanino

Definido como composto fenólico de alto peso molecular, solúvel em água, que contém suficientes grupos hidroxila fenólica para realizar ligações cruzadas e estáveis com proteínas (DESHPANDE; CHERYAN; SALUNKHE, 1986).

Constituem uma classe de polifenóis, possui pelo menos um anel aromático com um ou mais grupamentos hidroxila, sua estrutura básica é constituída por 15 carbonos sendo C₆-C₃-C₆. Incluem vários compostos fenólicos que conferem pigmentação às plantas, tais como antocianinas, flavononas, flavonas, flavonóis entre outros e, de acordo com sua estrutura química, podem ser classificado em taninos hidrolisáveis e taninos condensados (ANGELO; JORGE, 2007).

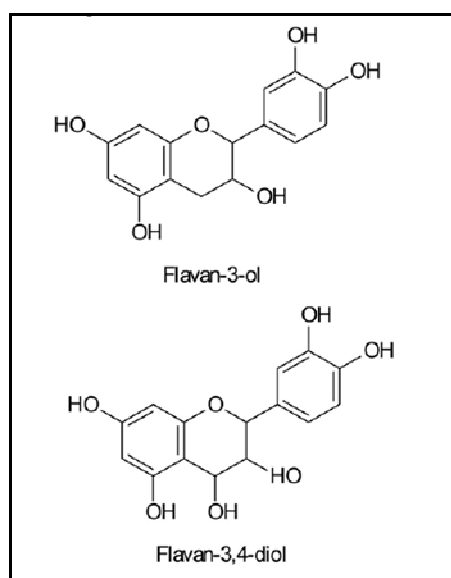


Figura 3: Estrutura química de flavan-3-ol e flavan-3,4-diol.

Fonte: ANGELO; JORGE (2007).

Os taninos hidrolisáveis são ésteres de ácidos gálico e elágicos glicosilados, onde os grupos hidroxilas são esterificados com ácidos fenólicos (ANGELO; JORGE, 2007). De acordo com Sgarbieri (1996), em hidrólise ácida liberam ácido gálico, caféico, elágico e um açúcar (SGARBIERI, 1996).

Os taninos condensados, ou também denominados proantocianidinas, são oligômeros e polímeros de flavonóides sendo formados por unidades flavon-3-ols (catequina) e flavan 3,4-diols (leucocianidinas), resultantes do metabolismo do fenilpropanolol (ANGELO; JORGE, 2007).

Em leguminosas e vegetais, os taninos são predominantemente de origem flavonóide. São considerados muito pouco digeríveis e podem estar associados a efeitos adversos de cor, sabor e qualidade nutricional destes alimentos (DESHPANDE; CHERYAN; SALUNKHE, 1986). No feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), encontram-se taninos do tipo condensados os quais se localizam principalmente no tegumento do grão conferindo cor a este alimento. O feijão branco é a variedade em que há menor teor de taninos, enquanto que os feijões preto e vermelho apresentam a maior concentração. Representa de 2 a 3% do peso do grão (CHIARADIA; GOMES, 1997).

O tanino apresenta grande afinidade com proteínas sendo considerado um dos principais fatores que interferem na digestibilidade protéica de leguminosas, seja por inibição da ação de enzimas digestivas ou por aumento de nitrogênio fecal (CHIARADIA; GOMES, 1997).

Além disso, os taninos presentes no feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) atuam como inibidor da atividade de tripsina, quimotripsina e alfa amilase (CARMONA, et al., 1996). Este achado foi testado em um experimento com ratos, onde foi verificado que a dieta com adição de feijão com alto teor de tanino houve uma redução significativa da atividade de tripsina e alfa amilase no intestino destes animais (GRIFFITHS; MOSELEY, 1980).

Taninos também parecem interferir na absorção de minerais, em especial o ferro, formando ligações irreversíveis com este nutriente e causando importante declínio de sua absorção (HOUSE, 1999).

Em uma análise com o objetivo de investigar o destino dos taninos no processo de cocção, verificou-se que com a elevação da temperatura estes polifenóis podem ligar-se a outras proteínas, serem eliminados na água de cocção, permanecer livres ou ainda polimerizar-se (BRESSANI, 1993).

Mesmo tendo efeitos adversos no valor nutritivo de alimentos, causando diminuição da digestibilidade de proteínas, interferência na ação de enzimas digestivas e dificultar a absorção de ferro, os efeitos deste composto à saúde humana ainda não são claramente explicados. Sua capacidade antioxidante parece ser um fator benéfico à saúde e mais estudos para elucidar as suas funções devem ser realizados (SILVA; SILVA, 1999).

3.5.3 Oligossacarídeos

O amido é o carboidrato em maior abundância em leguminosas do ponto de vista quantitativo.

Porém, existem outros carboidratos em pequenas quantidades que são os oligossacarídeos do tipo rafinose, verbascose e estaquiose (SANCHÉZ-MATA, et al., 1998).

Os oligossacarídeos são responsáveis por causar flatulência, desconforto abdominal e diarreia. Isto se deve a inexistência da atividade enzimática da alfa galactosidase, enzima necessária para o metabolismo destes compostos. Desta forma, por fermentação anaeróbia das bactérias colônicas no intestino grosso, estes compostos produzem gases como hidrogênio, metano e dióxido de carbono que irão causar flatulência (SGARBIERI, 1989; SANCHÉZ-MATA, et al., 1998).

Alguns métodos têm sido sugeridos a fim de minimizar o efeito indesejável da flatulência, tais como maceração, liofilização, irradiação, cozimento em solução tampão, descascamento, diferentes períodos de germinação do grão e extração destes compostos com solventes (OLIVEIRA, et al., 2001).

Em experimento objetivando determinar os teores de oligossacarídeos em 10 variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), analisando o efeito da germinação e do tratamento térmico e a ação fermentativa dos oligossacarídeos ocasionada após o consumo de feijão germinado e não germinado em ratos, verificou que o remolho e o tratamento térmico praticamente não influenciaram na composição dos oligossacarídeos mostrando-se serem ineficientes para a solubilização destes elementos. Contudo, o efeito da germinação foi marcado por diminuição de 64% de rafinose e 79% de estaquiose em amostras germinadas por um período de 3 dias (RAMOS, 1987).

Contudo, numa pesquisa realizada por Barampama e Simard (1994) verificou-se que o processamento influenciou significativamente o conteúdo de oligossacarídeos nos feijões submetidos a diferentes processamentos. Nos tratamentos utilizados, a diminuição de rafinose e estaquiose foi verificada em todas as amostras, sendo que àquelas que foram maceradas, cozidas e fermentadas a diminuição destes compostos foi maior sendo observada com perda de 97,28% do conteúdo de rafinose e perda de 95,26% de estaquiose quando comparado ao grão cru. Os autores atribuem esta alteração à perda de açúcar para a água e/ou por degradação enzimática durante o processo de fermentação (BARAMPAMA; SIMARD, 1994).

Em outro experimento realizado em ratos onde foi realizada maceração prévia no feijão e descarte da água de maceração não absorvida com posterior cocção, constatou que os oligossacarídeos analisados tiveram alterações significativas, sendo que o tipo rafinose teve redução de 25%, do tipo estaquiose reduziu 24,5% e o tipo verbascose a redução foi de 41,7% (OLIVEIRA, et al., 2001).

Numa análise realizada com 14 voluntários, amostras de feijão preto não germinado e germinado por 3 dias foram fornecidas. A concentração de hidrogênio do ar expirado foi monitorada num período de 8 horas após ingestão do alimento sendo um marcador de ação fermentativa do cólon. Dentre a amostra, 10 indivíduos apresentaram significativa elevação da produção de hidrogênio quando consumido o feijão não germinado. Assim, estes mesmos indivíduos foram submetidos a mesma análise

posteriormente, porém com consumo de feijão germinado. Nesta segunda análise, o aumento de produção de hidrogênio não foi verificado concluindo-se que o estágio germinativo do grão é importante na determinação de oligossacarídeos (RAMOS, 1987).

Estes compostos são geralmente citados como antinutrientes pelo seu efeito adverso fermentativo, porém este efeito poderia auxiliar o movimento peristáltico intestinal, evitando a constipação. Porém, mais pesquisas são necessárias para determinar seus efeitos à saúde (SGARBIERI, 1989).

3.5.4 Lectinas

Lectinas ou também denominadas fitohemaglutininas são glicoproteínas com propriedade única de ligar-se à sacarídeos e proteínas que contenham sacarídeos de uma forma altamente específica (SGARBIERI; WHITAKER, 1982).

Encontra-se lectina em leguminosas comestíveis como, por exemplo, feijões, lentilhas, soja, ervilhas e em outras plantas além de estar presente em alguns microrganismos e em mamíferos (FROKIAER, et al., 1997). Na espécie *Phaseolus* encontra-se principalmente na semente da planta e representam de 2-10% do conteúdo de proteína na semente da leguminosa (SGARBIERI; WHITAKER, 1982).

Como sua estrutura apresenta 2 a 4 subunidades onde pode-se ligar à açúcares específicos, podendo ocorrer aglutinação eritrocitária (SGARBIERI; WHITAKER, 1982) ou precipitação de glicoproteínas. Contudo, se a estrutura molecular da lectina for quelada haverá perda destas propriedades (LIENER, 1997).

Este composto apresenta importante papel fisiológico para a planta, atuando como anticorpos contra bactérias do solo, protegem a planta contra fungos e inibem polissacarídeos fúngicos, transportam e armazenam açúcares, agem contra enzimas glicoprotéicas e auxiliam no desenvolvimento e diferenciação de células embrionárias. (SGARBIERI; WHITAKER, 1982).

Apesar de serem importantes para o desenvolvimento da planta, são responsáveis por conferirem toxicidade e diminuição do valor nutricional do feijão cru. A quantidade de lectinas depende da variedade, sendo que as variedades mais claras apresentam uma quantidade menor deste antinutriente (SGARBIERI; WHITAKER, 1982; CHIARADIA, 1997).

Em experimento realizado com ratos inserindo na ração feijão cru, verificou-se que no intestino delgado destes animais havia várias lesões no epitélio onde também se encontrou fortes ligações de lectina às células da membrana de borda em escova. Esta ligação entre as células endoteliais e a lectina provocam o crescimento do intestino delgado e do pâncreas, havendo acúmulo de poliaminas e aumento

da proliferação bacteriana. Assim, como as lectinas se ligam às células do epitélio intestinal alterando a sua permeabilidade e as bactérias intestinais estão aumentadas, ocorre migração destas bactérias para a corrente sanguínea acarretando sérias conseqüências (SGARBIERI; WHITAKER, 1982; LIENER, 1997).

As alterações do epitélio intestinal causam prejuízos na absorção de lipídeos, vitaminas (especialmente vitaminas do complexo B), aminoácidos, dificultam o transporte de íons e podem interferir no metabolismo protéico (SGARBIERI; WHITAKER, 1982).

O processamento térmico é a forma que inativa a maior parte das lectinas, deixando o feijão e demais leguminosas aptos para o consumo (LIENER, 1997).

3.5.5 Saponinas

As saponinas são elementos que fazem parte de um grupo bem diversificado, sendo encontradas no feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e demais leguminosas. Apresentam uma estrutura química com a presença de um grupo triterpeno ou esteróide, sendo conhecidas como agliconas ou sapogenina ligada a uma ou mais moléculas de açúcares. Estes açúcares são pentoses, principalmente D-xilose, D- e L-arabnose, L-ramnose e quinovose (LINDNER, 1995).

Apresentam propriedade espumante e hemolítica, com sabor amargo característico. Por via oral, são muito pouco absorvidas e podem ser excretadas de forma intacta ou ser metabolizadas pela ação do suco gástrico, bactérias entéricas ou enzimas intestinais (RAO; KORATKAR, 1997).

Podem se complexar com proteínas e lipídeos formando compostos que podem estar relacionados ao efeito hipocolesterolêmico e anticancerígeno atribuído ao feijão (THOMPSON, 1993; CHIARDIA, 1997). Porém, a concentração muito elevada destes elementos poderia ser indesejada e causar toxicidade, o que afetaria diretamente a digestão e absorção de vários nutrientes além de inativação enzimática (SHAHIDI, 1997).

3.5.6 Inibidores de alfa amilase

Encontram-se três tipos de alfa amilases na natureza: alfa amilases produzidas por plantas superiores como as encontradas em cereais e leguminosas, pequenos polipeptídeos e pequenos carboidratos nitrogenados sintetizados por *Streptomyces* (WHITAKER, 1997).

Os inibidores de alfa amilase estão concentrados no cotilédone da semente e seu papel fisiológico para a semente não é bem descrito. Porém parece que desempenha função de proteção da

semente uma vez que inibem a alfa amilase de insetos, e não são ativos contra alfa ou beta amilase do feijão (SGARBIERI; WHITAKER, 1982).

No entanto, estes inibidores têm a capacidade de inibir a ação da saliva em humanos, interferem na ação da alfa amilase pancreática em suínos, mas não inibe esta ação em plantas superiores ou em alfa amilases microbianas (SGARBIERI; WHITAKER, 1982) e fúngicas (YAMADA; HATTOR; ISHIMOTO, 2001).

Em um experimento foi detectada pequena influência destes inibidores sobre o crescimento de ratos (WHITAKER, 1997). Verifica-se que a presença destes compostos retarda a resposta glicêmica, tornando mais lenta a liberação de glicose para o sangue. Porém, estes inibidores são muito instáveis em ambiente gastrointestinal, o que limita a sua ação hipoglicemiante (SHAHIDI, 1997).

3.5.7 Inibidores de proteases

Os inibidores de proteases são substâncias de natureza protéica com ampla distribuição no reino vegetal, com a capacidade de inibir enzimas como tripsina, quimotripsina e carboxipeptidases que atuam no metabolismo de proteínas em nível de trato digestivo (SGARBIERI; WHITAKER, 1982). O feijão, assim como outras leguminosas, deve ser consumido cozido para minimizar a ação destes inibidores. A maceração prévia à cocção inibe mais rapidamente estes compostos, porém formas isoladas permanecem remanescentes (CHIARADIA; GOMES, 1997).

Os inibidores de proteases são classificados em dois tipos: o inibidor de Kunitz e o inibidor de Bowman-Birk, ambos descobertos em 1946. Estes dois inibidores apresentam importantes diferenças entre si e nos feijões localizam-se basicamente na semente da planta (SGARBIERI; WHITAKER, 1982; OSMAN; REID; WEBER, 2002).

O inibidor de Kunitz é formado pela ligação peptídica de 180 aminoácidos, possui duas ligações com enxofre por molécula, sua estrutura apresenta-se de forma helicoidal e ainda contém mais resíduos de glicina, valina, leucina, isoleucina e arginina do que o inibidor de Bowman-Birk. O inibidor de Kunitz inibe estequiometricamente 1 mole de tripsina a cada 1 mole de inibidor, porém não inibe estequiometricamente quimotripsina (SGARBIERI; WHITAKER, 1982).

O inibidor de Bowman-Birk é formado pela ligação peptídica entre 70 aminoácidos, contém sete ligações com enxofre por molécula sendo isento de glicina e relativamente pobre em valina, leucina, isoleucina e arginina. Este inibidor inibe estequiometricamente e ao mesmo tempo 1 mole de tripsina e 1 mole de quimotripsina por mole de inibidor (SGARBIERI; WHITAKER, 1982).

Estes inibidores correspondem cerca de 0,2-2% o total de proteína solúveis presente na semente, mas devido a sua composição aminoacídica são considerados de baixo valor nutricional (CHIARADIA;

GOMES, 1997). As funções destes inibidores não são bem estabelecidas, porém, como suas concentrações variam conforme o estágio de crescimento da planta, se pode sugerir que eles possam desempenhar mecanismo de defesa da planta contra ataques de microorganismos e insetos (SGARBIERI; WHITAKER, 1982).

Em um experimento objetivando determinar os teores inibidores de tripsina em 10 variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), comparando o efeito de diferentes períodos de germinação e o tratamento térmico sobre a ação dos inibidores de tripsina ocasionada após o consumo de feijão germinado e não germinado em animais experimentais, verificou-se influência marcante do tratamento térmico com mais de 90% de inibição de sua atividade após cocção por 60 minutos a 100°C. O tempo de germinação influenciou minimamente a atividade inibitória de tripsina, com redução de cerca de 15% em amostras germinadas por 2 e 3 dias (RAMOS, 1987).

A literatura científica têm trazido alguns estudos que citam estes inibidores como possíveis promotores de efeitos benéficos à saúde, principalmente como fator anticarcinogênico (SHAHIDI, 1997b; BANERJI; FERNANDES; BANE, 1999; SERRANO; GOÑI, 2004).

3.6 Atividade antioxidante

Por definição, antioxidantes são todos os compostos que exercem a função protetora do sistema biológico contra efeitos nocivos de processos e reações que podem gerar oxidação excessiva a um organismo (KRINSKY, 1994). Muitas pesquisas de nível epidemiológico têm enfatizado o papel de alimentos antioxidantes para a prevenção de doenças, em especial doenças crônicas não-transmissíveis. Para avaliar o potencial e a efetividade da capacidade antioxidante dos alimentos, na literatura científica tem sido descrito diferentes métodos para a mensuração da capacidade antioxidante (PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2006).

Estes métodos podem basear-se no poder de redução de metal (FRAP; CUPRAC), na captura do radical hidroxila (método de desoxirribose), na captura de radicais orgânicos (DPPH, ABTS), na captura de radical peroxila (TRAP, ORAC), produtos formados pela peroxidação lipídica (TBARS, oxidação de LDL, co-oxidação de β -caroteno) entre outros (FRANKEL; MEYER, 2000; SANCHÉZ-MORENO, 2002).

Assim, estas técnicas podem avaliar a atividade antioxidante em diferentes concentrações de substâncias antioxidantes sobre radicais livres que possuam concentrações padronizadas e conhecidas. Também podem avaliar o agente oxidante em sistemas celulares, utilizando substâncias como vitamina E e C, BHT, quercitina, rutina entre outras conhecidas (PIETRO; PINEDA; AGUIAR, 1999; ARBOS, 2004).

O DPPH é um radical livre estável, na presença de um antioxidante doador de hidrogênio pode ser reduzido em meio alcoólico, dando origem a picrilhidrazina. Esta alteração pode ser observada por meio de espectrofotometria, havendo uma diminuição da absorbância e alteração da coloração original, violeta escura, para a cor amarela clara. Quanto maior for esta alteração da coloração mais DPPH reduzido e, portanto, maior atividade antioxidante da substância testada (KOLEVA et al., 2002).

Esta metodologia é muito utilizada na análise de atividade antioxidante em extratos vegetais e amostras de alimentos devido à sua complexidade, a qual contém vários compostos em concentrações desconhecidas (MOLYNEUX, 2004; ZULETA; ESTEVE; FRÍGOLA, 2008).

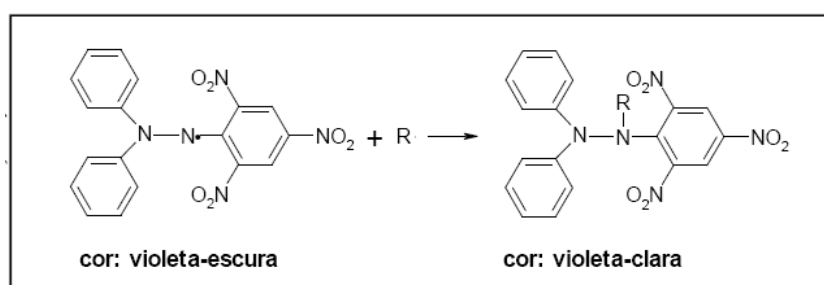


Figura 3: Estabilização do radical livre DPPH

Fonte: RUFINO, et al (2007).

Outro método de análise muito utilizado é o Equivalente da Capacidade Antioxidante Trolox (TEAC). A desvantagem desta técnica é que deve ser utilizada para análises de amostras puras, onde se tem conhecimento da composição do extrato que está sendo analisado. Em caso de extratos ou bebidas vegetais, devido à sua complexidade, o método TEAC poderia subestimar a capacidade antioxidante (MOLYNEUX, 2004; ZULETA; ESTEVE; FRÍGOLA, 2008).

Em relação à função dos antioxidantes, é importante destacar que várias substâncias presentes em tecidos humanos ou fornecidas pela dieta poderiam proteger o organismo por danos provocados por radicais oxigenados, principalmente substâncias de origem vegetal. Por isso verifica-se a necessidade da implementação de metodologias que sejam padrão para cada tipo de antioxidante (HALLIWELL, 1996).

De maneira geral, os antioxidantes podem ser divididos em dois grupos os quais um possui atividade enzimática e o outro que não possui. No grupo que apresenta atividade enzimática estão as enzimas capazes de remover as espécies reativas de oxigênio. No outro grupo, encontram-se moléculas que são utilizadas durante a reação de oxidação interagindo com radicais livres. Neste último grupo encontram-se os antioxidantes naturais e sintéticos como os compostos fenólicos (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004).

Para os vegetais, os compostos fenólicos são fundamentais para o seu crescimento e reprodução, conferindo-lhes pigmentação e proteção. São responsáveis pelo aroma, cor e adstringência dos alimentos. Existem muitos grupos de fenólicos, entre estes destacam-se os flavonóides, fenóis, fenólicos, cumarinas, taninos, tocoferóis e ligninas, podendo estar presentes nos alimentos de forma livre ou ligados à açúcares e proteínas (ANGELO; JORGE, 2007).

Os antioxidantes podem ser classificados como primários ou secundários. Os primários são capazes de interromper o processo oxidativo através de doação de elétrons e/ou hidrogênio ou mesmo interagindo com os radicais livres. Os antioxidantes secundários apresentam diferentes mecanismos para retardar a oxidação, podendo sequestrar moléculas de oxigênio, complexar-se a metais, decompor hidroperóxidos, absorver radiação ultravioleta ou desativar o oxigênio (ADEGOKE, et al., 1998). Os compostos fenólicos se incluem nesta segunda categoria (SHAHIDI; JANITHA; WANASUNDARA, 1992).

A análise dos compostos fenólicos pode ser influenciada por fatores como a natureza do composto, o método de extração utilizado, tamanho da amostra, tempo e condições de armazenamento, o padrão utilizado como referência e a presença de possíveis interferentes (SHAHIDI; NACZK, 1995). Ainda não foi adotado um método padrão de extração para todos os compostos fenólicos ou para classes específicas devido à sua complexidade presente nos alimentos. Além disso, apresenta diferenças de reatividade entre cada composto fenólico e os reagentes utilizados (MACHEIX; FLEURIET; BILLOT, 1990).

O método de Folin-Ciocalteu empregado para análise de compostos fenólicos é espectrofotométrico não específico, pois detecta todos os grupos fenólicos presentes no alimento, inclusive as proteínas extraíveis. Também apresenta a desvantagem de reduzir algumas substâncias como ácido ascórbico. O reagente Folin-Ciocalteu muitas vezes é utilizado como substituto do reagente Foli-Denis por ter maior estabilidade na reação além de ser mais sensível à presença de fenóis (NACZK; SHAHIDI, 2004).

Os compostos fenólicos poderiam ser responsáveis por quelar metais bem como inibir a captação de radicais livres pela limitação da ação da enzima lipoxigenase. Entre estes compostos, encontram-se os taninos, ácidos fenólicos e flavonóides (MARTÍNEZ; IBAÑEZ; RINCÓN, 2002).

No feijão, apesar de alguns compostos presentes serem considerados tradicionalmente como antinutrientes devido à sua interferência sobre a absorção e utilização de outros nutrientes, atualmente tem se demonstrado muito interesse na sua atuação. Entre estes compostos, destacam-se os fenólicos devido à sua atividade antioxidante que está sendo relacionada à prevenção de doenças como câncer, doenças cardiovasculares, auxílio ao controle glicêmico e de lipídeos sanguíneos (HERTOG, et al.,

1995; WANG; CAO; PRIOR, 1996; MARTÍNEZ; IBAÑEZ; RINCÓN, 2002), além de retardar danos celulares causados pelo envelhecimento (MARTÍNEZ; IBAÑEZ; RINCÓN, 2002).

Vários estudos têm sido realizados para análise do potencial antioxidante de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.), porém estes estudos avaliam a capacidade antioxidante dos grãos secos. (CARDADOR-MARTÍNEZ; LEOARCA-PIÑA; OOMAH, 2002; BENINGER; HOSFIELD, 2003; OOMAH; CARDADOR-MARTÍNEZ; LEOARCA-PIÑA, 2005; HEIMLER, et al., 2005; ESPINOSA-ALONSO, et al., 2006; KORUS; GUMUL; CZECHOWSKA, 2007). Porém, este alimento é processado antes de ser consumido. Assim, a análise do feijão pronto para o consumo mostra-se fundamental para verificar o seu verdadeiro potencial antioxidante que poderá exercer algum efeito benéfico à saúde humana.

Baseado no exposto, se verifica que este alimento é muito importante, porém existem poucos dados acerca da influência dos modos de preparo sobre a qualidade nutricional do mesmo. Também há escassez de dados sobre feijões produzidos no estado de Santa Catarina. Estas observações justificam o presente estudo.

4 MÉTODO

4.1 Delineamento experimental

Amostras de 3 genótipos de feijões *Phaseolus vulgaris* L. foram preparadas de 4 formas sendo estas: feijão cru, cozido sem maceração, cozido com a água de maceração e cozido sem a água de maceração. Para a realização das análises os grãos foram separados dos caldos, sendo analisados separadamente. Além disso, a água de maceração foi analisada nas amostras maceradas e cozidas com outra água. Os grãos, os caldos e as águas de remolho foram analisados quanto a composição centesimal, teor de minerais (Fe, Zn, Ca, K, Mg e P), fitato, tanino, atividade antioxidante e fenólicos totais.

4.2 Amostras de feijão

As amostras de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), recém colhidas em 2009, foram fornecidas pelo Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), situado na cidade de Lages, Santa Catarina. Destes, dois genótipos foram comerciais, sendo BRS Pontal da variedade carioca e Uirapuru da variedade preto, e um genótipo do Banco Ativo de Feijão, BAF 55 da variedade preto.

Os feijões foram plantados em propriedade particular na cidade de Lages, localizado no Planalto Sul do estado de Santa Catarina. Este município apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 27° 52'30" de latitude sul e 50° 18'20" de longitude oeste, com altitude média de 930 m (EPAGRI, 2006).

A semeadura foi feita manualmente com 12 sementes por metro linear, em blocos ao acaso com 3 repetições, em 4 fileiras com 2 m de comprimento espaçadas com 0,5 m entre si. Foram utilizadas as 2 fileiras centrais sendo descartados 0,3 m nas extremidades. A adubação realizada previamente à semeadura foi constituída de 20 kg.ha⁻¹ de nitrogênio (N), 73 kg.ha⁻¹ de (P₂O₅) kg.ha⁻¹ e (K₂O) de kg.ha⁻¹, de acordo com a análise do solo e recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – CQFS-RS/SC (2004). A adubação de cobertura foi realizada 2 vezes utilizando-se 30 kg de N por hectare em cada aplicação. O controle de plantas invasoras e insetos foi realizado manualmente e com aplicação de 500 g.ha⁻¹ de metamidofós, respectivamente.

As amostras foram colhidas, secas e padronizadas com cerca de 12% de umidade. Para a realização das análises, os grãos em triplicata de cada genótipo foram homogeneizados e divididos em 4 grupos de acordo com as formas de preparo.

4.3 Preparação das amostras

Para cada genótipo de feijão analisado foram preparados quatro tipos de amostras. Os equipamentos e utensílios utilizados no experimento foram de material inox e/ou recipientes plásticos desmineralizados. Todo o material utilizado e as vidrarias foram lavados com água corrente, deixados de molho *overnight* em solução ácida com HNO₃ a pH < 1,0. Em seguida, foram deixados de molho com água destilada por mais 4 horas e enxaguados quatro vezes com água deionizada, para obter um material limpo e sem contaminação de outros minerais que poderiam interferir nos resultados (FERREIRA; GOMES, 1995).

✓ Feijão cru

Foram triturados e homogeneizados 350 g de grãos de feijão cru e foram secos em estufa ventilada a 60° C por 48 horas. Após a secagem, a amostra foi acondicionada em embalagens plásticas estéreis, vedada e armazenada no escuro até a realização das análises.

✓ Feijão cozido sem maceração

Os grãos foram cozidos sem maceração em 1,5L de água destilada, a cocção foi feita em panela de pressão doméstica, durante 30 minutos após a saída constante de vapor pela válvula de pressão. Após

a cocção o caldo foi separado dos grãos com auxílio de peneira doméstica, sendo secos, triturados e acondicionados como padronizado.

✓ Feijão cozido com água de maceração

Os grãos foram macerados em 1,5L de água destilada durante 8 horas a 25°C, depois foram cozidos com o restante da água de remolho não absorvida, sendo realizado os demais procedimentos como descrito anteriormente.

✓ Feijão cozido sem água de maceração

Foram realizadas as mesmas etapas da amostra anterior, porém a água de maceração foi retirada antes da cocção sendo devidamente acondicionada e armazenada sob as mesmas condições das demais amostras. O volume de água destilada adicionada para a cocção foi o mesmo da água não absorvida no remolho.

4.4 Análise da composição química do feijão

4.4.1 Composição centesimal

A análise da composição centesimal foi realizada em triplicata, os teores de umidade, proteína, lipídeos e cinzas foram determinados segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005), adaptada a partir da metodologia proposta pela Association of Official Analytical Chemists (1985). O teor de carboidratos foi estimado por diferença.

4.4.2 Minerais

Foram analisados os seguintes minerais: potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), zinco (Zn), ferro (Fe).

A determinação de potássio, cálcio e magnésio foi feita após a digestão sulfúrica. Neste procedimento foram pesadas 200 mg de amostra moída em tubos de digestão (25 x 250 mm), adicionado 0,7 g de mistura catalítica (90 % de sulfato de sódio, 9 % de sulfato de cobre e 1 % de selênio), 2 mL de ácido sulfúrico concentrado e 1 mL de água oxigenada 30 %. Os tubos foram colocados em blocos digestores à temperatura inicial de 180 °C até atingirem 375 °C, por um tempo suficiente para tornar a amostra com coloração transparente. Posteriormente, os tubos foram retirados do bloco digestor para

esfriar e completar com água destilada para um volume final de 50 mL (TEDESCO; VOLKWEISS; BOHNEN, 1985).

Para a determinação de fósforo, zinco e ferro, foi realizada a digestão nitro-perclórica. Inicialmente, foi pesado 500 mg de amostra moída em tubos de digestão e adicionado ácido nítrico concentrado e ácido perclórico concentrado na proporção de 2:1. Os tubos foram colocados em blocos digestores à temperatura inicial de 160 °C durante 30 minutos, até o volume ser reduzido à metade, em seguida a temperatura foi gradualmente aumentada até 210 °C, mantendo esta temperatura até a obtenção de uma alíquota transparente. Os tubos foram retirados do bloco para esfriar e completar o volume com água destilada para 20 mL (MALLAVOLTA; VITTI; OLIVERIA, 1989).

Para a preparação das curvas padrão de cada mineral (Ca, Mg, P, K, Fe e Zn), os padrões primários foram secos em estufa a 105°C, por duas horas e pesados em balança de precisão.

✓ Teor de potássio (K)

A determinação do potássio foi feita com fotômetro de chama o qual quantificou os fótons emitidos pelos átomos de potássio excitados pelo calor da chama, com base em uma curva padrão. A quantidade de fótons é proporcional ao número de átomos que se encontram no estado fundamental (MARTINS; REISSMANN, 2007). A partir da alíquota diluída obtida da digestão sulfúrica, foi determinada a concentração de potássio nos grãos pela emissão de luz em fotômetro de chama (TEDESCO; VOLKWEISS; BOHNEN, 1985). Utilizou-se uma curva padrão obtida da solução (KH_2PO_4 – Tritisol - Merck), nas concentrações de 0, 40 e 80 mg.Kg^{-1} de potássio.

✓ Teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg)

Para a determinação de cálcio e magnésio utilizou-se a espectrofotometria de absorção atômica ((TEDESCO; VOLKWEISS; BOHNEN, 1985). Este método determina a presença de elementos químicos como cálcio, magnésio, manganês, ferro, zinco e cobre usando como princípio a absorção da radiação ultravioleta por parte dos átomos em estado neutro. Onde se estabelece que os átomos livres em estado estável podem absorver a luz em um comprimento de onda determinado. A absorção é específica a cada elemento, nenhum outro elemento absorve este comprimento de onda (MARTINS; REISSMANN, 2007).

✓ Teores de ferro (Fe) e zinco (Zn)

A partir da digestão nitro-perclórica foi determinada a concentração de ferro e zinco através de espectrofotometria de absorção atômica (TEDESCO; VOLKWEISS; BOHNEN, 1985). Para a

preparação da curva padrão de Fe e Zn foi utilizado um padrão (Fe e Zn – Titrisol - Merck), nas seguintes concentrações: 0, 2, 6, 10 e 16 mg.kg⁻¹ de ferro e 0; 0,2 ;0,6; 1,2; e 1,8 mg.Kg⁻¹ de zinco.

✓ Teor de fósforo total

Esta determinação foi realizada pelo método de colorimetria do metavanadato, o qual se baseia na formação de um composto amarelo do sistema vanadomolibdatofosfórico em acidez 0,2 a 1,6 N (MALLAVOLTA; VITTI; OLIVERIA, 1989). Aos extratos obtidos pela digestão nitro-perclórica foi adicionado um reativo colorido composto por partes iguais de molibdato de amônio a 5 % e metavanadato de amônio a 0,25 %, resultando numa coloração final amarela. A leitura foi realizada em espectrofotômetro (SPEKOL – UV VIS), sob um comprimento de onda de 420 nm. A diluição da amostra foi feita em água com concentração de 1:9. A curva padrão para o fósforo foi obtida através de uma solução estoque de 1000 mg.kg⁻¹ de fósforo preparada com um padrão (KH₂PO₄ - Tritisol - Merck) diluído para obter as concentrações de: 0; 4; 8; 12 e 20 mg.kg⁻¹ de fósforo.

4.4.4 Fitato

O conteúdo de fitato foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Latta & Eskin (1980) baseada na formação de um composto ferro-ácido-sulfossalicílico de cor azul escura devido ao reagente de Wade. Na presença de fitato, o ferro é removido e a coloração azul diminui de intensidade.

✓ Preparação das amostras

As amostras foram preparadas como descrito anteriormente e moídas até obtenção de uma farinha fina e homogênea.

✓ Preparação da resina

A resina (Dowex 1x8-400 anônica – Sigma) foi hidratada com água ultrapura e deixada em repouso por 1 hora. Em seguida, foi adicionado NaCl 0,7M, agitada por 5 minutos e deixada mais 1 hora em repouso para ser utilizada posteriormente.

✓ Extração do fitato

Foi pesado 250 mg de amostra em tubos de ensaio, adicionado 10 mL de HCl 2,4% e agitado por 3 horas com a finalidade de extrair e solubilizar o fitato. Depois os tubos foram centrifugados por 20 minutos a 6000 rpm em temperatura ambiente (20°C).

✓ Recuperação do fitato

Em um tubo contendo 8 mL de água ultrapura e 3 mL da resina preparada, foi adicionado 2 mL do sobrenadante. Após, foi agitado por 1 hora e novamente centrifugado por 10 minutos a 6000 rpm em temperatura ambiente (20°C).

✓ Eluição de impurezas

O sobrenadante foi descartado, foi adicionado 8 mL de NaCl 0,07% para a remoção de impurezas, como fósforo inorgânico e proteínas.

✓ Eluição do fitato

Foi descartada a solução de lavagem e adicionado 8 mL de NaCl 0,07% para eluir o fitato da resina, deixando o em solução. Foi agitado por 1 hora e depois centrifugado por 10 minutos a 3000 rpm em temperatura ambiente (20°C).

✓ Leitura

Foi utilizado 3 mL do sobrenadante e adicionado 2 mL do reagente Wade, foi centrifugado por 10 minutos a 6000 rpm em temperatura ambiente (20°C). A leitura foi realizada em espectrofotômetro (Spekol – UV Vis) com comprimento de onda de 500 nm.

✓ Curva padrão

Pesou-se 0,03 g de fitato de sódio em um balão volumétrico de 100 mL, sendo completado o restante do volume com água ultrapura. Desta solução foram retirados 15 mL, transferidos para outro balão e novamente completado com água para obtenção de um volume final de 100 mL. Após, foi feita a curva de calibração com as seguintes concentrações: 7,5; 15; 22,5; 37,5; 45 mg.kg⁻¹.

4.4.5 Tanino

Análise de tanino foi realizada de acordo com o método proposto por Price et al (1978) com algumas adaptações. Uma amostra de 200 mg foi extraída com 5 ml de metanol durante 30 minutos a 25°C, em constante agitação. Em seguida, o material foi agitado em centrífuga a 17200 g por 20 minutos. Foram retirados 800 µL de sobrenadante com adição de 2 µL do reagente Vanilina-HCl. Depois de 20 minutos em espera, foi realizada a leitura do material em espectrofotômetro modelo UV-Vis com comprimento de onda de 500 nm. Para cada amostra foi preparado um branco sem adição de vanilina. A partir de uma solução padrão de catequina (4 mg/ml) foi preparada uma curva padrão para comparação. Os teores de tanino nas amostras foram expressos em miligramas de catequina equivalente por grama de amostra (mg CAE/100g amostra).

4.4.6 Atividade antioxidante

A capacidade antioxidante foi avaliada de acordo com o método proposto por Brand-Willians et al. (1995) modificado por Sanchez-Moreno et al. (1998), o qual consiste na redução do radical DPPH por um antioxidante ou uma espécie de antioxidantes resultando na redução da absorbância de 515 nm.

Para a curva de calibração, uma alíquota de 0,1 mL de metanol contendo diferentes concentrações do padrão foi adicionada a 3,9 mL de DPPH $0,0025\text{g litro}^{-1}$ diluído em metanol preparado no momento da análise.

As amostras foram preparadas em três diluições diferentes em triplicata. Em ambiente escuro, foi transferido 0,1 mL de cada diluição para tubos com 3,9 mL do radical DPPH. Foi utilizado metanol como branco. A leitura da absorbância foi feita em espectrofotômetro modelo UV-Vis e monitorada até a estabilização da amostra para efetuar o cálculo do EC_{50} . O EC_{50} indica a quantidade em g de amostra de feijão necessária para reduzir a atividade de 1 mg de DPPH. Assim, quanto menor o EC_{50} maior será a atividade antioxidante. Os resultados foram expressos em g de amostra por mg de DPPH (g amostra/mg DPPH).

4.4.7 Fenólicos totais

O conteúdo de fenólicos totais foi determinado de acordo com o método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton et al. (1965), utilizando ácido gálico como padrão. Cada 2 g de amostra foram diluídas em 50 mL de água deionizada, uma alíquota de 1 mL da diluição foi transferida para um tubo com adição de 9 mL de água deionizada e 1 mL do reagente Folin-Ciocalteu. A mistura foi agitada, deixada em repouso por 5 minutos para a posterior adição de 8 mL da solução aquosa 7% de Na_2CO_3 . O tubo foi agitado novamente e mantido por 1 hora em temperatura ambiente. A leitura foi feita com um comprimento de onda de 765nm em espectrofotometro modelo UV-Vis sendo utilizada água como branco. O teor de fenólicos totais foi expresso mg de ácido gálico por g de amostra (mg GAE/g amostra).

4.5 Análise estatística

Os resultados foram analisados de acordo com o delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, formado pelas combinações dos três genótipos com as quatro formas de cocção, com três repetições. Foi adotado um modelo linear de análise da variância. As estimativas dos parâmetros do modelo foram baseadas na teoria geral de modelos lineares (LITTEL; FREUND; SPECTOR, 1991; LITTEL et al., 2006) e testadas através do teste F.

As comparações entre as médias dos genótipos em cada forma de cocção e entre as formas de cocção em cada genótipo foram efetuadas com o uso do teste de Bonferroni. Também foi conduzido um estudo de associação linear entre as variáveis analisadas utilizando o coeficiente de correlação momento-produto de Pearson (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997). Todas as análises foram conduzidas

usando-se os procedimentos GLM, CORR e MIXED do software SAS® (Statistical Analysis System, 2003). Para todos os testes efetuados foi considerado o nível mínimo de significância de 5%.

5 ARTIGOS ORIGINAIS

5.1 – Associação do genótipo e da forma de preparo sobre a atividade antioxidante, e antinutrientes em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

* Artigo foi submetido ao periódico *Journal of Agricultural and Food Chemistry*

Autores:

Samanta Thomas Valdés¹

Cileide Maria Medeiros Coelho²

David José Michelluti³

Vera Lúcia Cardoso Garcia Tramonte^{4*}

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Nutrição, Campus Universitário Trindade S/N, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil, Fone: 55-48-37219737/ 55-31-99968309.

stnutr@hotmail.com

² Professora Dra. da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, rua Admar Gonzaga 1346, Itacorubi, Florianópolis, SC, Brasil, CEP 88034-001, Fone:55-48-37215330. cileide@cca.ufsc.br

³ Professor Dr. da Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Departamento de Solos e Recursos Naturais. Avenida Luiz de Camões 2090, CEP 88520-000, Lages, SC.

a2djm@cav.udesc.br

^{4*} Autor correspondente - Professora Dra. da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Nutrição, Campus Universitário Trindade, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil, Fone: 55-48-37219737.

velutra@yahoo.com.br

Lista de abreviaturas

IAP: IAPAR-81

UI: Uirapuru

BAF: BAF 55

DPPH: radical 2,2 difenil-1-picriidrazil

C: amostra crúa

CSM: amostra cozida sem maceração

CCAM: amostra cozida com a água de maceração

CSAM: amostra cozida sem a água de maceração

RESUMO

Foram selecionados três genótipos de feijão, sendo IAPAR-81 (IAP), Uirapuru (UI) e BAF 55 (BAF). As amostras foram: crúa (C), cozida sem maceração (CSM), cozida com a água de maceração (CCAM) e cozida sem a água de maceração (CSAM). Para as análises de atividade antioxidante, fenólicos totais, tanino e fitato os caldos foram separados dos grãos e a água de maceração da amostra CSAM foi analisada. Os grãos CCAM e CSAM apresentaram maiores potenciais antioxidantes nos três genótipos (IAP: 0.037 e 0.039; UI: 0.035 e 0.040; BAF: 0.040 e 0.047, respectivamente). Houve perdas de fenólicos totais, tanino e fitato em todas as amostras de grãos cozidos demonstrando a importância do

consumo e utilização do caldo do cozimento. O preparo que preservou mais os nutrientes nos grãos foi o CSM, exceto para a atividade antioxidante. Nos caldos, BAF 55 apresentou maiores teores de tanino e compostos fenólicos em todos os preparos. A análise do alimento cru é importante para conhecer o valor nutricional do alimento, porém o feijão é consumido cozido modificando suas características bem como a disponibilidade de nutrientes para a absorção.

Palavras chave: *Phaseolus vulgaris*; formas de preparo; atividade antioxidante; fenólicos totais; tanino; fitato

INTRODUÇÃO

O consumo de feijão comum é uma das práticas mais difundidas no mundo, correspondendo a quase metade dos grãos de leguminosas consumidas, especialmente nos países menos desenvolvidos (1).

Determinados compostos presentes nos feijões eram considerados indesejáveis por dificultarem a biodisponibilidade de minerais (2) e comprometerem a digestibilidade protéica, prejudicando o valor nutricional deste alimento (3). Contudo, tem-se constatado que o maior consumo de feijão está inversamente associado a alguns tipos de cânceres, tais como de próstata, de mama e de cólon (4), além de estarem ligados à redução do risco a diabetes e obesidade (5) devido a presença de compostos capazes de retardar a resposta glicêmica, tornando mais lenta a liberação de glicose para o sangue (6).

O efeito anti-cancerígeno e antioxidante tem sido atribuído à presença dos mesmos elementos anteriormente indesejados, como, os ácidos fenólicos (7) e fitato (8). Os compostos fenólicos podem ser responsáveis por quelar metais bem como inibir a captação de radicais livres pela limitação da ação da enzima lipoxigenase. Entre estes, encontram-se os taninos, ácidos fenólicos e flavonóides (9).

O fitato apresenta grande capacidade de ligar-se a proteínas e íons metálicos formando complexos insolúveis (10), podendo alterar a solubilidade e a função destes elementos, prejudicando a digestão e a absorção dos mesmos. Por outro lado, este composto pode exercer atividade antioxidante ao complexar-se com ferro, reduzindo a formação de radicais livres e a peroxidação de membranas, o que

poderia apresentar poder anticarcinogênico (8). Por isso, verifica-se o aumento do interesse na manipulação de fitato em grãos em todo o mundo, seja para aumentar ou diminuir as suas concentrações nos alimentos (11-13).

Na literatura científica, encontram-se vários estudos que avaliam a composição do feijão seco, dando ênfase à atividade antioxidante, ao teor de compostos fenólicos e fitato do mesmo (7, 12, 14-21). Contudo, existe a necessidade da avaliação do alimento pronto para o consumo a fim de identificar a presença destes elementos no alimento após o seu preparo. Além disso, verifica-se a escassez de dados sobre a composição dos caldos dos feijões e da água de remolho.

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito das formas de preparo sobre a atividade antioxidante, os teores de fenólicos totais, tanino e fitato em três genótipos de feijão comum.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionados três genótipos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), sendo IAPAR-81 (IAPAR) e Uirapuru (UI) que são muito consumidos no Brasil, e BAF 55 (BAF) que é um genótipo do Banco Ativo de Sementes, considerado um genótipo crioulo. As amostras foram fornecidas pelo Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), Lages, Santa Catarina, Brasil. Os grãos dos genótipos foram obtidos da safra 2008/2009 e após a colheita foram secos a 12 % de umidade e acondicionados em sacos de polietileno e armazenados a 10°C.

Reagentes

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil (DPPH), Folin-Ciocalteu, ácido gálico (GAE), (+)-catequina (CAE) e Resina Dowex 1x8 – 400 mesh aniônica da Sigma Chemical CO, metanol, carbonato de sódio (Na₂CO₃), vanilina, ácido clorídrico (HCl) e cloreto de sódio (NaCl) obtidos da Aldrich.

Preparação das amostras

As amostras foram preparadas em quatro diferentes maneiras: crua (C), cozida sem maceração (CSM), cozida com a água de maceração (CCAM) e cozida sem a água de maceração (CSAM) (**Figura 1**), sendo que a amostra C foi seca em estufa ventilada a 60°C por 48 horas, depois foi triturada até a

obtenção de um pó homogêneo, acondicionada em embalagens estéreis e armazenada no escuro até a realização das análises; a amostra CSM foi cozida sem maceração em 1,5L de água destilada, a cocção foi feita em panela de pressão doméstica, durante 30 minutos após a saída constante de vapor pela válvula de pressão; a amostra CCAM foi macerada em 1,5L de água destilada durante 8 horas a 25°C, depois foi cozida com o restante da água de remolho não absorvida como a amostra CSM; a amostra CSAM foi preparada nas mesmas condições já mencionadas, porém a água de maceração foi retirada sendo acrescido o mesmo volume de água não absorvida no remolho para realizar o cozimento.

Após a cocção o caldo foi separado do grão com auxílio de peneira plástica de 15 cm de diâmetro, secos, triturados, acondicionados em embalagens estéreis e armazenados no escuro para a realização das análises. A água de maceração das amostras CSAM também foi acondicionada em embalagens estéreis e congelada (-18°C) para ser analisada posteriormente.

Atividade antioxidante

A verificação da atividade antioxidante foi realizada de acordo com o método proposto por Brand-Willians et al. (22) modificado por Sanchez-Moreno et al.(23), o qual consiste na redução do radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) por um antioxidante ou uma espécie de antioxidantes resultando na redução da absorbância de 515 nm. Para a curva de calibração, uma alíquota de 0,1 mL de metanol contendo diferentes concentrações do padrão foi adicionada a 3,9 mL de DPPH 0,0025g litro⁻¹ diluído em metanol preparado no momento da análise. As amostras foram preparadas em três diluições diferentes em triplicata. Em ambiente escuro, foram transferidos 0,1 mL de cada diluição para tubos com 3,9 mL do radical DPPH. Foi utilizado metanol como branco. A leitura da absorbância foi feita em espectrofotômetro UV-Vis e monitorada até a estabilização para efetuar o cálculo do EC₅₀. O EC₅₀ indica a quantidade em g de amostra de feijão necessária para reduzir a atividade de 1 mg de DPPH. Assim, quanto menor o EC₅₀ maior será a atividade antioxidante. Os resultados estão expressos em g de amostra por mg de DPPH (g amostra/mg DPPH).

Fenólicos totais

O conteúdo de fenólicos totais foi determinado de acordo com o método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton et al. (24), utilizando ácido gálico como padrão. Cada 2 g de amostra foram diluídas em 50 mL de água deionizada, após foi transferida uma alíquota de 1 mL da diluição para um tubo com adição de 9 mL de água deionizada e 1 mL do reagente Folin-Ciocalteu. A mistura foi agitada, deixada em repouso por 5 minutos para a posterior adição de 8 mL da solução aquosa 7% de Na_2CO_3 . O tubo foi agitado novamente e deixado encubado por 1 hora em temperatura ambiente. A leitura foi feita com um comprimento de onda de 765 nm em espectrofotometro UV-Vis, sendo utilizada a água destilada como branco. O teor de fenólicos totais foi expresso miligramas de ácido gálico por grama de amostra (mg GAE/g amostra).

Tanino

O tanino foi determinado de acordo com o método modificado de vanilina – HCl, proposto por Price et al. (25) o qual se utiliza de (+)-catequina como padrão. O conteúdo de tanino foi expresso em miligramas de catequina equivalente por grama de amostra (mg CAE/100g amostra).

Fitato

O fitato foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Latta e Eskin (26) baseada na formação de um composto ferro-ácido-sulfossalicílico de cor azul escura devido ao reagente Wade. Na presença de fitato, o ferro é removido e a coloração azul diminui de intensidade. A amostra foi extraída com 10 mL de HCl 2,4% sendo agitada por 3 horas. Depois o extrato foi centrifugado (20 minutos a 6000 rpm). Num tubo contendo 8 mL de água ultrapura e 3 mL da resina preparada, foi adicionado 2 mL do sobrenadante, foi agitado por 1 hora e novamente centrifugado (10 minutos a 6000 rpm). O sobrenadante foi descartado, foi adicionado 8 mL de NaCl 0,07% para a remoção de impurezas, como fósforo inorgânico e proteínas. Esta solução foi descartada e foram adicionados 8 mL de NaCl 0,07%, foi agitado por 1 hora e depois centrifugado (10 minutos a 3000 rpm). Para a realização da leitura foram utilizados 3 mL do sobrenadante com 2 mL do reagente Wade, novamente centrifugados (10 minutos a 6000 rpm). A leitura foi feita em espectrofotômetro (Spekol – UV Vis) com comprimento de onda de 500 nm.

Análise estatística

Os resultados foram analisados de acordo com o delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, formado pelas combinações dos três genótipos com as quatro formas de cocção, com três repetições. Foi adotado um modelo linear de análise da variância. As estimativas dos parâmetros do modelo foram baseadas na teoria geral de modelos lineares (27-28) e testadas através do teste F. As comparações entre as médias dos genótipos em cada forma de cocção e entre as formas de cocção em cada genótipo foram efetuadas com o uso do teste de Bonferroni. Também foi conduzido um estudo de associação linear entre as variáveis analisadas utilizando o coeficiente de correlação momento-produto de Pearson (29). Os dados também foram submetidos à análise multivariada utilizando-se da técnica de componentes principais e análise de conglomerados (cluster analysis) através do método do vizinho mais próximo, com base na matriz de distâncias euclidianas (30). Para todos os testes efetuados foi considerado o nível mínimo de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A água de maceração da amostra CSAM apresentou o maior potencial antioxidante no genótipo IAPAR-81 com 0,142g amostra/mg de DPPH, seguido de BAF 55 com 0,218 e Uirapuru com 0,334. Para fenólicos totais BRS, BAF 55 e Uirapuru tiveram 13,68, 16,20 e 13,82mg GAE/g amostra, respectivamente. Estes resultados diferem bastante de um experimento semelhante realizado por Xu e Chang (31) que encontraram 0,72 GAE/g amostra com mesmo tempo de remolho. Isso pode ser explicado pelas diferenças de genótipos analisados, pois as variações de concentrações de fenólicos totais nas sementes são determinadas pela cor do grão e pelo modelo de genes de cada genótipo (32). Além disso, variações nas condições de cultivo como alterações climáticas, formas de plantio (33), a elevada temperatura no período de enchimento dos grãos, a forma de beneficiamento pós-colheita (34), o tempo e as condições de armazenamento (35) podem influenciar a interação entre nutrientes e potencializar ou dificultar a sua biodisponibilidade (32).

Taninos foram constatados apenas no BAF 55 com 1,44mg CAE/100g amostra, indicando que a elevada concentração deste composto determinou os maiores valores de fenólicos totais neste genótipo.

Nas amostras cruas (C) a atividade antioxidante foi maior nos grãos do grupo comercial carioca (IAPAR-81), com 0,049g de amostra/ mg de DPPH quando comparado aos genótipos do grupo preto (BAF 55 e Uirapuru)(**Tabela 1**). Quando as amostras foram cozidas sem maceração (CSM) o genótipo Iapar também apresentou maior potencial antioxidante (0,066g de amostra/ mg de DPPH), o que demonstra que genótipos com grãos de cor clara está relacionada com a maior capacidade de captação de radicais livres do genótipo. Nas amostras dos grãos cozidos com e sem água de maceração, (CCAM e CSAM) não observou-se diferenças entre os genótipos de coloração escura, isso pode ser devido à elevada lixiviação de compostos durante o cozimento e isto ter sido a causa maior de atividade antioxidante para a água de cocção tornando as amostras similares entre si.

Quando comparadas as quatro formas de preparo em um mesmo genótipo verificou-se que as amostras cozidas com e sem a água de maceração (CCAM e CSAM) obtiveram os melhores resultados com os menores valores de captação do radical DPPH para os três genótipos analisados, resultando em 0,037, 0,035 e 0,040 g de amostra/ mg de DPPH para o preparo CCAM e 0,039, 0,040 e 0,047 g de amostra/ mg de DPPH para o preparo CSAM, nos genótipos IAPAR, Uirapuru e BAF 55, respectivamente. É provável que a imersão em água potencialize algumas espécies reativas à captação de radicais livres. Um experimento realizado por Ranilla et al. (36) identificou maior atividade antioxidante ($p < 0,05$) nas amostras de feijões cozidas sem retirar a água de maceração quando comparadas às amostras cozidas com a água de remolho drenada, diferença que não foi detectada pelo presente estudo.

Em relação aos níveis de fenólicos totais (**Tabela 1**), constataram-se diferenças somente no grão cru (C) quando se comparou os genótipos entre si, sendo que o IAPAR-81 (5,023mg de GAE/ g de amostra) e Uirapuru (5,005mg de GAE/ g de amostra) apresentaram os maiores teores em comparação ao BAF 55 (3,489mg de GAE/ g de amostra). Esta variação pode ser atribuída ao efeito do genótipo, pois ambos com maiores teores são cultivares comerciais, e o BAF 55 é um genótipo crioulo, que não

passou pelo processo de melhoramento (12, 37). Esta constatação indica que não necessariamente os grãos de coloração mais escura como Uirapuru e BAF 55 contêm maiores teores de compostos fenólicos (38). Tal associação da cor dos grãos com o teor de compostos fenólicos pode sofrer variações como já foi constatado por outros autores (33).

Ao comparar as formas de preparo dentro de um mesmo genótipo (**Tabela 1**) verificou-se que os grãos crus (C) apresentaram os maiores teores de fenólicos totais. Este resultado pode ser explicado pela alta solubilidade destes compostos em água, tanto na água de maceração como no caldo após o processo de cocção. O que concorda com Jiratanan e Liu (39) que analisaram ervilhas, a cocção proporcionou um decréscimo significativo no conteúdo de fenólicos nestes grãos ($p < 0,05$). Outro estudo (36) também corrobora com os resultados obtidos, o qual conclui que diferentes métodos de cocção não diferem entre si ($p < 0,05$) quanto às perdas dos compostos fenólicos, independente do genótipo utilizado. Os valores elevados nos teores de compostos fenólicos obtidos entre os genótipos, nas diferentes formas de preparo (2,039 a 5,023) podem ser explicados pela forma de preparação das amostras, pois neste caso não separou-se a casca da semente do seu cotilédone, ou seja utilizou-se a semente inteira (36).

O tanino foi detectado somente nas amostras de grão cru (C) devido à sua elevada solubilidade em água (40) após o processo de maceração ou cocção. Apesar de não identificar diferença significativa entre os genótipos, constata-se uma tendência de maiores valores nos genótipos de coloração preta da semente (Uirapuru e BAF 55) (**Tabela 1**). Esta perda facilitada dos compostos fenólicos pode estar associada ao maior poder antioxidante das amostras de coloração escura cozidas com e sem a água de maceração.

Os genótipos não diferiram quanto ao teor de fitato (**Tabela 1**) especificamente em cada forma de preparo dos feijões. Mas, quando comparou-se o genótipo em relação aos quatro formas de preparos distintos, o IAPAR-81, e Uirapuru apresentaram perdas de até 34,1% e 39,5% de fitato, respectivamente, no grão cozido sem a água de maceração (CSAM) em relação aos grãos crus (C). Os resultados obtidos concordam com Nergiz e Gökgöz (41), que verificaram reduções de até 58,38% de fitato quando amostras de feijões foram maceradas e cozidas. Outro estudo constatou uma diminuição

de 28% de fitato em grãos de feijões pretos macerados (42), Barampama e Simard (43) também detectaram diminuição de 47,18 % de fitato em grãos macerados e cozidos quando comparados aos grãos crus. A diminuição do teor de fitato ocorre porque durante a maceração há mudanças na permeabilidade da membrana dos grãos aumentando a absorção de água, com isso a fosfatase intrínseca é ativada provocando a hidrólise e o aumento da liberação de fitato para o meio (44). Além disso, ocorre lixiviação de íons de fitato na água devido ao maior gradiente de concentração que provoca a difusão deste nutriente na água, isso porque o fitato hidrolizado pode liberar fósforo, aminoácidos, proteínas e minerais para o meio podendo estar complexados a estes elementos (45).

Na **Tabela 2** se verificam valores distintos do potencial antioxidante das amostras de caldos, quando comparados os três genótipos com a mesma forma de preparo e também quando se compara um mesmo genótipo preparado de diferentes formas. Constata-se que a capacidade de captação de radicais livres nas amostras de caldos está ligada tanto com o genótipo de feijão analisado quanto com a forma em que este foi preparado.

Para os fenólicos totais nos caldos (**Tabela 2**), os maiores valores em todas as formas de preparo foram observados no BAF 55, o que pode ser explicado pela alta concentração de tanino, em especial nas amostras maceradas. Sendo o tanino um composto fenólico (40), ele interferiu diretamente nos valores de fenólicos totais. Nos grãos de IAPAR-81 (grupo carioca) o tanino foi detectado como um elemento traço (**Tabela 2**), resultado esperado devido à pigmentação mais clara da semente deste genótipo (46). Wang et al. (47) verificaram a interação direta entre a cor do feijão, independente de apresentarem as cores claras e/ou escuras, e a cocção com e sem maceração prévia em todos os genótipos testados, reduziram significativamente os teores de tanino ($p < 0,001$).

Quando analisou-se os caldos, verificou-se maiores teores de fitato no BAF 55, de 1,42% (**Tabela 2**) que não passou por prévia maceração (CSM). Esta resposta diferenciada pode ser explicada pelo efeito do genótipo, o qual teve maior lixiviação de fitato do grão para o caldo, o que pode estar relacionado a uma maior susceptibilidade deste genótipo a hidrólise do fitato.

A **Tabela 3** apresenta o coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis analisadas, sendo encontrada correlação positiva entre a concentração de tanino e fenólicos totais nos grãos ($p < 0,0001$). A atividade antioxidante nos grãos não apresentou correlação significativa com os fenólicos totais ($p = 0,751$). Contrariando estes resultados, Boateng et al. (48) encontraram correlação positiva entre a atividade antioxidante e o conteúdo total de fenólicos ($p < 0,05$) na análise de três genótipos distintos de feijões crus e cozidos, o que pode ser explicado pela utilização dos grãos e dos caldos juntos para efetuar as análises aumentando a concentração destes compostos nas amostras, pois não ocorrem perdas de nutrientes seja para o grão ou para o caldo. Em outra análise (18) também foi verificado aumento da atividade antioxidante correlacionado positivamente ($p < 0,05$) com o aumento de compostos fenólicos em frutas e vegetais.

Outra correlação positiva encontrada nos grãos (**Tabela 3**) foi entre o teor de fenólicos totais e fitato ($p = 0,028$), indicando que quanto maior a concentração fenólica maiores serão os teores de fitato. Em outro estudo (49) foi identificada correlação negativa entre o conteúdo de fenólicos e de fitato, esta discrepância se deve às diferenças entre as metodologias empregadas para a análise dos compostos fenólicos e pela utilização de grãos crus no estudo em questão, pois grãos crus possuem os nutrientes concentrados e não há perdas, o que ocorre na cocção. A metodologia para análise de compostos fenólicos deve ser aplicada de acordo com os fenólicos presentes no alimento em questão, visto que existe uma grande variabilidade de compostos desta natureza. Além disso, o processo de cocção diminui a concentração de fenólicos e fitato no grão ocorrendo difusão destes para a água do cozimento.

Nos caldos (**Tabela 3**) foi verificada correlação positiva entre o teor de fenólicos totais e tanino ($p < 0,0001$), visto que o tanino é um tipo de composto fenólico. Também foi encontrada correlação positiva entre o conteúdo de fenólicos e de fitato nos caldos ($p = 0,0003$), semelhante o que já havia sido detectado nos grãos.

O dendrograma (**Figura 2**) mostra a similaridade entre as combinações dos grãos dos três genótipos analisados com as quatro formas de preparo utilizadas baseado nas medidas de atividade antioxidante, fenólicos totais, tanino e fitato. Observa-se a formação de três grupos. O primeiro grupo

foi composto por todas amostras cozidas, independente se passou ou não por um processo prévio de maceração (UI-CCAM, BAF-CCAM, UI-CSAM, IAP-CSAM, BAF-CSAM, IAP-CCAM, BAF-CSM, UI-CSM e IAP-CSM), possivelmente porque após o processo de aquecimento, o teor de tanino e foi reduzido acentuadamente, não sendo detectado nos grãos cozidos dos três genótipos analisados. O segundo grupo foram as amostras de grãos cozidos sem maceração prévia, onde observou-se diferenças acentuadas entre os cultivares comerciais e crioulo. Neste último, o genótipo crioulo se diferenciou acentuadamente do Uirapuru e do IAPAR-81, o qual formou o terceiro grupo isoladamente determinado pela baixa atividade antioxidante do BAF 55.

A partir da análise de componentes principais, verifica-se (**Figura 3**) que as duas primeiras componentes representaram 85,3% da variância total. Esse fato revela a diferença entre os feijões crus (IAP-C, BAF-C e UI-C) e cozidos com maceração (IAP-CCAM, BAF-CCAM, UI-CCAM, IAP-CSAM, BAF-CSAM e UI-CSAM) comparados aos não macerados antes da cocção (IAP-CSM, BAF-CSM e UI-CSM). As variáveis compostos fenólicos (-0,917), tanino (-0,911) e fitato (-0,675), apresentaram correlação negativa e foram as que mais contribuíram na primeira componente, enquanto a variável atividade antioxidante (0,899) com correlação positiva foi a que exerceu maior influencia no segundo componente. Esta diferenciação não é facilmente observada no dendograma, o que enfatiza o uso desta forma de apresentação dos

Na **Figura 4** é mostrado o dendrograma resultante da análise de cluster dos caldos dos três genótipos juntamente com as três formas de preparo. Verifica-se a formação de três grupos com maior grau de similaridade. O primeiro agrupamento é formado pelas amostras de caldo BAF-CCAM, BAF-CSAM, UI-CSM e BAF CSM se deve ao elevado teor de fenólicos totais e tanino. O segundo grupo constituído por UI-CSAM, IAP-CSAM, UI-CCAM, IAP-CCAM e IAP-CSM possui baixos valores de compostos fenólicos e de tanino. Finalmente, o terceiro agrupamento, com as amostras de caldo de BAF-CSAM, UI-CSM, BAF-CSM, UI-CSAM e IAP-CSAM, foi determinado devido às semelhanças no teor de fitato.

A contribuição das duas primeiras componentes principais (**Figura 5**) representou 85,1% da variância total, com 58,4% na primeira e 26,8% na segunda componente, respectivamente. Cada genótipo apresentou um comportamento distinto, sendo que para o genótipo BAF os caldos CCAM e CSAM estiveram mais próximos, para o genótipo UI os caldos CSM e CCAM apresentaram maiores semelhanças e para IAP foram os caldos CSM e CSAM os menos discrepantes. As variáveis que apresentaram maior relação com a primeira componente foram os compostos fenólicos (-0,972), tanino (-0,834) e fitato (-0,808) enquanto a variável atividade antioxidante com (-0,955) foi a que teve maior correlação com a segunda componente.

De maneira geral, as cocções com maceração prévia apresentaram os maiores potenciais de redução de radicais livres nos três genótipos de grãos analisados. Também foi detectada a relação negativa entre cocção e perda de fenólicos totais, tanino e fitato, demonstrando a importância do consumo e utilização do caldo do cozimento. Entre os grãos cozidos o preparo que preservou de forma mais eficiente suas características e seus nutrientes foi quando o grão foi cozido sem a maceração (CSM), exceto para a variável atividade antioxidante.

Nos caldos, o BAF 55 apresentou os maiores teores de tanino e compostos fenólicos em todas as formas de preparo. Para as demais variáveis, cada caldo e genótipo responderam de maneira distinta à cocção. Por isso, mais estudos com os grãos e os caldos de feijão cozidos devem ser realizados a fim de explicar melhor o que ocorre no preparo deste alimento. É importante lembrar que a análise do alimento cru é importante para conhecer o seu valor nutricional do alimento, porém o feijão é consumido cozido e existem interferentes como forma de preparo, genótipo, utilização do caldo e da água de maceração na cocção que podem modificar significativamente as características do alimento bem como a disponibilidade de nutrientes para a absorção.

Agradecimentos

Agradeço à Capes pelo apoio e disponibilização de verbas ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Santa Catarina, à professora Sandra Regina Paulon Avancini pelo

auxílio para obtenção de recursos, aos mestrandos Márcio Zílio e Aureanna Negrão pela ajuda na execução das análises e à Universidade do Estado de Santa Catarina por ceder espaço e equipamentos para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Broughton, W. G.; Hernández, G.; Blair, M. Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. *Plant Soil*. **2003**, *252*, 55-128.
2. Reddy, N. R.; Sathe, S. K.; Salunkhe, D. K. Phytates in cereals and legumes. *Adv. Food Res.* **1982**, *28*, 1-92.
3. Sgarbieri, V. C.; Whitaker, J. R. Physical, chemical and nutritional properties of common bean (*Phaseolus*) proteins. *Adv. Food Res.* **1982**, *28*, 93-166.
4. Mather, J. C. Pulses and carcinogenesis: potential for the prevention of colon breast and other cancers. *Brit. J. Nutr.* **2002**, *88*, 273-279.
5. Geil, P. B.; Anderson, J. W. Nutrition and health implications of dry beans: a review. *J. Am. Coll. Nutr.* **1994**, *13*, 549-558.
6. Shahidi, F. In *Antinutrients and Phytochemicals in Food*, Shahidi, F., 1 Ed.; Publisher: Washington, DC, USA, **1997**; Chapter 1, pp 1-9.
7. Cardador-Martínez, A.; Loarca-Piña, G.; Oomah, B. D. Antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agric. Food Chem.* **2002**, *50*, 6975-6980.
8. Thomson, L.; Zhang, L. Phytic acid and minerals: effect on early markers of risk for mammary and colon carcinogenesis. *Carcin.* **1991**, *12*, 2041-2045.

9. Martínez, D. B., Ibáñez, G. V., Rincón, L. F. Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. *Arch. Latin. Nutr.* **2002**, *52*, 219-231.
10. Torre, M.; Rodríguez, A. R.; Saura-Calixto, F. Effects of dietary fiber and phytic acido in mineral availability. *Food Sci. Nutr.* **1991**, *1*, 1-22.
11. Coelho, C. M. M.; Tsai, S. M.; Vitorello, V. A. Dynamics of inositol phosphate pools (tris-, tetrakis- and pentakisphosphate) in relation to the rate of phytate synthesis during seed development in common bean (*Phaseolus vulgaris*). *J Plant Physiol.* **2005**, *162*, 1-9.
12. Coelho, C. M. M.; Benedito, V. A.; Figueira, A.; Vitorello, V. A.; Azevedo, R. A. Variation in the enzyme activity and gene expression of myo-inositol-3-phosphate synthase and phytate accumulation during seed development in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *A. Physiol Plant.* **2007**, *29*, 265-271.
13. Coelho, C. M. M.; Bellato, C. M.; Garcia, A. K. M.; Vitorello, V. A.; Azevedo, R. A. Variation in phytate accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) fruit explants. *Braz. Arch. Biol. Technol.* **2008**, *51*, 167-176.
14. Beninger, C. W.; Hosfield, G. L. Antioxidant activity of extracts, condensed tannin fractions, and pure flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. seed coat color genotypes. *J. Agric. Food Chem.* **2003**, *51*, 7879-7883.
15. Mejía, E. G.; Guzmán-Maldonado, S. H.; Acosta-Gallegos, J. A.; Reynoso-Camacho, R.; Ramírez-Rodríguez, E.; Pons-Hernández, J. L.; González-Chavira, M. M.; Castellanos, J. Z.; Kelly, J. D. Effect of cultivar and growing location on the trypsin inhibitors, tannins, and lectins of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in he semiarid highlands of Mexico. *J. Agric. Food Chem.* **2003**, *51*, 5962-5966.
16. Oomah, B. D.; Cardador-Martínez, A.; Loarca-Piña, G. Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Sci. Food Agric.* **2005**, *85*, 935-942.

17. Heimler, D.; Vignolini, P.; Dini, M. G.; Romani, A. Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans. *J. Agric. Food Chem.* **2005**, *53*, 3053-3056.
18. Espinosa-Alonso, L. G.; Lygin, A.; Widholm, J. M.; Valverde, M. E.; Paredes-Lopez, O. Polyphenols in wild and weedy Mexican common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Sci. Food Agric.* **2006**, *54*, 4436-4444.
19. Korus, J.; Gumul, D.; Czechowska, K. Effect of extrusion on the phenolic composition and antioxidant of dry beans of *Phaseolus vulgaris* L. *Food Technol. Bio.* **2007**, *45*, 139-146.
20. Ranilla, L. G.; Genovese, M. I.; Lajolo, F. M. Polyphenols and antioxidant capacity of seed coat and cotyledon from Brazilian and Peruvian bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agric. Food Chem.* **2007**, *55*, 90-98.
21. Machado, C. M.; Ferruzzi, M. G.; Nielsen, S. S. Impact of the hard-to-cook phenomenon on phenolic antioxidants in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Sci. Food Agric.* **2008**, *56*, 3102-3110.
22. Brand-Willians, W.; Cuvelier, M. E.; Berset, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss. Technol.* **1995**, *28*, 25-30.
23. Sanchez-Moreno, C.; Larrauri, J. A.; Saura-Calixto, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *J. Sci. Food Agric.* **1998**, *76*, 270-276.
24. Singleton, V. L.; Joseph, A.; Rossi, J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vit.* **1965**, *16*, 144-149.
25. Price, M. L.; Van Scoyoc, S.; Butler, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.* **1980**, *26*, 1214-1218.
26. Latta, M.; Eskin, M. A simple method for phytate determination. *J. Agric. Food Chem.* **1980**, *28*, 1313-1315.

27. Little, R. C.; Freund, R. J.; Spector, P. C. *SAS System for Linear Models* **1991**, 3. ed. SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA. 329.
28. Littell, R. C.; Milliken, G. A.; Stroup, W. W.; Wolfinger, R. D.; Schabenberger, O. *SAS[®] for Mixed Models*. **2006**, 2. Ed. SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA. 834.
29. Steel, R. G. D.; Torrie, J. H.; Dickey, D. A. *Principles and procedures of statistics – a biometrical approach*. **1997**, 3. Ed. McGraw-Hill : New York, USA. 666.
30. Johnson, R. A.; Wichern, D. W. In *Applied multivariate statistical analysis*. Prentice Hall, 4 Ed.; Publisher: New Jersey, USA, **2002**; pp 767.
31. Xu, B. J.; Chang, S. K. C. Total phenolic content and antioxidant properties of eclipse black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by processing methods. *J. Food Sci.* **2008**, *73*, 19-27.
32. Caldas, G. V.; Blair, M. W. Inheritance of seed condensed tannins and their relationship with seed-coat color and pattern genes in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor. Appl. Genet.* **2009**, *119*, 131-142.
33. Barampama, Z.; Simard, R. E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Burundi. *Food Chem.* **1993**, *47*, 159-167.
34. Sartoti, M. R. Armazenamento. In *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Potafós, 1 Ed.; Publisher: Piracicaba, **1996**; pp.543-562.
35. Dalla Corte, A. D. et al. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. *Crop Breed. Appl Biotech.* **2003**, *3*, 193-201.

36. Ranilla, L. G.; Genovese, M. I.; Lajolo, F. M. Effect of different cooking conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of some selected Brazilian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *J. Agric. Food Chem.* **2009**, *57*, 5734-5742.
37. Pereira, T.; Coelho, C. M. M.; Bogo, A.; Guidolin, A. F.; Miquelluti, D. J. Diversity in common bean landraces from south Brazil. *Acta Bot. Croat.* **2009**, *68*, 79–92.
38. Guzman-Maldonado, H.; Castellanos, J.; Mejía, E. G. Relationship between theoretical and experimentally detected tannin content of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food. Chem.* **1996**, *55*, 333-335.
39. Jiratanan, T.; Liu, R. H. Antioxidant activity of processed table beets (*Beta vulgaris* var, *conditiva*) and green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agric. Food Chem.* **2004**, *52*, 2659-2670.
40. Stanley, D. A possible role for condensed tannins in bean hardening. *Food Res. Int.* **1992**, *25*, 187-192.
41. Nergiz, C.; Gökgöz, E. Effects of traditional cooking methods on some antinutrients and in vitro protein digestibility of dry bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Turkey. *Int. J. Food Sci. Tech.* **2007**, *42*, 868-873.
42. Kataria, A.; Chauhan, B. M.; Gandhi, S. Effect of domestic processing and cooking on the antinutrients of black gram. *Food Chem.* **1988**, *30*, 149-156.
43. Barampama, Z.; Simard, R. E. Oligosaccharides, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing. *J. Food Sci.* **1994**, *59*, 833-838.
44. Khokhar, S.; Chauhan, B. M. Antinutritional factors in Moth Bean (*Vigna aconitifolia*): Varital differences and effects of methods of domestics processing and cooking. *J. Food Sci.* **1986**, *51*, 591-594.

45. Costa de Oliveira, A.; Queiroz, K. S.; Helbig, E.; Reis, S. M. P. M.; Carraro, F. O processamento doméstico do feijão-comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos e taninos, no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose, estquiiose e verbascose. *Arch. Latin. Nutr.* **2001**, *51*, 276-283.
46. Coelho, C. M. M.; Bellato, C. M.; Santos, J. C. P.; Ortega, E. M. M.; Tsai, S. M. Effect of phytate and storage conditions on the development of the “hard-to-cook” phenomenon in common beans. *J. Sci. Food Agric.* **2007**, *87*, 1237-1243.
47. Wang, N.; Hatcher, D. W.; Tyler, R. T.; Toews, R.; Gawalko, E. J. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Res. Inter.* **2009**, *42*, 1023-1033.
48. Boateng J.; Vergheses, M.; Walker, L. T.; Ogutu, S. Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus* spp. L.). *Food Sci Tech.* **2008**, *41*, 1541-1547.
49. Oomah, B. D.; Blanchard, C.; Balasubramanian, P. Phytic acid, phytase, minerals, and antioxidant activity in Canadian dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *J. Agri. Food Chem.* **2008**, *56*, 11312-11319.

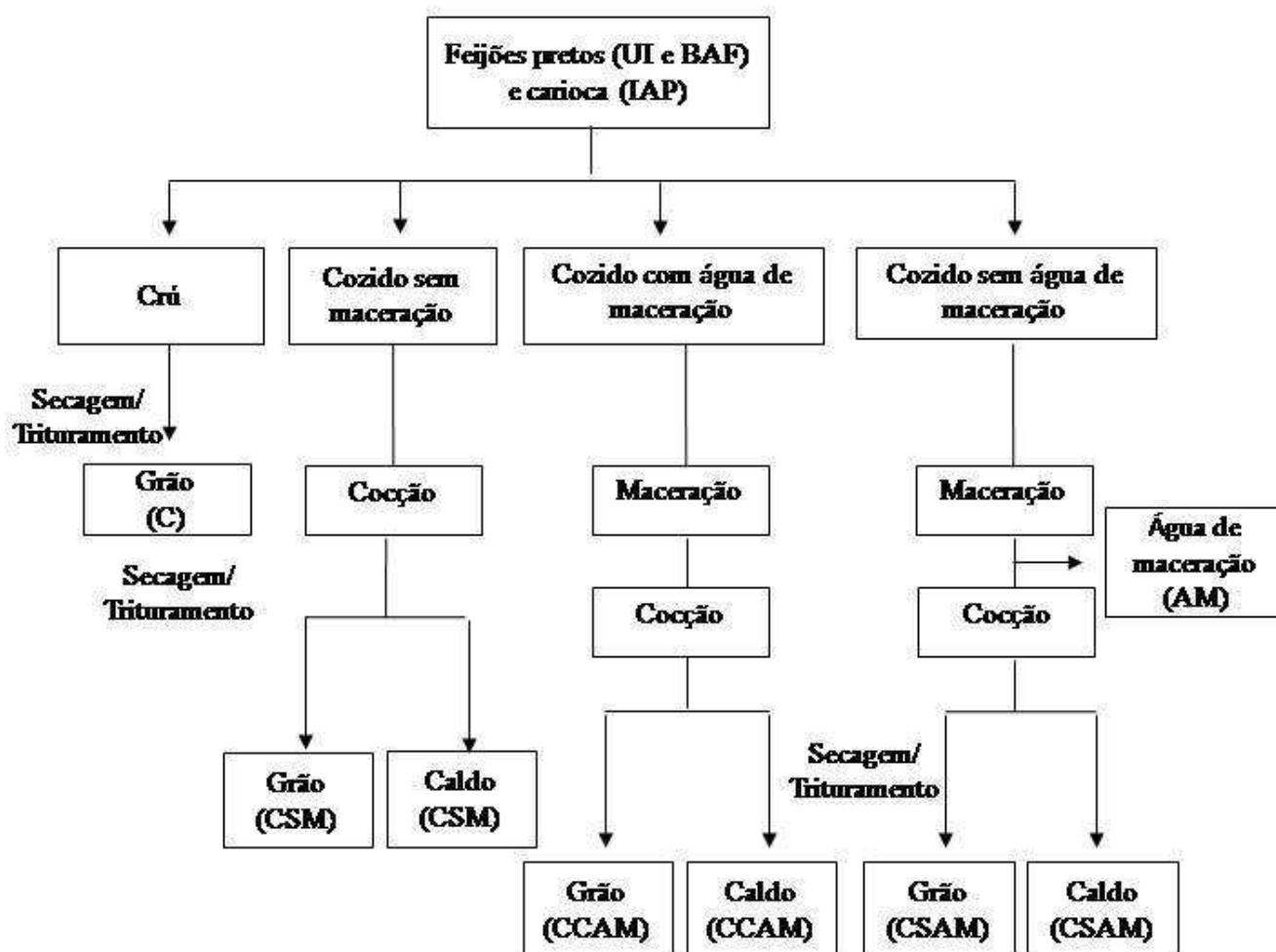


Figura 1. Diagrama do preparo das amostras.

Tabela 1. Comparação entre atividade antioxidante, fenólicos totais, tanino e fitato nas amostras de grãos de feijões de diferentes genótipos e na água de maceração.

Variáveis	Genótipo	Formas de preparo				
		C	CSM	CCAM	CSAM	AM
EC ₅₀ ^a	IAP	0,049±0,001Bab	0,066±0,000Ca	0,037±0,000Ab	0,039±0,000Ab	0,142±0,003C
	UI	0,085±0,002Ab	0,130±0,005Ba	0,035±0,001Ac	0,040±0,001Ac	0,334±0,022A
	BAF	0,076±0,011Ab	0,238±0,001Aa	0,040±0,000Ac	0,047±0,000Ac	0,218±0,002B
GAE ^b	IAP	5,023±0,090Aa	2,442±0,352Ab	2,058±0,068Ab	2,178±0,115Ab	13,68±0,158B
	UI	5,005±0,188Aa	2,373±0,090Ab	2,479±0,163Ab	2,207±0,196Ab	13,82±0,040B
	BAF	3,489±0,035Ba	2,158±0,034Ab	2,474±0,196Ab	2,039±0,162Ab	16,20±0,167A
Tanino ^c	IAP	1,015±0,274A	0	0	0	0B
	UI	1,865±0,942A	0	0	0	0B
	BAF	1,555±0,502A	0	0	0	1,44±0,412A
Fitato ^d	IAP	1,32±0,00Aa	12,9Aab	22,7Aab	34,1Ab	NA
	UI	1,19±0,00Aa	0Aa	37,0Ab	39,5Ab	NA
	BAF	1,07±0,01Aa	1,9Aa	26,2Aa	10,3Aa	NA

A Médias nas colunas com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0.05$)

a Médias nas linhas com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0.05$)

Valores expressos em \pm desvio padrão

^a EC₅₀ – Expresso em g de amostra/ mg de DPPH

^b GAE – Expresso em mg de GAE/ g de amostra

^c Tanino – Expresso em mg de CAE/ 100g de amostra

^d Fitato – Expresso em % de perda de fitato padrão, exceto nas amostras C expressas em % de fitato padrão

Tabela 2. Comparação entre atividade antioxidante, fenólicos totais, tanino e fitato nas amostras de caldos de feijões de diferentes genótipos.

Variáveis	Genótipo	Formas de preparo		
		CSM	CCAM	CSAM
EC ₅₀ ^a	IAP	0,022±0,000Bc	0,064±0,004Aa	0,046±0,002Bb
	UI	0,035±0,000Bb	0,029±0,001Bb	0,080±0,004Aa
	BAF	0,059±0,007Aa	0,039±0,002Bb	0,044±0,000Bab
GAE ^b	IAP	4,737±0,039Ca	3,589±0,242Bb	2,575±0,092Bc
	UI	6,400±0,128Ba	3,758±0,220Bb	1,979±0,103Bc
	BAF	8,531±0,346Aa	7,959±0,266Aa	4,351±0,128Ab
Tanino ^c	IAP	3,11Exp ⁻¹⁵ ±0,000Ba	3,55Exp ⁻¹⁵ ±0,000Ba	3,55Exp ⁻¹⁵ ±0,000Ba
	UI	8,482±0,684Aa	0,113±0,045Bb	0,826±0,091Bb
	BAF	7,965±0,593Ac	15,306±1,123Aa	10,564±1,127Ab
Fitato ^d	IAP	1,08±0,11Ba	1,12±0,06Aa	0,94±0,11Aa
	UI	1,01±0,07Ba	0,97±0,06Aa	0,93±0,13Aa
	BAF	1,42±0,19Aa	1,12±0,01Aa	1,11±0,04Aa

A Médias nas colunas com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0.05$)

a Médias nas linhas com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0.05$)

Valores expressos em \pm desvio padrão

^a EC₅₀ – Expresso em g de amostra/ mg de DPPH

^b GAE – Expresso em mg de GAE/ g de amostra

^c Tanino – Expresso em mg de CAE/ 100g de amostra

^d Fitato – Expresso em % de fitato padrão

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson entre atividade antioxidante, fenólicos totais e tanino nas frações grão e caldo dos feijões.

Grão	EC ₅₀ ^a		GAE ^b		Tanino ^c		Fitato ^d	
	Coeficiente de Pearson	P* valor	Coeficiente de Pearson	P* valor	Coeficiente de Pearson	P* valor	Coeficiente de Pearson	P* valor
EC ₅₀	-0,068	0,751	-0,005	0,983	0,374	0,072		
GAE			0,800	<0,0001	0,366	0,028		
Tanino					0,316	0,060		
Fitato								
Caldo								
EC ₅₀	-0,271	0,277	-0,140	0,578	0,095	0,707		
GAE			0,753	<0,0001	0,644	0,0003		
Tanino					0,368	0,059		
Fitato								

$P^* < 0,05$ é estatisticamente significativo (grãos: n = 36; caldos: n = 27)

^a Atividade antioxidante

^b Fenólicos totais

^c Tanino

^d Fitato

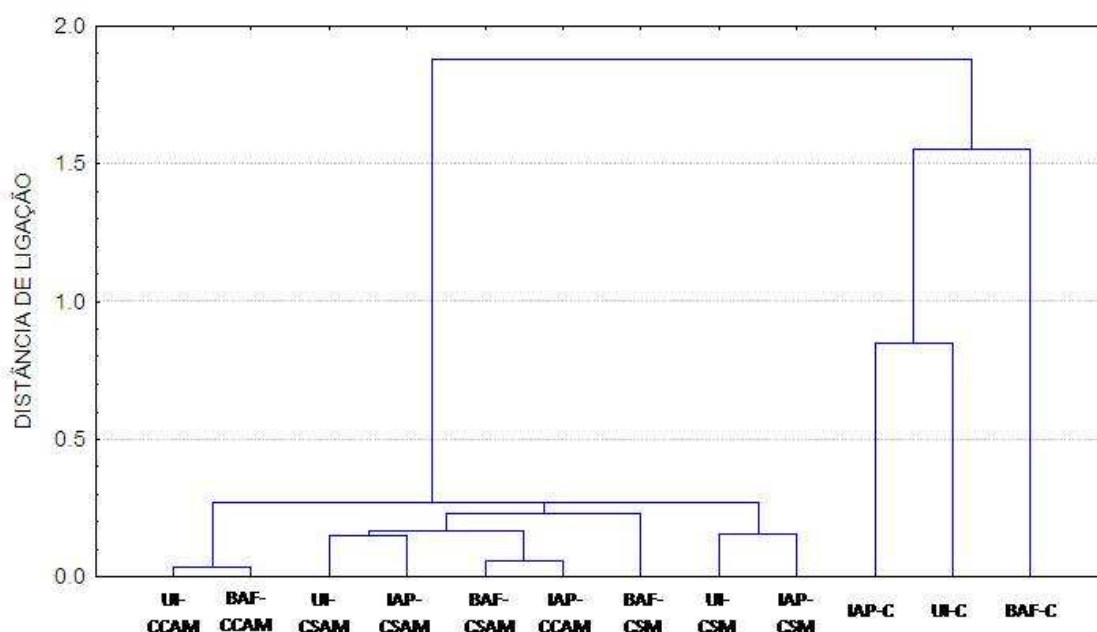


Figura 2. Dendrograma da análise de cluster feito com as variáveis atividade antioxidante, fenólicos totais, tanino e fitato para os 3 genótipos de grãos de feijões preparados de 4 formas diferentes.

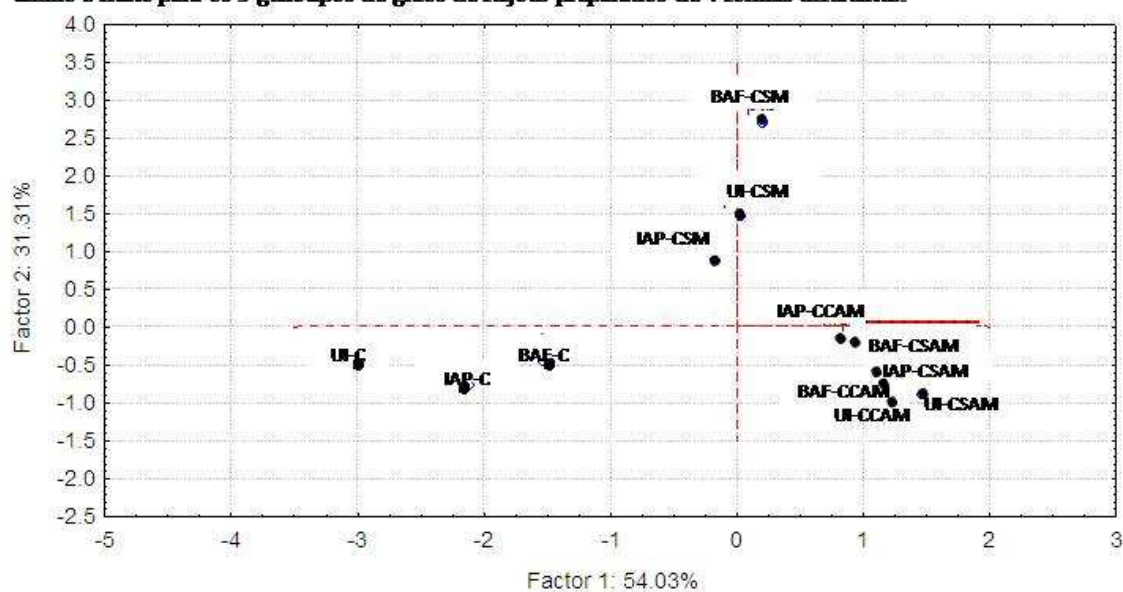


Figura 3. Classificação dos genótipos de grãos de feijões (IAP, BAF e UI) de acordo com as suas formas de preparo (C, CSM, CCAM e CSAM) de acordo com os principais fatores 1 e 2.

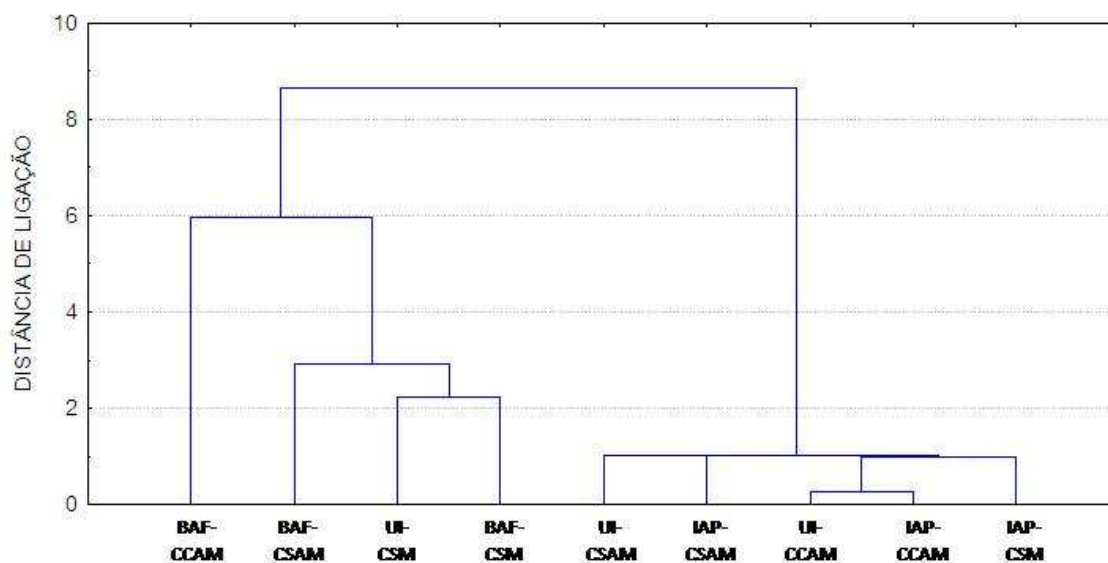


Figura 4. Dendrograma da análise de cluster feito com as variáveis atividade antioxidante, fenólicos totais, tanino e fitato para os 3 genótipos de caldos de feijões preparados de 4 formas diferentes.

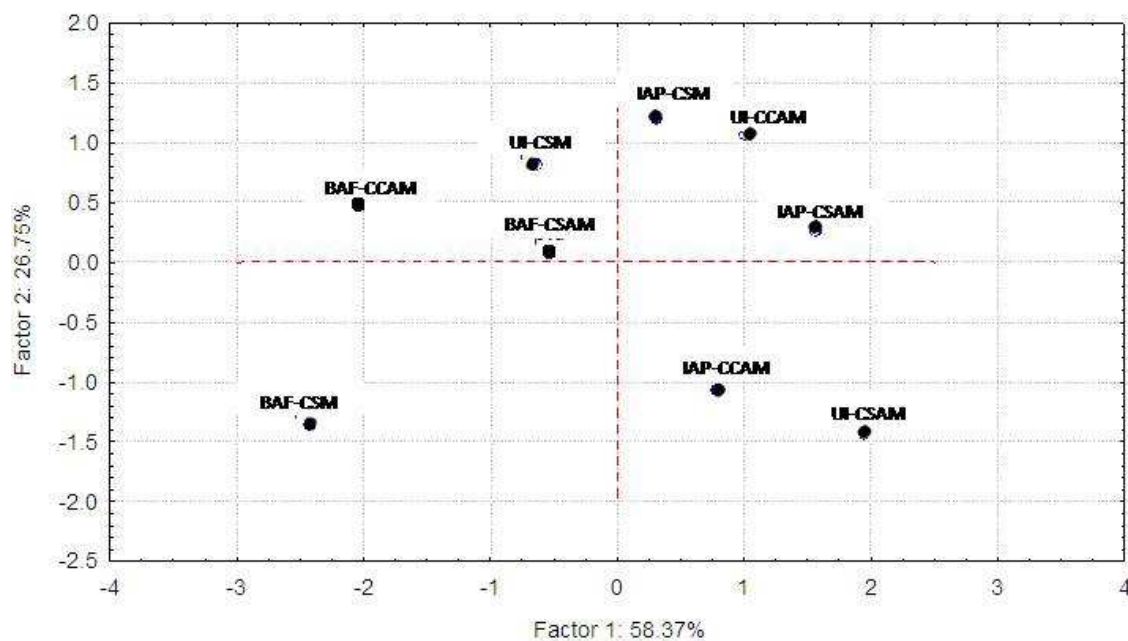


Figura 5. Classificação dos genótipos de caldos de feijões (IAP, BAF e UI) de acordo com as suas formas de preparo (CSM, CCAM e CSAM) de acordo com os principais fatores 1 e 2.

5.2 – Conteúdo de fitato, minerais e composição centesimal de grãos, caldos e água de maceração de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidos à diferentes formas de preparo

* Artigo submetido ao periódico *Journal of Science of Food and Agriculture*

Autores:

Samanta Thomas Valdés¹

Cileide Maria Medeiros Coelho²

David José Michelluti³

Vera Lúcia Cardoso Garcia Tramonte^{4*}

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Nutrição, Campus Universitário Trindade S/N, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil, Fone: 55-48-37219737/ 55-31-99968309.

stnutr@hotmail.com

² Professora Dra. da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, rua Admar Gonzaga 1346, Itacorubi, Florianópolis, SC, Brasil, CEP 88034-001, Fone:55-48-37215330.

cileide@cca.ufsc.br

³ Professor Dr. da Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Departamento de Solos e Recursos Naturais. Avenida Luiz de Camões 2090, Lages, SC, Brasil, CEP 88520-000, Fone: 55-48-21019100

a2djm@cav.udesc.br

^{4*} Autor correspondente - Professora Dra. da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Nutrição, Campus Universitário Trindade, Florianópolis, SC, Brasil, CEP 88040-900, Fone: 55-48-37219737.

velutra@yahoo.com.br

Lista de abreviaturas

IAP: IAPAR-81

UI: Uirapuru

BAF: BAF 55

DPPH: radical 2,2 difenil-1-picriidrazil

C: amostra crúa

CSM: amostra cozida sem maceração

CCAM: amostra cozida com a água de maceração

CSAM: amostra cozida sem a água de maceração

RESUMO

Foram comparados três genótipos de feijões (IAPAR-81, Uirapuru e BAF 55) preparados de quatro formas distintas: cru (C), cozido sem maceração (CSM), cozido com água de maceração (CCAM) e cozido sem água de maceração (CSAM), dos quais foram avaliados acerca da composição centesimal (cinzas, umidade, proteína, lipídeo e carboidrato), minerais (Fe, Zn, Ca, Mg, K e P) e fitato nas frações grão, caldo e água de maceração. As cinzas nos grãos variaram entre 3,65 a 4,25% e nos caldos o genótipo BAF teve os maiores valores em todos os preparos sendo para as amostras C, CSM, CSAM e CCAM, respectivamente. O genótipo BAF teve valores de proteínas e de minerais (Mg, K e P) maiores que os demais genótipos. Não variou o teor de fitato nos grãos de feijões com mesmas formas. No caldo se verificou diferenças no preparo CSM onde o genótipo BAF teve maiores valores médios. As formas de preparo influenciaram as variáveis analisadas, sendo que o preparo B parece preservar melhor a composição do alimento. Outros estudos com mais genótipos e avaliando a biodisponibilidade destes nutrientes deveriam ser realizados.

INTRODUÇÃO

Os fitatos estão presentes naturalmente em grãos e sementes de cereais e leguminosas sendo formados no processo de maturação¹. Em leguminosas, cerca de 80% de fósforo estocado na forma de fitato pode estar complexado com proteínas e/ou minerais². Entre as suas funções fisiológicas, verifica-se a sua importância no estoque de fósforo atuando como uma reserva energética, depósito de cátions e de grupos fosfato reativos³. Também é responsável pela manutenção da planta no início da dormência minimizando o gasto energético⁴.

Em condições fisiológicas normais, o fitato apresenta grande capacidade de ligar-se a proteínas e íons metálicos formando complexos insolúveis. Dentre estes minerais, encontram-se o cobre, zinco, cálcio, ferro, manganês e cobalto¹. Desta forma, pode ser alterada a solubilidade e a função destes compostos, prejudicando a digestão e a absorção dos mesmos. A fosforilação do fitato está diretamente relacionada com a interação com minerais e proteínas, sendo que quanto maior for a fosforilação mais prejudicada será a biodisponibilidade destes nutrientes⁵. Por isso muitas vezes o fitato é considerado um antinutriente⁶. Por outro lado, este composto pode exercer atividade antioxidante ao complexar-se com ferro, reduzindo a formação de radicais livres e a peroxidação de membranas, o que poderia apresentar poder anticarcinogênico⁷. Por isso, verifica-se o aumento do interesse na manipulação de fitato em grãos em todo o mundo, seja para aumentar ou diminuir as suas concentrações nos alimentos.

O conteúdo de fitato em sementes depende muito do ambiente de cultivo⁸, da dose de fertilizantes aplicada, do armazenamento, dos métodos de determinação e principalmente pelo nível de fósforo no solo⁹. Em feijões estes mesmos determinantes também são verificados¹⁰ havendo grande variabilidade genética do seu conteúdo. Para controlar os níveis de fitato a manipulação gênica dos grãos parece ser eficiente¹¹. Tem-se buscado genótipos com teor de fitato reduzido e/ou aumentado sem que ocorram alterações nos níveis de fósforo (P), proteína e minerais no grão¹².

Assim, este trabalho objetivou comparar três genótipos de feijões preparados de 4 formas distintas, sendo avaliada a composição centesimal e o teor de minerais (Fe, Zn, Ca, Mg, K e P) nas frações grão, caldo e água de maceração.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção das amostras

Foram selecionados três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), sendo IAPAR-81 (IAP) e Uirapuru (UI) que são muito consumidos no Brasil, e BAF 55 (BAF) que é um genótipo do Banco Ativo de Sementes. As amostras foram fornecidas pelo Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), Lages, Santa Catarina, Brasil. Todos os genótipos foram plantados e colhidos em 2009.

O plantio foi realizado em propriedade particular na cidade de Lages, localizada no Planalto Sul do estado de Santa Catarina, com 27° 52'30" de latitude sul e 50° 18'20" de longitude oeste, com altitude média de 930 m¹³. A semeadura foi feita manualmente com 12 sementes por metro linear, em blocos ao acaso com três repetições, em quatro fileiras com 2 metros de comprimento espaçadas com 0,5 metros entre si. A adubação realizada previamente à semeadura foi de 20 kg.ha⁻¹ de nitrogênio (N), 73 kg.ha⁻¹ de (P₂O₅) kg.ha⁻¹ e (K₂O) de kg.ha⁻¹, de acordo com a análise do solo e recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – CQFS-RS/SC¹⁴. A adubação de cobertura foi realizada duas vezes com 30 kg de N por hectare. O controle de plantas invasoras e insetos foram realizados manualmente e com aplicação de 500 g.ha⁻¹ de metamidofós, respectivamente. As amostras foram colhidas, secas e padronizadas com aproximadamente 12% de umidade.

Os grãos em triplicata de cada genótipo foram homogeneizados, divididos em quatro grupos de acordo com as formas de preparo, acondicionados em sacos de polietileno e armazenados a 10°C antes do experimento. Para o experimento as amostras dos três genótipos de feijões foram preparadas de quatro formas sendo estas: feijão cru (C), cozido sem maceração (CSM), cozido com a água de maceração (CCAM) e cozido sem a água de maceração (CSAM). Para a realização das análises os grãos foram separados dos caldos, sendo analisados separadamente. Além disso, a água de maceração foi analisada nas amostras maceradas e cozidas com outra água.

Preparação das amostras

Os grãos submetidos a quatro formas de preparo, sendo que a amostra crua foi seca em estufa ventilada a 60°C por 48 horas, depois foi triturada até a obtenção de um pó homogêneo, acondicionada em embalagens estéreis e armazenada no escuro até a realização das análises; a amostra CSM foi cozida sem maceração prévia em 1,5L de água destilada, a cocção foi feita em panela de pressão doméstica, durante 30 minutos após a saída constante de vapor pela válvula de pressão; a amostra CCAM foi macerada em 1,5L de água destilada durante 8 horas a 25°C, depois foi cozida com o restante da água de remolho não absorvida em panela de pressão doméstica, durante 30 minutos após a saída constante de vapor pela válvula de pressão; a amostra CSAM foi preparada nas mesmas condições já mencionadas, porém a água de maceração foi retirada sendo acrescido o mesmo volume de água não absorvida no remolho para realizar o cozimento.

Após a cocção o caldo foi separado do grão com auxílio de peneira doméstica de plástico (15 cm de diâmetro) desmineralizada, sendo secos, triturados e acondicionados em embalagens plásticas estéreis no escuro para posteriores análises. A água de maceração da amostra CSAM também foi acondicionada em embalagens estéreis a -18°C até o momento das análises.

Fitato

O fitato foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Latta e Eskin¹⁵ baseada na formação de um composto ferro-ácido-sulfossalicílico de cor azul escura devido ao reagente Wade. Na presença de fitato, o ferro é removido e a coloração azul diminui de intensidade. A amostra foi extraída com 10 mL de HCl 2,4% sendo agitada por 3 horas. Depois o extrato foi centrifugado (20 minutos a 6000 rpm). Num tubo contendo 8 mL de água ultrapura e 3 mL da resina preparada, foi adicionado 2 mL do sobrenadante, foi agitado por 1 hora e novamente centrifugado (10 minutos a 6000 rpm). O sobrenadante foi descartado, foi adicionado 8 mL de NaCl 0,07% para a remoção de impurezas, como fósforo inorgânico e proteínas. Esta solução foi descartada e foram adicionados 8 mL de NaCl 0,07%, foi agitado por 1 hora e depois centrifugado (10 minutos a 3000 rpm). Para a realização da leitura foram utilizados 3 mL do sobrenadante com 2 mL do reagente Wade, novamente centrifugados (10 minutos a

6000 rpm). A leitura foi feita em espectrofotômetro (Spekol – UV Vis) com comprimento de onda de 500 nm.

Determinação de minerais

Os equipamentos e utensílios utilizados no experimento foram de material inox e/ou recipientes plásticos desmineralizados. A digestão nitro-perclórica foi feita para a determinação de zinco (Zn), ferro (Fe) e fósforo (P). Foi pesado 500 mg de amostra moída em tubos de digestão, foi adicionado ácido nítrico e ácido perclórico concentrados na proporção de 2:1. Os tubos foram colocados em blocos digestores à temperatura inicial de 160 °C durante 30 minutos, até o volume ser reduzido à metade, em seguida a temperatura foi gradualmente aumentada até 210 °C, até a obtenção de uma alíquota transparente. Os tubos foram retirados do bloco para esfriar e completar o volume com água destilada para 20 mL¹⁶.

Para a determinação de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) foi realizada a digestão sulfúrica. Foram pesadas 200 mg de amostra moída em tubos de digestão, foi adicionado 0,7 g de mistura catalítica (90% de sulfato de sódio, 9% de sulfato de cobre e 1% de selênio), 2 mL de ácido sulfúrico concentrado e 1 mL de água oxigenada 30%. Os tubos foram colocados em blocos digestores à temperatura inicial de 180 °C até atingirem 375 °C, para tornar obtenção de uma amostra transparente. Posteriormente, os tubos foram retirados do bloco digestor para esfriar e completar com água destilada para um volume final de 50 mL¹⁷.

Para a preparação das curvas padrão de cada mineral (Fe, Zn, Ca, Mg, K, e P), os padrões primários foram secos em estufa a 105°C, por duas horas e pesados em balança de precisão.

Determinação da composição centesimal

Foi realizada em triplicata e os teores de umidade, proteína, lipídeos e cinzas foram determinados segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz¹⁸, adaptada a partir da metodologia proposta pela Association of Official Analytical Chemists¹⁹. O teor de carboidratos foi estimado por diferença.

Análise estatística

Os resultados foram analisados de acordo com o delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, formado pelas combinações dos três genótipos com as quatro formas de cocção, com três repetições. Foi adotado um modelo linear de análise da variância. As estimativas dos parâmetros do modelo foram baseadas na teoria geral de modelos lineares²⁰⁻²¹ e testadas através do teste F. As comparações entre as médias dos genótipos em cada forma de cocção e entre as formas de cocção em cada genótipo foram efetuadas com o uso do teste de Bonferroni. Também foi conduzido um estudo de associação linear entre as variáveis analisadas utilizando o coeficiente de correlação momento-produto de Pearson²². Para todos os testes efetuados foi considerado o nível mínimo de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de Fitato

O percentual de fitato padrão (**Tabela 1**) não variou nos grãos de feijões com mesmas formas de preparo nos diferentes genótipos. Na fração caldo se verificou diferenças no preparo CSM onde o genótipo BAF teve maiores valores ($1,42 \pm 0,19$) do que IAP ($1,08 \pm 0,11\%$) e UI ($1,01 \pm 0,07\%$). Quando comparados os preparos diferentes com mesmo genótipo, IAP apresentou as maiores perdas nos grãos de preparo CSAM e UI teve diferenças nos preparos CCAM e CSAM quando comparados com as amostras de feijões crus (CSM). Estes resultados contribuem com os achados de Nergiz e Gökgöz²³ que verificaram reduções de até 58,38% de fitato quando amostras de feijões foram maceradas e cozidas. Esta diferença maior pode ser explicada devido ao maior tempo de maceração (12 h) que teria aumentado a lixiviação de fitato para o meio²⁴, além de ter sido drenado todo o caldo excedente da cocção para a realização da análise. Em um estudo semelhante²⁵ também foi encontrado diminuição de até 28% de fitato em grãos de feijões preto macerados. Segundo pesquisa realizada por Barampama e Simard²⁶ os grãos macerados e cozidos tiveram a diminuição de 47,18 % quando comparados aos grãos crus. Em uma análise com cereais e legumes macerados por 24 h a 30° C foi detectada a diminuição de 17 a 28% do conteúdo de fitato²⁷.

Comparando as diferentes formas de preparo em um mesmo genótipo, se constata diminuição do conteúdo de fitato nas amostras que foram maceradas nos genótipos UI e IAP. Isso porque durante a maceração ocorrem mudanças na permeabilidade da membrana dos grãos aumentando a absorção de água, com isso a fosfatase intrínseca é ativada provocando a hidrólise e o aumento da perda de fitato para o meio²⁸. Além disso, ocorre lixiviação de íons de fitato na água devido ao gradiente de concentração maior que provoca a difusão deste nutriente na água²⁹.

Teor de minerais

Quando comparados os três genótipos entre si preparados de mesma maneira (**Tabela 2**) não se verificam diferenças nos teores Fe, Zn e Ca tanto no grão quanto no caldo. Isso porque a composição de minerais nos alimentos está diretamente ligada à fertilidade do solo e características das plantas e, para minimizar estes efeitos sobre os genótipos utilizados neste experimento, os feijões foram cultivados em mesmo ambiente com adubação padronizada³⁰. Na fração caldo com preparo CSM, Mg apresentou maiores valores médios no genótipo BAF ($6,96 \pm 0,69$ g/kg), seguido de UI ($5,21 \pm 0,30$ g/kg) e IAP ($4,61 \pm 0,82$ g/kg). Para o K no caldo os valores no preparo CSM também apresentaram diferenças entre os três genótipos, sendo que os feijões UI ($35,75 \pm 2,87$ g/kg) e BAF ($40,15 \pm 2,92$ g/kg) tiveram valores médios maiores do que IAP ($24,2 \pm 0,19$ g/kg). Resultados semelhantes foram obtidos no caldo de mesmo preparo para o P onde BAF ($7,57 \pm 0,73$ g/kg) teve maiores valores, seguido por UI ($6,22 \pm 0,24$ g/kg) e IAP ($5,56 \pm 0,09$ g/kg).

Ao comparar os grãos com diferentes formas de preparo em um mesmo genótipo somente Ca apresentou diferenças no grão do genótipo IAP com valores médios maiores no preparo CCAM ($2,7 \pm 0,51$ g/kg), os preparos C ($2,13 \pm 0,16$ g/kg) e CSAM ($1,94 \pm 0,22$ g/kg) tiveram valores intermediários, e o preparo BCSM ($1,73 \pm 0,16$ g/kg) teve os menores valores. Esta mesma relação já havia sido descrita anteriormente³¹. Outros estudos semelhantes colaboram com os achados em relação ao teor de Zn^{32,33}. Comparando os caldos de mesmo genótipo com preparos distintos, se verifica que para Fe nos 3 genótipos o preparo B teve valores médios maiores. Esta mesma relação foi verificada para Mg no genótipo BAF e para K no genótipo UI. De acordo com Oliveira *et al.*³⁴, os preparos com

aproveitamento da água de maceração não modificaram os teores de minerais nos grãos e nos caldos dos feijões testados. Outro experimento³⁵ discordou com estes resultados onde foi verificado o incremento de cálcio, ferro, magnésio e zinco nos caldos dos feijões quando a água de maceração foi utilizada para o cozimento.

Composição centesimal

Na análise da água de remolho (**Tabela 3**) os percentuais de umidade foram de 99,70% no genótipo IAP, 99,68% no genótipo UI e 99,77% no genótipo BAF. Os demais elementos da composição centesimal formam traços. Não foram detectados Fe, Zn e P na água e em relação aos demais minerais verificou-se as seguintes leituras (em g/kg) para os genótipos IAP, UI e BAF, respectivamente: Ca – 97,89; 125,85 e 152,73; Mg – 5,49; 2,89 e 14,57; K – 29,42; 33,00 e 30,80. O teor de fitato padrão não foi dosado na água. A escassez de estudos que avaliem a água de remolho dificulta a comparação dos resultados obtidos.

Na composição centesimal (**Tabela 3**), o percentual de cinzas nos grãos não apresentou diferenças quando comparados os genótipos entre si e as formas de preparo num mesmo genótipo, variando entre 3,65 a 4,25%. Já na fração caldo foram verificadas alterações, no preparo CSM sendo que BAF teve valores médios maiores ($10,52 \pm 0,28\%$) que UI ($7,83 \pm 1,02\%$), seguido por IAP ($6,01 \pm 0,12\%$). No preparo CCAM, BAF novamente teve valores de cinzas no caldo maiores ($7,32 \pm 0,47\%$), IAP ($5,72 \pm 0,10\%$) e UI ($5,38 \pm 0,23\%$) foram menores e com médias iguais entre si, e no preparo CSAM BAF também foi maior ($5,59 \pm 0,16\%$), UI teve valores intermediários ($5,16 \pm 0,35\%$) seguido por IAP ($4,26 \pm 0,04\%$).

De acordo com Cardenaz *et al.*³¹, os valores de cinzas nos grãos de feijões com preparo A foram semelhantes tendo percentuais entre 3,36 a 4,23. Porém, foram encontrados menores teores de cinzas quando os feijões foram cozidos. Barampama e Simard³² encontraram os seguintes valores para análise de cinzas em feijões com preparo C, CSM, CCAM e CSAM, respectivamente: $3,06 \pm 0,01\%$; $2,70 \pm 0,02\%$; $2,33 \pm 0,06\%$ e $2,45 \pm 0,01\%$. Os valores elevados de cinzas nos caldos poderiam ser explicados pela provável liberação mineral de alguns complexos presentes em feijões, como fitato-

mineral, capaz de substituir perdas minerais por difusão na água. Além de variações entre os genótipos utilizados e o ambiente de cultivo³⁶, as diferenças entre as pesquisas podem ser explicadas pelo preparo das amostras que estes experimentos^{31,32} foram feitos com a secagem do caldo juntamente com o grão.

Verifica-se nos grãos dos três genótipos analisados que a quantidade de proteína não diferiu quando se comparam as quatro formas de preparo dentro em um mesmo genótipo. Porém quando são comparados os genótipos diferentes com mesma forma de preparo (**Tabela 3**), BAF teve valores protéicos médios maiores nos grãos crus (C) ($26,24 \pm 0,29\%$) e cozidos sem maceração (CSM) ($26,51 \pm 0,62\%$) que os genótipos IAP ($25,90 \pm 0,89\%$; $25,35 \pm 0,37\%$) seguido por UI ($24,96 \pm 0,03\%$; $25,15 \pm 0,12\%$). BAF ($26,45 \pm 0,33\%$) juntamente com IAP ($26,22 \pm 0,22\%$) tiveram os valores no preparo CSAM maiores que UI ($24,26 \pm 0,22\%$).

No caldo, o preparo CSM teve valores maiores no IAP ($24,18 \pm 0,23\%$), seguido por UI ($22,17 \pm 0,73\%$) e BAF ($21,82 \pm 0,02\%$); no preparo CSAM o genótipo IAP ($28,21 \pm 2,04\%$) teve valores médios maiores do que UI ($23,57 \pm 0,44\%$) e BAF ($24,71 \pm 0,03\%$). Para Pujolà *et al.*³⁷, que analisaram nove genótipos diferentes crus e cozidos, os feijões preparados crus tiveram valores protéicos maiores, os quais variaram entre 23,4 a 32% e as amostras preparadas de maneira semelhante ao preparo cozido sem a água de maceração variaram entre 26,7 e 36% de proteína.

Os valores de lipídeos nos grãos (**Tabela 3**) não diferiram entre os genótipos com mesma forma de preparo, porém quando as quatro amostras do genótipo UI foram comparadas verificou-se maiores valores nos preparos CCAM ($2,45 \pm 0,04\%$) e CSAM ($2,64 \pm 0,30\%$), seguidos por CSM ($2,00 \pm 0,25\%$) e o preparo C teve os menores valores médios ($1,41 \pm 0,49\%$). Na fração caldo, novamente o genótipo UI teve diferenças no preparo CSM. Quando foram cruzados os valores dos diferentes genótipos com o preparo CCAM, a amostra UI teve valores médios maiores de lipídeos ($3,19 \pm 0,27\%$), seguido por IAP ($1,58 \pm 0,52\%$) e BAF ($1,37 \pm 0,43\%$). Numa análise semelhante³⁸ foram verificadas diferenças no percentual de lipídeos entre as formas de preparo no feijão carioca, sendo que os feijões cozidos sem maceração prévia e com a água de maceração apresentaram valores significativamente maiores que as amostras cozidas sem a água de maceração ($p < 0,05$). Neste ensaio os caldos não foram separados dos

grãos, o tempo de cocção não é descrito e o de maceração foi maior (12 h). Estes fatores podem ter contribuído com as variações encontradas.

O percentual de carboidratos (**Tabela 3**) nos grãos de feijões crus teve valores médios diferentes e decrescente nos genótipos UI, IAP e BAF: $69,54 \pm 0,36$, $68,18 \pm 1,22$ e $67,40 \pm 0,94$, respectivamente. Quando os feijões foram cozidos esses valores tiveram alterações apenas para os grãos com preparo CSAM, onde genótipo UI ($69,37 \pm 0,78\%$) teve valores médios maiores, seguido por IAP ($67,48 \pm 0,75\%$) e BAF ($67,25 \pm 0,98\%$). No caldo quando comparados diferentes genótipos com mesma forma de preparo, a forma CSM teve valores maiores para o genótipo UI ($68,56 \pm 1,25\%$), seguido por IAP ($67,59 \pm 0,59\%$) e por último BAF ($65,68 \pm 0,35\%$). Em um experimento realizado com feijões de genótipos vermelho e branco o percentual de carboidratos totais foi semelhante³⁹, sendo que o feijão vermelho cru apresentou $64,3 \pm 1,16\%$ de carboidrato e o feijão branco teve $70,46 \pm 0,7\%$. O grão cozido apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao cru, sendo que os feijões vermelhos e brancos reduziram os seus teores para $33,18 \pm 2,07\%$ e $35,32 \pm 2,03\%$ de carboidrato, respectivamente. Isso pode ser devido a variações de genótipo, ao tempo de maceração (24h) e de cocção maiores (2h).

Na **Tabela 4** na fração grão houve correlação positiva entre os minerais Fe e Zn ($p = 0,001$), Zn e P ($p < 0,0001$) e Ca e K ($p = 0,0272$). No caldo Fe e Mg ($p = 0,0004$), Fe e K ($p < 0,0001$), Fe e P ($p < 0,0001$), Fe e proteína ($p = 0,0132$), Fe e cinza ($p < 0,0001$), Fe e fitato ($p = 0,0086$), Mg e K ($p < 0,0001$), Mg e P ($p = 0,0007$), Mg e Cinza ($p < 0,0001$), Mg e Fitato ($< 0,0001$), P e cinza ($p < 0,0001$), cinza e fitato ($p < 0,0001$) tiveram correlação positiva enquanto que Mg e proteína ($p = 0,0029$), P e proteína ($p = 0,0204$), P e fitato ($p = 0,0006$), proteína e cinza ($p < 0,0001$), proteína e fitato ($p = 0,0405$) tiveram correlação negativa.

Assim, nossos dados indicam que as formas de preparo influenciam a composição centesimal, as concentrações de minerais e de fitato nos feijões analisados. Dentre os genótipos analisados, BAF apresentou melhores teores protéicos e de minerais em relação a Mg, K e P. Em relação a forma de preparo, os procedimentos utilizados na cocção CSM parecem preservar melhor a composição nutricional do alimento. Outros estudos com mais genótipos e avaliando a biodisponibilidade destes

nutrientes deveriam ser realizados para determinar a quantidade real dos mesmos disponíveis à absorção após o preparo do alimento.

Agradecimentos

Agradeço à Capes pelo apoio e disponibilização de verbas ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Santa Catarina, à professora Sandra Regina Paulon Avancini pelo auxílio para obtenção de recursos, aos mestrandos Márcio Zílio e Aureanna Negrão pela ajuda na execução das análises e à Universidade do Estado de Santa Catarina por ceder espaço e equipamentos para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 Torre M, Rodriguez AR e Saura-Calixto F, Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. *Food Sci Nutr* **1**:1-22 (1991).
- 2 Zhou JR e Erdman JW, Phytic acid in health and disease. *Crit Rev Food Sci Nutr* **53**:495-508 (1995).
- 3 Cheryan M. Phytic acid interactions in food systems. *Crit Rev Food Sci Nutr* **13**:297-335 (1980).
- 4 Reddy NR, Sathé SK e Salunkhe DK. Phytates in cereals and legumes. *Adv Food Res* **28**:1-92 (1982).
- 5 Sandberg AS, Carlsson NG e Svanberg U, Effect of inositol tri-, tetra-, and hexaphosphates on in vitro estimation of iron available. *J Food Sci* **54**:159-161 (1989).
- 6 Rickard SE e Thompson LU. Interactions and biological effects of phytic acid, in *Antinutrients and Phytochemicals in Food*, ed. by Shaidi F. Washington DC, pp. 294-312 (1997).
- 7 Thomson LU e Zhang L, Phytic acid and minerals: effect on early markers of risk for mammary and colon carcinogenesis. *Carcin* **12**:2041-2045 (1991).
- 8 Sathé SK, Dry bean protein functionality. *Crit Rev Biotech* **22**:175-223 (2002).

- 9 Raboy V e Dickinson DB, Phytic acid levels in seeds of *Glycine max* and *G.soja* as influenced by phosphorus status. *Crop Sci* **33**:1300-1305 (1993).
- 10 Coelho CMM, Coimbra JLM, Souza CA, Bogo A e Guidolin AF. Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciêñ Rural* **37**:1241-1247 (2007).
- 11 Raboy V, Young KA, Dorsch JÁ e Cook A, Genetics and breeding of seed phosphorus and phytic acid. *J Plant Physiol* **158**:489-497 (2001).
- 12 Coelho CMM e Benedito VA, Seed development and reserve compound accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Seed Sci Biotech.* **2**:42-52 (2008).
- 13 EPAGRI, *Atlas climatológico do estado de Santa Catarina*. Disponível: <http://ciram.epagri.rct-sc.br>. Lages, Santa Catarina, Brazil (2006).
- 14 Comissão de Química e Fertilidade do Solo – CQFS-RS/SC, *Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 10 ed, Ed by SBSCS-Núcleo Regional Sul/UFRGS, Porto Alegre (2004).
- 15 Latta, M.; Eskin, M. A simple method for phytate determination. *J. Agric. Food Chem.* **1980**, **28**, 1313-1315.
- 16 Mallavolta E, Vitti GC e Oliveira AS, *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2 (Ed.). Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo, 201p (1989).
- 17 Tedesco MJ, Volkweiss SJ e Bohnen H, *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p (1985).
- 18 Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz (2005).

- 19 AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. In: *Cereal Foods*, Washington, DC. 14 (Ed.). **43**, p.399 (1985).
- 20 Little RC, Freund RJ e Spector PC, *SAS System for Linear Models*. 3. ed. SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA. 329 (1991).
- 21 Littell RC, Milliken GA, Stroup WW, Wolfinger RD e Schabenberger O. *SAS[®] for Mixed Models*. 2. ed. SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA. 834 (2006).
- 22 Steel RGD, Torrie JH e Dickey DA. *Principles and procedures of statistics – a biometrical approach*. 3. Ed. McGraw-Hill : New York, USA. 666 (1997).
- 23 Nergiz C e Gökğöz E, Effects of traditional cooking methods on some antinutrients and in vitro protein digestibility of dry bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Turkey. *Int J Food Sci Tech* **42**:868-873 (2007).
- 24 Barroga FC, Laurena AC e Mendonza EMT. Polyphenols in Mung beans (*Vigna radiata* L. Wilczek): determination and removal. *J. Agric. Food. Chem* **33**:1006-1009 (1985).
- 25 Kataria A, Chauhan BM e Gandhi S, Effect of domestic processing and cooking on the antinutrients of black gram. *Food Chem* **30**:149-156 (1988).
- 26 Barampama Z e Simard RE, Oligosaccharides, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing. *J Food Sci* **59**:833-838 (1994).
- 27 Lestienne I, Verniere I, Mouquet C, Picq C e Treche S, Effect of soaking whole cereal and legume seeds on iron, zinc and phytate contents. *Food Chem* **89**:421-425 (2005).
- 28 Khokhar S e Chauhan BM, Antinutritional factors in Moth Bean (*Vigna aconitifolia*): Varietal differences and effects of methods of domestic processing and cooking. *J Food Sci* **51**:591-594 (1986).
- 29 Costa de Oliveira A, Queiroz KS, Helbig E, Reis SMPM, Carraro F, O processamento doméstico do feijão-comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos e taninos, no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose, estquiiose e verbascose. *Arch Latin Nutr* **51**:276-283 (2001).

- 30 Miller DD, Minerals, in *Food Chemistry*, ed. By Fennema OR. Marcel Decker, New York, pp.641-546 (1996).
- 31 Ramírez-Cárdenaz L, Leonel AJ e Costa NMB, Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão-comum. *Cie Tec Alim* **28**:200-213 (2008).
- 32 Barampama Z e Simard RE, Effects of soaking, cooking and fermentation on composition *in vitro* starch digestibility and nutritive value of common beans. *Plant Food Hum Nutr* **48**:349-365 (1995).
- 33 Sgarbieri VC, Composition and nutritive value of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev Nutr Diet* **60**:132-198 (1989).
- 34 Oliveira VR, Ribeiro ND, Jost E e Londero PMG, Qualidade nutricional e microbiológica de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido com ou sem água de maceração. *Cien Agrotec* **32**:1912-1918 (2008).
- 35 Derivi SCN, Mendes MHM, Caldas LGA, Toehwé LH, Almeida CB e Martins DV, Composição de caldos de feijões utilizados em dietas líquidas. *Hig Alim* **20**:48-53 (2006).
- 36 Guzmán-Maldonado SH, Acosta-Gallegos J e Paredes-López O. Protein and mineral content of a novel collection of wild and weedy common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Sci Food Agric* **80**:1874-1881 (2000).
- 37 Pujolà M, Farreras A e Casañas F. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chem* **102**:1034-1041 (2007).
- 38 Toledo TCF e Canniatti-Brazaca SG, Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. *Cien Tec Alim* **28**:355-360 (2008).
- 39 Rehman Z, Salariya AM e Zafar SI, Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chem* **73**:351-355 (2001).

Tabela 1. Comparação de percentual de fitato padrão nas amostras de grão e caldo de feijões de diferentes genótipos com mesma forma de preparo.

Genótipos	Grãos				Caldos		
	C	CSM	CCAM	CSAM	CSM	CCAM	CSAM
IAP	1,32±0,00Aa	12,9Aab	22,7Aab	34,1Ab	1,08±0,11Ba	1,12±0,06Aa	0,94±0,11Aa
UI	1,19±0,00Aa	0Aa	37,0Ab	39,5Ab	1,01±0,07Ba	0,97±0,06Aa	0,93±0,13Aa
BAF	1,07±0,01Aa	1,9Aa	26,2Aa	10,3Aa	1,42±0,19Aa	1,12±0,01Aa	1,11±0,04Aa

Fitato – Expresso em % de perda de fitato padrão, exceto nas amostras C e nos caldos expressos em % de fitato padrão

Tabela 2. Comparação entre teor de minerais nas amostras de grãos, caldos e água de maceração dos três genótipos analisados

Minerais	Genótipo	Grãos					Água de maceração	Caldos		
		C	CSM	CCAM	CSAM	CSM		CCAM	CSAM	
Fe (mg/kg)	IAP	39.9±4.0Aa	74.7±14.5Aa	74.7±2.9Aa	70.6±2.9Aa	Tr	142.4±4.1Aa	86.3±6.3Ab	101.4±5.8Aab	
	UI	72.7±11.6Aa	76.8±5.8Aa	60.4±4.1Aa	82.9±8.7Aa	Tr	164.3±6.6Aa	93.2±5.8Ab	72.7±4.1Ab	
	BAF	58.3±8.7Aa	82.9±2.9Aa	87.0±2.9Aa	72.7±5.8Aa	Tr	183.4±5.8Aa	119.8±2.9Ab	109.6±23.2Aab	
Zn (mg/kg)	IAP	39.5±3.5Aa	45.6±1.0Aa	45.6±3.8Aa	48.6±2.4Aa	Tr	66.2±2.9Aa	44.9±8.2Aa	59.5±9.6Aa	
	UI	43.5±8.2Aa	38.5±4.3Aa	41.8±2.4Aa	46.3±2.9Aa	Tr	49.4±2.7Aa	42.5±2.4Aa	42.9±4.7Aa	
	BAF	45.6±2.9Aa	46.9±10.6Aa	45.3±2.1Aa	35.4±9.6Aa	Tr	63.9±4.8Aa	49.9±3.7Aa	44.6±4.3Aa	
Ca (g/kg)	IAP	2.1±0.2Aab	1.7±0.2Ab	2.7±0.5Aa	1.9±0.2Aab	152.7±0.1A	1.8±0.1Aa	1.5±0.3Aa	1.6±0.4Aa	
	UI	2.2±0.3Aa	2.3±0.3Aa	2.4±0.5Aa	2.0±0.3Aa	97.9±0.1C	1.5±0.3Aa	1.5±0.1Aa	1.4±0.1Aa	
	BAF	2.1±0.7Aa	2.2±0.3Aa	2.7±0.2Aa	2.0±0.4Aa	125.8±0.1B	1.7±0.1Aa	1.5±0.1Aa	1.3±0.2Aa	
Mg (g/kg)	IAP	3.1±0.1Aa	2.9±0.2Aa	3.3±0.9Aa	3.1±0.6Aa	14.6±0.0A	4.6±0.8Ba	4.8±0.6Aa	3.9±0.1Aa	
	UI	3.2±0.0Aa	3.0±0.5Aa	2.8±0.5Aa	3.1±0.1Aa	5.5±0.0B	5.2±0.3ABa	4.3±0.8Aa	4.1±0.5Aa	
	BAF	2.0±1.7Aa	2.9±0.0Aa	2.9±0.3Aa	2.9±0.6Aa	2.9±0.0C	7.0±0.7Aa	5.0±0.6Ab	4.3±0.6Ab	
K (g/kg)	IAP	19.6±1.1Aa	19.0±0.7Aa	19.5±1.9Aa	19.6±0.2Aa	30.8±0.1A	24.3±0.2Ba	25.1±4.0Aa	23.2±1.1Aa	
	UI	20.9±1.4Aa	19.0±2.0Aa	19.6±0.3Aa	19.0±0.7Aa	29.4±0.1A	35.8±2.9Aa	24.2±1.8Ab	21.1±0.6Ab	
	BAF	22.1±2.0Aa	18.2±0.3Aa	20.5±0.2Aa	18.1±1.3Aa	33.0±0.1A	35.9±2.9Aa	30.2±3.2Aab	23.4±2.4Ab	
P (g/kg)	IAP	4.9±0.4Aa	4.6±0.7Aa	4.4±0.7Aa	5.3±0.3Aa	Tr	5.6±0.1Ba	5.1±0.8Aa	5.2±0.3Aa	
	UI	5.0±0.6Aa	4.6±0.4Aa	4.6±0.4Aa	4.5±0.6Aa	Tr	6.2±0.2ABa	5.2±0.2Aa	5.0±0.8Aa	
	BAF	4.4±0.4Aa	4.7±0.5Aa	5.3±0.2Aa	4.7±0.6Aa	Tr	7.6±0.7Aa	6.1±0.2Aa	5.9±0.7Aa	

A Médias nas colunas com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0.05$)

a Médias nas linhas com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0.05$)

Valores expressos em \pm desvio padrão

Tabela 3. Comparação da composição centesimal dos grãos, caldos e água de maceração dos 3 genótipos analisados

Variáveis	Genótipo	Grãos					Água de maceração	Caldos		
		C	CSM	CCAM	CSAM	CSM		CCAM	CSAM	
Umidade (%)	IAP	11.6±0.2Ac	64.9±0.5Bb	71.3±0.0Aa	70.1±0.2Aa	90.1±0.2Bc	92.7±0.1Ba	91.9±0.0Ab		
	UI	11.6±0.2Ac	68.0±0.5Ab	71.0±0.3Aa	68.1±1.8Bb	99.7±0.0A	93.3±0.1Aa	90.6±0.4Bb		
	BAF	11.7±0.2Ac	67.4±0.4Ab	68.8±0.5Bab	70.3±0.4Aa	99.7±0.1A	93.7±0.3Aa	91.0±0.1Bb		
Cinza (g%)	IAP	4.1±0.5Aa	4.1±0.2Aa	3.7±0.1Aa	4.3±0.0Aa	Tr	5.7±0.1Ba	4.3±0.0Bb		
	UI	4.1±0.2Ab	3.7±0.1Aab	3.9±0.2Aa	3.7±0.3Aa	Tr	7.8±0.1Ba	5.2±0.3ABb		
	BAF	4.1±0.4Aa	3.9±0.2Aa	4.1±0.1Aa	3.9±0.3Aa	Tr	7.3±0.5Ab	5.6±0.2Ac		
Lípido (g%)	IAP	1.8±0.0Aab	1.3±0.3Ab	2.0±0.3Aa	2.0±0.6Aab	Tr	1.6±0.5ABa	1.8±0.3Aa		
	UI	1.4±0.5Aa	2.0±0.2Aa	2.4±0.0Aa	2.6±0.3Aa	Tr	3.2±0.3Aa	3.4±0.5Aa		
	BAF	2.2±0.3Aa	2.2±0.4Aa	2.0±0.3Aa	2.4±0.4Aa	Tr	0.8±0.4Ba	2.5±0.0Aa		
Proteína (g%)	IAP	25.9±0.9ABa	25.3±0.4ABa	26.3±0.3Aa	26.2±0.2Aa	Tr	24.7±0.0Ab	28.2±2.0Aa		
	UI	25.0±0.0Ba	25.1±0.1Ba	25.0±0.1Ba	24.3±0.2Ba	Tr	23.7±0.0Aa	23.6±0.4Ba		
	BAF	26.2±0.3Aa	26.5±0.6Aa	26.2±0.1ABa	26.4±0.3Aa	Tr	24.2±0.2Aa	24.7±0.0Ba		
Carboidrato (g%)	IAP	68.2±1.2ABa	69.2±0.2Aa	68.0±0.0Aa	67.5±0.8ABa	Tr	68.0±0.5Aa	65.7±2.2Aa		
	UI	69.5±0.4Aa	69.2±0.1Aa	68.6±0.3Aa	69.4±0.8Aa	Tr	67.7±0.4Aa	67.9±0.4Aa		
	BAF	67.4±0.9Ba	67.4±0.4Aa	67.6±0.3Aa	67.2±1.0Ba	Tr	67.9±0.9Aa	67.2±0.2Aa		

A Médias nas colunas com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0.05$)

a Médias nas linhas com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0.05$)

Valores expressos em \pm desvio padrão

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson entre o teor de minerais, de proteína, de cinza e o percentual de fitato padrão nas frações grão e caldo dos feijões^a.

Grão	Fe	Zn	Ca	Mg	K	P	Prot	Cinza	Fitato
Fe		0,526c	0,203	0,281	-0,105	0,130	0,025	-0,267	-0,086
Zn			-0,027	0,198	0,103	0,605a	-0,026	-0,173	-0,038
Ca				0,257	0,373d	0,057	0,239	-0,110	-0,144
Mg					0,086	0,313	-0,021	0,082	0,084
K						0,184	0,119	0,044	0,145
P							0,121	0,201	0,039
Prot								0,292	0,074
Cinza									0,066
Fitato									
Caldo	Fe	Zn	Ca	Mg	K	P	Prot	Cinza	Fitato
Fe		0,279	0,207	0,631b	0,702a	0,734a	-0,471d	0,787a	0,495c
Zn			0,354	-0,091	-0,028	0,127	0,145	0,000	0,046
Ca				0,373	0,208	-0,008	-0,168	0,166	0,136
Mg					0,781a	0,610b	-0,550c	0,851a	0,667b
K						0,592b	-0,557b	0,860a	0,637b
P							-0,444d	0,816a	0,619b
Prot								-0,692a	-0,397d
Cinza									0,732a
Fitato									

^a Letras indicam a significância: a - $p < 0,0001$; b - $p < 0,001$; c - $p < 0,01$; d - $p < 0,05$ (n = 36)

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises realizadas se conclui que tanto as formas de preparo quanto os genótipos de feijões utilizados interferem diretamente na composição nutricional do alimento. Em relação a composição centesimal e aos minerais, as amostras cozidas sem maceração prévia foram mais eficientes na preservação dos teores de proteínas e minerais dos grãos dos feijões. O genótipo BAF teve valores médios protéicos e de Mg, K e P maiores quando comparado aos genótipos IAP e UI. Os teores de carboidratos, lipídeos e cinzas não apresentaram relação com a forma de preparo nos feijões analisados, parecendo estar mais associados às características dos genótipos de feijões utilizados. Nas formas de preparo, os procedimentos utilizados na cocção sem maceração prévia parecem preservar melhor a composição nutricional tanto dos grãos quanto dos caldos.

O tanino foi detectado somente nos grãos crus e ao cozinhar os feijões ocorre intensa migração deste composto para o caldo devido à sua elevada solubilidade em água. Nos caldos do genótipo IAP foram detectados traços de tanino devido à sua coloração mais clara. Nos caldos do genótipo UI cozidos sem maceração tiveram valores médios maiores, enquanto que no genótipo BAF os caldos das amostras cozidas sem a água de maceração tiveram melhores resultados. Novamente se verifica que o genótipo determina a concentração de alguns componentes nutricionais nos feijões.

A atividade antioxidante apresentou o maior potencial de redução de radicais livres nas amostras de grãos de feijões cozidos com e sem a água de maceração do que nos grãos de feijões crus, demonstrando efeito positivo do remolho sobre a atividade antioxidante. Nos caldos os genótipos foram determinantes para estabelecer diferenças impossibilitando a identificação da melhor forma de preparo e do melhor genótipo.

O cozimento dos feijões foi responsável pela diminuição dos fenólicos totais nos três genótipos analisados. Os grãos apresentaram valores semelhantes nos três preparos cozidos e nos caldos houve uma maior concentração de fenólicos totais naqueles que foram cozidos sem maceração prévia.

Das variáveis analisadas, exceto para a atividade antioxidante, se conclui que o genótipo BAF apresentou os melhores resultados. A forma de preparo que preservou mais efetivamente os nutrientes nos grãos foi a cocção sem maceração prévia.

Devido à variabilidade genética existente e às distintas formas de preparo a que são submetidos os feijões mais estudos com o alimento pronto para o consumo devem ser realizados, a fim de explicar melhor o que ocorre no preparo deste alimento, uma vez que este é consumido cozido.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULLAEV, F.I.; MEJIA, E.G. Actividad antitumoral de compuestos naturales: Lectinas y azafrán. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.47, n.3, p.195-202, 1997.
- ADEGOKE, G.O, et al. Antioxidants and lipid oxidation in food – a critical appraisal. **Journal of Food Science and Technology**, v.35, n.4, p.283-398, 1998.
- ALONSO, R.; AGUIERRE, A.; MARZO, F. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. **Food Chemistry**, v.68, p.159-165, 2000.
- ANDERSON, J.W.; SMITH, B.M.; WASNOCK, C.S. Cardiovascular and renal benefits of dry bean and soybean intake. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.70, p.464-474, 1999.
- ANGELO, P.M., JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.66, n.1, p.1-9, 2007.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. Cereal Foods, Washington, DC. 14 (Ed.). v.43, 1985. p.399.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. Cereal Foods, Washington, DC. 17 (Ed.). v.32, p.57-58, 2000.
- ARBOS, K.A. **Estudo do potencial antioxidante de vegetais da família Cruciferae de diferentes cultivos**. Dissertação de Mestrado do Programa de Ciências Farmacêuticas – UFPR. Curitiba, 2004.
- ARCAN, I.; YEMENICIOGLU, A. Antioxidant activity of protein extracts from heat-treated or thermally processed chickpeas and white beans. **Food Chemistry**, v.103, p.301-312, 2007.
- ARMELIN, J.M., et al. Avaliação física de feijão carioca irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.3, p.498-502, jul./set., 2007
- BANERJI, A.; FERNANDES, A.; BANE, S. Treatment with Field bean protease inhibitor can effectively repress ethylnitrosourea (ENU)- induced neoplasms of the nervous system in Sprague-Dawley rats. **Cancer Letters**, v.130, p.161-167, 1998.
- BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R.E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) grown in Burundi. **Food Chemistry**, v. 47, p.159-167, 1993.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R.E. Oligossaccharides, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 4, p.833-838, 1994.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R.E.. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. **Plant Foods For Human Nutrition**, v. 48, p.349-365, dez. 1995.

BARROGA, F.C.; LAURENA, A.C.; MENDONZA, E.M.T. Polyphenols in Mung beans (*Vigna radiata* L. Wilczek): determination and removal. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.33, p.1006-1009, 1985.

BASSINELO, P.Z. et al. Decoada e outros químicos para reduzir o tempo de cocção e seus efeitos na qualidade culinária de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, Goiânia, **Anais...** Embrapa, p.691-694, 2005.

BENINGER, C.W.; HOSFIELD, G.L. Antioxidant activity of extracts, condensed tannin fractions, and pure flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. seed coat color genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.7879-7883, 2003.

BERRIOS, J.D.J.; SWANSON, B.G.; CHEONG, W.A. Physico-chemical characterization of stored black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Research International**, v.32, p. 669-676, 1999.

BEEBE, S.; SKROCH, P.W.; DUQUE, M.C.; PEDRAZA, F.; NIENHUIS, J. Structure of genetic diversity among common bean landraces of Middle American origin based on correspondence analysis of RAPD. **Crop Science**, v.40, n.262-272, 2000.

BISWAS, S. et al. Metabolism of inositol phosphates. 10. Purification and characterization of myoinositol hexaphosphate-adenosine diphosphate phosphotransferase from *Phaseolus aureus*. **Archive Biochemical of Biophysical**, v.185, p557-566, 1978.

BOATENG, J. et al. Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus* spp. L.). **Food Science and Technology**, v.41, p.1541-1547, 2008.

BORDIN, L.C.; COELHO, C.M.M.; SOUZA, C.A. Diversidade genética para a padronização do tempo percentual de hidratação preliminar ao teste de cocção de grãos de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2008.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm. Wiss Technology**, v.28, p.25-30, 1995.

BREARLEY, C.A.; HANKE, D.E. Inositol phosphates in barley (*Hordeum vulgare* L.) aleurone tissue are stereochemically similar to the products of breakdown of InsP(6) in vitro by wheat-bran phytase. **Biochemical Journal**, v.318, p.279-286, 1996.

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Review International**, v.9, p.237-297, 1993.

BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Antinutrients and “in vitro” availability of iron in irradiated common beans (*Phaseolus vulgaris*). **Food Chemistry**, v.98, p.85-89, 2006.

BROUGHTON, W.G. et al. Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. **Plant and Soil**, Hague, v.252, p.55-128, 2003.

CARNEIRO, H.S. Comida e sociedade: significados sociais na história da alimentação. **História: Questões e debates**, Curitiba, n.42, p.-71-80, 2005.

CARBONELL, S.A.M. et al. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.369-379, set./dez., 2003.

CARDADOR-MARTÍNEZ, A.; LOARCA-PIÑA, G.; OOMAH, B.D. Antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.6975-6980, 2002.

CARMONA, A., et al. Effect of black bean tannins on in vitro carbohydrate digestion and absorption. **Journal of Nutrition and Biochemistry**, v.7, p.445-450, 1996.

CARNEIRO, J.C.S., et al. Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e tecnologia de Alimentos**, v.25, p.18-24, 2005.

CASCUDO, L.C. **História da Alimentação no Brasil**, São Paulo, Editora Global, 2004.

CHIARADIA, A.C.N. **Determinação da estrutura de pigmentos de feijão e estudo da sua ação na qualidade protéica**. Viçosa, MG:UFV, 1997. 107p. Tese (Doutorado em Ciências e tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.

CHIARADIA, A.C.N.; GOMES, J.C. **Feijão: Química, Nutrição e Tecnologia**. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1997. 180p.

- CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.13, n.4, p.297-335, 1980.
- COELHO, C.M.M.; TSAI, S.M.; VITORELLO, V.A. Dynamics of inositol phosphate pools (tris-, tetrakis- and pentakisphosphate) in relation to the rate of phytate synthesis during seed development in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Plant Physiology**, Amsterdam, v.162, p.1-9, 2005.
- COELHO, C.M.M.; COIMBRA, J.L.M.; SOUZA, C.A.; BOGO, A.; GUIDOLIN, A.F. Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, v.37, n.5, p.1241-1247, 2007a.
- COELHO, C.M.M., et al. Effect of phytate and storage conditions on the development of hard to cook phenomenon in common beans. **Journal of Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v.87, p.1237-1243, 2007b.
- COELHO, C.M.M., et al. Capacidade de cocção de grãos de feijão em função do genótipo e da temperatura da água de hidratação. **Ciência Agrotencológica**, Lavras, v.32, n.4, p.1080-1086, 2008.
- COELHO, C.M.M.; BENEDITO, V.A. Seed development and reserve compound accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Seed Science and Biotechnology**, v.2, p. 42-52, 2008.
- CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, 2004.
- CONAB - Centro Nacional de Abastecimento, 2006. Disponível em www.conab.gov.br
- COSTA DE OLIVEIRA, A., et al. O processamento doméstico do feijão-comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos e taninos, no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose, estquiiose e verbascose. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.51, n.3, p.276-283, 2001.
- COSTA, J.G.C.; VIEIRA, N.R.A. Qualidade, classificação comercial e manejo pós-colheita. In: YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.P. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil: características da população**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.51-64, 2000.
- COSTA, G.R; RAMALHO, M.A.O; ABREU, A.F.B. Variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.25, n.4, p.1017-1021, jul/ago., 2001.
- DALLA CORTE, A.D. et al. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 3, p.193-201, 2003.

DERIVI, S.C.N., et al. Composição de caldos de feijões utilizados em dietas líquidas. **Higiene de Alimentos**, v.20, p.48-53, 2006.

DESHPANDE, S.S.; CHERYAN, M.; SALUNKHE, D.K. Tannin analysis of food products. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.24, n.4, p.401-449, 1986.

DÍAZ, P.O., et al. In vitro digestibility and resistant starch content of some industrialized commercial beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v.78, p.333-337, 2002.

EPAGRI, 2006. **Atlas climatológico do estado de Santa Catarina**. Disponível: <http://circam.epagri.rct-sc.br>

ESPINOSA-ALONSO, L.G.; et al. Polyphenols in wild and weedy Mexican common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 54, p.4436-4444, 2006.

FIREMAN, A. K. B. A. T.; FIREMAN, F. A. T. Fitase na alimentação de poedeiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 529-534, 1998.

FRANKEL, E.N.; MEYER, A.S. The problem of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.1925-1941, 2000.

FROKIARE, H., et al. Antinutritional and allergenic proteins. In: SHAIDI, F. (ed). **Antinutrients and Phytochemicals in Food**, Washington DC, 1997. p.44-66.

GARCIA, E.; LAJOLO, F.M. Starch alterations in hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, DC, v.42, n.3, p.612, 1994.

GARCIA-VELA, L.A.; STANLEY, D.W. Water-holding capacity in hard-to-cook bean (*P. vulgaris* L.): effect of pH and ionic strength. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.4, p.1080-1081, 1989.

GEIL, P.B.; ANDERSON, J.W. Nutrition and health implications of dry beans: a review. **Journal of American College of Nutrition**, 1994, v.13, p.549-558, 1994.

GOYCOOLEA, F.; GONZALES, E.; BARRON, J.M. Efecto de los tratamientos caseros en las preparaciones de frijol pinto (*Phaseolus vulgaris*) sobre el contenido de taninos y valor nutritivo de las proteínas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.15, n.2, p.263-273, 1990.

GRANITO, M.; PAOLINI, M.; PÉREZ, S. Polyphenols and antioxidant capacity of *Phaseolus vulgaris* stored under extreme conditions and processed. **Food Science and Technology**, v. 41, p.994-999, 2008.

GRIFFITHS, D.W., MOSELEY, G. The effect of diets containing field beans of high or low polyphenolics content on the activity of digestive enzymes in the intestines of rats. *Journal of the Science Food and Agriculture*, v.31, n.3, p.255-259, 1980.

GUZMÁN-MALDONADO, S.H.; CASTELLANOS, J.; MEJÍA, E.G. Relationship between theoretical and experimentally detected tannin content of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v.55, p.333-335, 1996.

GUZMÁN-MALDONADO, S.H.; ACOSTA-GALLEGOS, J.; PAREDES-LÓPEZ, O. Protein and mineral content of a novel collection of wild and weedy common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Science and Food Agricultural**, v.80, p.1874-1881, 2000.

HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. **Annual Review Nutrition**, v.16, p.33-50, 1996.

HARLAND, B.F.; NARULA, G. Foods phytate and its hydrolysis products. **Nutrition Research**, v.19, n.6, p.947-961, 1999.

HEIMLER, D., et al. Rapid test to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p.3053-3056, 2005.

HELBIG, E. et al. Effect of soaking prior to cooking on the levels of phytate and tannin of the common bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) and protein value. **Journal of Nutritional Science and Vitamology**, v.49, p.81-86, 2003.

HERTOG, M.G.L., et al. Flavonoid intake and long term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries. *The Archives of Internal Medicine*, v.155, p.381-386, 1995.

HOUSE, W.A. Trace element bioavailability as exemplified by iron and zinc. **Field Crops Research**, v.60, p.115-141, 1999.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Pesquisas – Coordenação de Índices de Preços – **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2002-2003**: Análise da disponibilidade domiciliar de alimentos e do estado nutricional no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz (2005).

JIRATANAN, T.; LIU, R.H. Antioxidant activity of processed table beets (*Beta vulgaris var, conditiva*) and green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, p2659-2670, 2004.

KATARIA, A.; CHAUHAN, B.M.; GANDHI, S. Effect of domestic processing and cooking on the antinutrients of black gram. **Food Chemistry**, v.30, p.149-156, 1988.

KHOKHAR, S.; CHAUHAN, B.M. Antinutritional factors in Moth Bean (*Vigna aconitifolia*): Varital differences and effects of methods of domestics processing and cooking. **Journal Food Science**, v.51, p591-594, 1986.

KOLEVA, I., et al. Screening of plant extracts for antioxidant activity: a comparative study on three testing methods. **Phytochemical analysis**, v.13, n.1, p.8-17, 2002.

KORUS, J.; GUMUL, D.; CZECHOWSKA, K. Effect of extrusion on the phenolic composition and antioxidant of dry beans of *Phaseolus vulgaris* L. **Food Technology and Biotechnology**, v.45, n.2, p.139-146, 2007.

KRINSKY, N.I. The biological propeties of carotenoids. **Pure and Applied Chemistry**, v.66, p.1003-1010, 1994.

KUTOS, T. et al. Dietary fibre content of dry and processed beans. **Food Chemistry**, v. 80, p.231-235, 2003.

LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade nutricional. In: ARAÚJO, R.S., et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Patafós, p.71-99, 1996.

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.28, p.1313-1315, 1980.

LEADLEY, C.; TUCKER, G., FRYER, P. A comparative study of high pressure sterilization and conventional thermal sterilization: Quality effects in green beans. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.9, p.70-79, 2008.

LESTIENNE, I. et al. Effect of soaking whole cereal and legume seeds on iron, zinc and phytate contents. **Food Chemistry**, v.89, p.421-425, 2005.

LEVY-COSTA, R.B. et al. Disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil: distribuição e evolução (1974-2003). **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.39, n.4, p.530-540, 2005.

LIENER, I. Plant lectins: Properties, Nutritional significance and function. In: Shahidi, F. (ed). **Antinutrients and Phytochemicals in Food**, Washington DC, p.31-43, 1997.

LINDNER, E. **Toxicologia de los alimentos**. 2 ed. Zaragoza: Acribia, 1995. 262p.

LITTLE, R.C.; FREUND, R.J.; SPECTOR, P.C. **SAS System for Linear Models**. 3. ed. SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA. 1991,329p.

LITTLE, R.C., et al. **SAS[®] for Mixed Models**. 2. ed. SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA. 2006, 834p.

LIU, K. Cellular, biological, and physicochemical basis for the hard-to-cook defect in legume seeds. **Critical Review Food Science Nutrition**, v. 35, n. 4, p. 263-98, 1995.

LOEWUS, F.A.; MURTHY, P.P.N. Myo-inositol metabolism in plants. **Plant Science**, v.150, p.1-19, 2000.

LOMBARDI-BOCCIA, G., et al. The inhibitory effect of albumin extracts from white beans (*Phaseolus vulgaris* L.) on *in vitro* iron and zinc dialysability: role of phytic acid. **Food Chemistry**, v.63, n.1, p.1-7, 1998.

MACHADO, C.M.; FERRUZZI, M.G.; NIELSEN, S.S. Impact of the hard-to-cook phenomenon on phenolic antioxidants in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of the Science and Food Agriculture**, v.56, p.3102-3110, 2008.

MACHEIX, J.J.; FLEURIET, A.; BILLOT, J. In: MACHEIX, J.J. et al. **Fruit phenolics**. Boca Raton: CRC Press, 1990.

MALLAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 (Ed.). Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo, 1989, 201p.

MARTÍN-CABREJAS, M.A., et al. Effect of industrial dehydration on the soluble carbohydrates and dietary fiber fractions in legumes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, p.7652-7657, 2006.

- MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M.J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.20, n.1, p.5-18, 2000.
- MARTINEZ, D.B., IBÁÑEZ, G.V., RINCÓN, L.F. Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.52, n.3, p.219-231, 2002.
- MARTINS, A.P.L.; REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas de laboratórios nos procedimentos químicos-analíticos. **Scientia Agrária**, Piracicaba, v.8, n.1, p.1-17, 2007.
- MATHER, J. C. Pulses and carcinogenesis: potential for the prevention of colon breast and other cancers. **British Journal of Nutrition**, v.88, p.273-279, 2002.
- MECHI, R.; CANIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V. Avaliação química, nutricional e fatores antinutricionais do feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.1, p.109-114, jan/mar., 2005.
- MEJÍA, E. G.; et al. Effect of cultivar and growing location on the trypsin inhibitors, tannins, and lectins of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in the semiarid highlands of Mexico. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.5962-5966, 2003.
- MILLER, D.D. Minerals, In: **Food Chemistry**, ed. Fennema OR. Marcel Decker, New York, p.641-546, 1996.
- MOLYNEUX, P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. **Songklanakarin Journal of Science Technology**, v.26, n.2, p.211-219, 2004.
- MONDINI, L.; MONTEIRO, C.A. Mudanças no padrão de alimentação na população urbana brasileira (1962-1988). **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.28, n.6, p.433-439, 1994.
- MONTEIRO, C.A.; MONDINI, L.; COSTA, R.B.L. Mudanças na composição e adequação nutricional da dieta familiar nas áreas metropolitanas do Brasil (1988-1996). **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.34, n.3, p.251-258, jun. 2000.
- MORAGHAN, J.T.; GRAFTON, K. Genetic diversity and mineral composition of common bean seed. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.81, n.1, p.404-408, 2001.
- MOREIRA, A.V.B.; MANCINI-FILHO, J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, v.17, n.4, p.411-424, 2004.

- MUBARAK, A.E. Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional process. **Food Chemistry**, v.89, p.489-495, 2005.
- NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extration and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatographic Science**, v. 1054, n. ½, p.95-111, 2004.
- NERGIZ, C.; GÖKGÖZ, E. Effects of traditional cooking methods on some antinutrients and in vitro protein digestibility of dry bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Turkey. **International Journal of Food and Science Technology**, v.42, p.868-873, 2007.
- NESTARES, T. et al. Effect of different soaking solutions on nutritive utilization of minerals (calcium, phosphorus, and magnesium) from cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in growing rats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n.51, p.515-520, 2003.
- Normas Analíticas Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz (2005).
- OLIVEIRA, A.C., et al. Uso doméstico da maceração e seu efeito no valor nutritivo do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista de Nutrição**, Campinas, v.12, n.2, p.191-195, mai/ago., 1999.
- OLIVEIRA, V.R., et al. Qualidade nutricional e microbiológica de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido com ou sem água de maceração. **Ciencias Agrotecnológica**, Lavras, v.32, p.1912-1918, 2008.
- OOMAH, B.D.; CARDADOR-MARTÍNEZ, A.; LOARCA-PIÑA, G. Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.85, p.935-942, 2005.
- OOMAH, B.D.; BLANCHARD, C.; BALASUBRAMANIAN, P. Phytic acid, phytase, minerals, and antioxidant activity in Canadian dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.11312-11319, 2008.
- OSÓRIO-DÍAZ, P. et al. In vitro digestibility and resistant starch content of some industrialized commercial beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v.78, p.333-337, 2002.
- OSMAN, M.A.; REID, P.M.; WEBER, C.W. Thermal inactivation of therapy bean (*Phaseolus acutifolius*), soybean and lima bean protease inhibitors: effect of acidic and basic pH. **Food Chemistry**, v.78, p.419-423, 2002.
- PEREIRA, C.A.; COSTA, N.M. Proteínas do feijão preto sem casca: digestibilidade em animais convencionais e isentos de germes (germ-free). **Revista de Nutrição**, Campinas, v.15, n.1, p.5-14, 2002.

PEREIRA, T. **Diversidade genética para o centro de origem e o teor de nutrientes nos grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)** Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias, UDESC - Lages, 2008 . 78p.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. *Food Research International*, v.39, p.791-800, 2006.

PHILLIPPY, B.Q. Identification of inositol 1,3,4-triphosphate 5-kinase and inositol 1,3,4,5-tetrakisphosphate 6-kinase in immature soybean seeds. *Plant Physiology*, v.116, p.291-297, 1998.

PHLAK, L.C; CALDWELL, K.B.; STANLEY, D.W. Comparison of methods used to characterize water imbibitions in hard-to-cook beans. *Journal of Food Science*, Chicago, v.54, n.2, p.326-329, mar/apr., 1989.

PIETRO, P.; PINEDA, M.; AGUIAR, M. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytic Biochemistry*, v.269, n.2, p.337-341, 1999.

PRICE, M.L.; VAN SCOYOC, S.; BUTLER, L.G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.26, p.1214-1218, 1980.

PRODANOV, M.; SIERRA, I.; VIDAL-VALVERDE, C. Influence of soaking and cooking on the thiamin, riboflavin and niacin contents of legumes. *Food Chemistry*, v.84, p.271-277, 2004.

PROSKY, L., et al. Determination of total dietary fibre in foods and food product: Collaborative study. *Journal Association of Official Analytical Chemists*, v.68, p.677.

PUJOLÀ, M.; FARRERAS, A.; CASAÑAS, F. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, v.102, p.1034-1041, 2007.

RABOY, V.; DICKINSON, D.B. Phytic acid levels in seeds of *Glycine max* and *G.soja* as influenced by phosphorus status. *Crop of Science*, v.33, p.1300-1305, 1993.

RABOY, V., et al. Genetics and breeding of seed phosphorus and phytic acid. *Journal of Plant Physiology*, v.158, p.489-497, 2001.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L. **Biodisponibilidade de zinco e de ferro, valor nutricional e funcional de diferentes cultivares de feijão comum submetidos a tratamentos térmicos**. Tese de Doutorado do Programa de Ciências e Tecnologia de Alimentos – UFV. Viçosa, 2006.

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 de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p.200-213, jan/mar., 2008.

RAMOS, L.D. **Efeito do tratamento térmico e da germinação nos teores de oligossacarídeos e inibidores de tripsina em *Phaseolus vulgaris* e verificação da ação fermentativa desta espécie de feijão**. Rio de Janeiro, RJ:UFRJ, 1987. 89p. Tese – Instituto de Nutrição Josué Castro, 1987.

RAMOS JUNIOR, E.U.; LEMOS, L.B.; SILVA, T.R.B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.75-82, jan/mar., 2005.

RANILLA, L.G.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Polyphenols and antioxidant capacity of seed coat and cotyledon from Brazilian and Peruvian bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, p.90-98, 2007.

RANILLA, L.G.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Effect of different cooking conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of some selected Brazilian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, p.5734-5742, 2009.

RAO, A.V.; KORATKAR, R. Anticarcinogenic effects of saponins and phytosterols. In: SHAIDI, F. (Ed.). **Antinutrients and Phytochemicals in Food**. Washington, D.C., 1997. p.313-324.

REDDY, N.R.; SATHE, S.K.; SALUNKHE, D.K. Phytates in cereals and legumes. **Advances in Food Research**. New York, v.28, p.1-92, 1982.

REDDY, N.R., et al. **Phytates in cereals and legumes**. New York: CRC Press, 1989, 159p.

REHMAN, Z.; SALARIYA, A.M.; ZAFAR, S.I. Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v.73, p.351-355, 2001.

RIBEIRO, H.J.S.S; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H. Propriedades físicas e químicas de feijão comum preto, cultivar iapar 44, após envelhecimento acelerado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.1, p.165-169, 2005.

RIBEIRO, N.D., et al. Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.1393-1399, 2007.

RICKARD, S.E.; THOMPSON, L.U. Interactions and biological effects of phytic acid. In: SHAIDI, F. (Ed.). **Antinutrients and Phytochemicals in Food**. Washington, D.C., 1997. p.294-312.

ROCHA-GUZMÁN, N.E., et al. Effect os pressure cooking on the antioxidant activity of extracts from three common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Food Chemistry**, v.100, p.31-35, 2007.

RODRIGUES, J.A. et al. Qualidade para o cozimento de grãos de feijão obtidos em diferentes épocas de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 369-76, 2005.

RODRIGUES, J.A, et al. Efeito de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre a qualidade de grãos de feijão para o cozimento. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.1, p.157-163, 2007.

ROMANO, C., et al. Avaliação de sólidos totais e proteína solúvel na água de hidratação de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.). **CONAFE**, Goiânia, 2005.

RUFINO, M.S.M., et al. Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Embrapa**, Fortaleza, 2007. 4p.

SÁNCHEZ-MATA, M.C., et al. Determination of mono-di-, and oligosaccharides in legumes by high-performance liquid chromatography using an amino-bonded silica column. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, n.9, p.3648-3652, 1998.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J.A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, p.270-276, 1998.

SÁNCHEZ-MORENO, C. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods an biological systems. **Food Science and Technology International**, v.8, p.121-137, 2002.

SANDBERG, A.S., CARISSON, N.G., SVANBERG, U. Effects of inositol tri-, tetra-, penta-, and hexaphosphates on in vitro estimation of iron availability. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.1, p.159-161, 1989.

SARTORI, M.R. Armazenamento. In: ARAÚJO, S.R. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós. p.543-562, 1996.

SAS Institute Inc[®] 2003. **SAS Ver. 9.1.3.** SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA. Lic. UDESC

SATHE, S.K. Dry bean protein functionality. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 22, n.2, p.175-223, 2002.

SCHOLZ, M.B.S.; FONSECA JÚNIOR, N.S. Efeitos de ambiente, dos genótipos e da interação genótipos x ambiente na qualidade tecnológica do feijão do grupo cores no Estado do Paraná. In: **RENAFE – Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão**, 6., 1999, Salvador, BA. Resumos expandidos... Goiânia: EMBRAPA – Arroz e feijão, 1999, v.1, p.339-342 (Documento 99).

SERRANO, J.; GOÑI, I. Papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* em el estado nutricional de la población guatemalteca. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.54, n.1, p. 2004.

SGARBIERI, V.C. Estudo do conteúdo e de algumas características das proteínas e sementes de plantas leguminosas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.32, n.1, p.78-84, jan/fev., 1980.

SGARBIERI, V.C.; WHITAKER, J.R. Physical, chemical and nutritional properties of common bean (*Phaseolus*) proteins. **Advanced in Food Research**, New York, v.28, n.1, p.93-166, Jan. 1982.

SGARBIERI, V.C. Composition and nutritive value of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista de Nutrição e Dietética**, Campinas, v.60, p.132-198, 1989.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P.K.; WANASUNDARA, P.D. Phenolic antioxidants. **Critical Review of Food Science and Nutrition**, v.32, n.1, p.67-103, 1992.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. In: SHAHIDI, F. (ed). **Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications**. Lancaster: Technomic, 1995.

SHAHIDI, F. Preface. In: SHAHIDI, F. (ed). **Antinutrients and Phytochemicals in Food**. Washington, DC., 1997, p.vii.

SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, P. Cyanogenic glycosides of flaxseeds. In: SHAHIDI, F. (Ed). **Antinutrients and Phytochemicals in Food**. Washington, DC., 1997, p.171-185.

SHAHIDI, F. Beneficial health effects and drawbacks of antinutrients. In: SHAHIFI, F. (Ed.). **Antinutrients and Phytochemicals in Food**. Washington, DC., 1997b, p.1-9.

- SILVA, H.T. **Descritores mínimos indicados para caracterizar cultivares/variedades de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1 ed. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 32p., 2005.
- SILVA, M.R.; SILVA, M.A.A.P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 1, p.5-19, jan/abr. 1999.
- SINGLETON, V. L.; JOSEPH, A.; ROSSI, J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16, p.144-149, 1965.
- STANLEY, D. A possible role for condensed tannins in bean hardening. **Food Research International**, v.25, p.187-192, 1992.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics – a biomerical approach**. 3. Ed. McGraw-Hill : New York, USA. 1997, 666p.
- STEPHENS, L.R.; IRVINE, R.F. Stepwise phosphorylation of myoinositol leading to lyoinositol hexakisphosphate in *Dictyostelium*. **Nature**, v.346, p.580-583, 1990.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 1 (Ed.), Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 174p.
- THOMPSON, L.U.; ZHANG, L. Phytic acid and minerals: effect on early markers of risk for mammary and colon carcinogenesis. **Carcinogenesis**, v.12, p.2041-2045, 1991.
- THOMPSON, L.U. Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. **Food Research International**, v.26, p.131-149, 1993.
- TOLEDO, T.C.F.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p.355-360, 2008.
- TORRE, M.; RODRIGUEZ, A.R.; SAURA-CALIXTO, F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. **Food Science and Nutrition**, v.1, n.1, p.1-22, 1991.
- VIEIRA, C. Leguminosas de grãos: Importância na agricultura e na alimentação humana. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, n.174, p.5-11, 1992.
- VILLAVICENCIO, A.L.C.H.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCEÉ, H. Effect of irradiation and anti-nutrients (total phenolics, tannins and phytate) in Brazilian beans. **Radiation Physics Chemistry**, v.57, p.289-293, 2000.

WANDER, A.E. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 2, fev. 2007.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R.L. Total antioxidant capacity of fruits. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, v.44, p.701-705, 1996.

WANG, N., et al. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). **Food Research International**, v.42, p.1023-1033,2009.

WELSH, R.; HOUSE, W.; BEEBE, S., et al. Genetic selection for enhanced bioavailable levels of iron in bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.48, n.25, p.3576-3580, 2000.

WHITAKER, J.R. Protease and α -amylase inhibitors of higher plants. In: SHAIDI, F. (Ed.) **Antinutrients and Phytochemicals in Food**. Washington, DC., 1997, p.10-30.

XU, B.J.; CHANG, S.K.C. Total phenolic content and antioxidant properties of eclipse black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by processing methods. **Journal of Food Science**, Guyfuyf, v. 73, n. 2, p.H19-H27, 2008.

YAMADA, T.; HATTOR, K.; ISHIMOTO, M. Purification and characterization of two α amilase inhibitors from seeds of therapy bean (*Phaseolus acutifolius* A. Gray). **Phytochemical**, v.58, p.59-99, 2001.

ZHOU, J.R.; ERDMAN, J.W. Phytic acid in health and disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.53, n.6, p.495-508, 1995.

ZULUETA, A.; ESTEVE, M.J.; FRÍGOLA, A. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food. **Food Chemistry**, disponível on line 18 de setembro de 2008.