



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG

CARULINA VIEIRA DE SOUZA

**APLICAÇÃO DA IRRADIAÇÃO EM FEIJÃO PRETO (*Phaseolus vulgaris* L.) E
SUA AÇÃO SOBRE O TEOR DE TANINOS E A BIODISPONIBILIDADE DE
FERRO**

SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA
2018

CARULINA VIEIRA DE SOUZA

**APLICAÇÃO DA IRRADIAÇÃO EM FEIJÃO PRETO (*Phaseolus vulgaris* L.) E
SUA AÇÃO SOBRE O TEOR DE TANINOS E A BIODISPONIBILIDADE DE
FERRO**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Qualidade e Segurança de Alimentos da Escola de Química e Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande – FURG, como um dos requisitos necessários à conclusão do curso.

Fernanda Arnhold Pagnussatt
Orientadora

SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA
2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

CARULINA VIEIRA DE SOUZA

APLICAÇÃO DA IRRADIAÇÃO EM FEIJÃO PRETO (*Phaseolus vulgaris L.*) E SUA AÇÃO SOBRE O TEOR DE TANINOS E A BIODISPONIBILIDADE DE FERRO

Monografia aprovada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista, Curso de pós-graduação *Lato sensu* em Qualidade e Segurança de Alimentos, Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, pela seguinte banca examinadora:

Profª Drª Fernanda Arnhold Pagnussatt
Orientadora

Profª. Drª. Kessiane Silva de Moraes

Prof. Dr. Fábio Ferreira Gonçalves

Santo Antônio da Patrulha, dezembro de 2018.

RESUMO

As leguminosas compõem um grupo fundamental na alimentação da população brasileira, sendo o feijão preto o mais consumido na região Sul. Como a grande maioria dos grãos, os feijões podem apresentar alterações durante o armazenamento devido à proliferação de insetos e pragas que se desenvolvem quando o acondicionamento é inadequado, influenciando na qualidade do produto. Os benefícios nutricionais do feijão são muitos, ressaltando a presença de proteínas, fibras alimentares, vitaminas e minerais; portanto, quando consumidos na porção recomendada, são indicados como prevenção e tratamento para várias doenças. Apesar disso, alguns compostos no feijão possuem efeito antinutricional, entre eles, os taninos, que prejudicam a absorção de determinados nutrientes, como o ferro. Este efeito prejudicial à biodisponibilidade dos nutrientes é plausível de redução ou inativação a partir de métodos adequados durante o processamento da matéria-prima, como a irradiação, ainda pouco utilizada, e que tem por finalidade, entre outros, a conservação dos alimentos. Dessa forma, este estudo objetivou avaliar o uso da irradiação em feijão preto e seus efeitos sobre os teores de tanino e a biodisponibilidade de ferro. A partir desta revisão bibliográfica, observou-se que a maceração é capaz de reduzir os níveis de taninos, assim como o tempo de cocção dos grãos. No método de irradiação, quanto maior a dose aplicada até 10kGy, maior a redução dos níveis de taninos. As características sensoriais mostraram alterações benéficas durante esse processo, apresentando melhoria na qualidade no produto final. A biodisponibilidade do ferro aumentou proporcionalmente com o acréscimo da dose de irradiação. O processo de irradiação se mostrou eficaz na proposta de conservação do feijão preto, bem como para a melhoria do valor nutricional e sensorial, indicando que é um método adequado para a obtenção de um produto que atenda aos parâmetros de qualidade e segurança de alimentos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.. Alimentos irradiados. Fatores antinutricionais. Ferro. Anemia ferropriva; Qualidade nutricional.

ABSTRACT

Leguminous are a fundamental food group for the Brazilian population, with black beans being the most consumed in the South. Like most grains, beans can present changes during storage due to the proliferation of insects and pests that develop when improper, influencing the quality of the product. The nutritional benefits of beans are many, highlighting the presence of proteins, dietary fiber, vitamins and minerals; therefore, when consumed in the recommended portion, are indicated as prevention and treatment for various diseases. Despite this, some compounds in the beans have antinutritional effect, among them, the tannins, that hinder the absorption of certain nutrients, like iron. This harmful effect on the bioavailability of the nutrients is plausible of reduction or inactivation from suitable methods during the processing of the raw material, such as irradiation, still little used, and whose purpose is, among others, food preservation. Thus, this study aimed to evaluate the use of irradiation in black beans and its effects on tannin levels and iron bioavailability. From this bibliographical review, it was observed that the maceration is able to reduce tannin levels, as well as the cooking time of the grains. In the irradiation method, the higher the dose applied, up to 10 kGy, the greater the reduction of tannin levels. The sensorial characteristics showed beneficial changes during this process, presenting improvement in the quality in the final product. The bioavailability of the iron increased proportionally with the increase of the dose of irradiation. The irradiation process proved to be effective in the black bean conservation proposal, as well as to improve nutritional and sensorial value, indicating that it is an adequate method for obtaining a product that meets the parameters of food quality and safety.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.. Irradiated food. Antinutritional factors. Iron. Iron deficiency anemia. Nutritional quality.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Estrutura externa da semente do feijão..... | 13 |
| Figura 2 – Estrutura química de tanino condensado..... | 22 |
| Figura 3 – Espectro eletromagnético..... | 23 |
| Figura 4 – Símbolo da radura..... | 26 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----------|
| Tabela 1 - Composição centesimal média (g/100g) de parte comestível do feijão cru..... | 13 |
| Tabela 2 – Minerais em 100g de feijão..... | 15 |
| Tabela 3 – Perda de minerais por lixiviação em feijão cozido..... | 17 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 OBJETIVOS | 10 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 10 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 10 |
| 3 METODOLOGIA | 11 |
| 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 12 |
| 4.1 FEIJÃO | 12 |
| 4.1.1 Aspectos botânicos e químicos | 12 |
| 4.1.2 Produção e consumo | 15 |
| 4.1.3 Aspectos tecnológicos | 16 |
| 4.1.3.1 <i>Maceração</i> | 18 |
| 4.2 FATORES ANTINUTRICIONAIS | 20 |
| 4.2.1 Taninos | 21 |
| 4.3 ALIMENTOS IRRADIADOS | 23 |
| 4.3.1 Efeitos químicos, biológicos e nutricionais | 27 |
| 4.3.2 Aplicação na indústria de alimentos | 28 |
| 4.3.3 Uso da irradiação no processamento do feijão | 30 |
| 4.4 MICRONUTRIENTES | 32 |
| 4.4.1 Ferro | 32 |
| 4.4.2 Biodisponibilidade | 34 |
| 4.4.3 Anemia ferropriva | 35 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 37 |
| REFERÊNCIAS | 39 |

1 INTRODUÇÃO

O feijão é uma leguminosa relevante no âmbito nacional, em destaque pela combinação habitual nas refeições brasileiras na forma de “arroz e feijão”, sendo o Brasil o principal produtor e consumidor mundial de feijão, com produção na safra de 2016/17 de aproximadamente 3.350 toneladas (DEPEC, 2017). Contém importante fonte de proteínas, fibras alimentares, ferro, potássio e magnésio. A proteína do feijão, assim como qualquer proteína vegetal, é de baixo valor biológico, porém, agrega energia e fontes importantes para a dieta, com vantagem pelo custo econômico inferior quando comparada com as proteínas de origem animal, como as carnes (TACO, 2011).

Apesar dos compostos benéficos, o feijão apresenta alguns fatores antinutricionais que reduzem o seu valor nutritivo, a exemplo dos taninos; polifenóis de origem flavonóide; e se encontram na porção fibrosa do alimento. Em leguminosas, apresentam efeitos adversos na cor, sabor e qualidade nutricional e influenciam negativamente na absorção de alguns minerais essenciais, como o ferro (COZZOLINO, 2016; DESHPANDE et al., 1986). Este, por sua vez, exerce funções expressivas no organismo, pois participa de processos celulares vitais como o transporte de oxigênio e os processos metabólicos (GROTTO et al., 2008).

Somado a isso, algumas doenças nutricionais por deficiência de nutrientes são comuns na população brasileira, e se tornam um problema de saúde pública, citando a anemia ferropriva, causada pela deficiência de ferro, que é prevalente no grupo etário de crianças (VITOLLO, 2008).

No preparo do feijão, o tratamento térmico é indispensável para seu consumo, o que facilita a redução ou inativação de alguns compostos antinutricionais, mas algumas vitaminas e minerais, como as vitaminas do complexo B e o ferro podem ficar menos biodisponíveis ao organismo. De qualquer maneira, os métodos de processamento aumentam a vida útil do alimento, além de ocasionarem possíveis melhorias na qualidade nutricional e química do mesmo, resultando em um produto final com qualidade e dentro das normas de segurança de alimentos, para que os indivíduos possam consumi-lo sem agravos à saúde e que traga benefícios nutricionais (FELLOWS, 2006; SHIGA et al., 1999).

Para o feijão, o processo de irradiação torna-se uma alternativa interessante, pois é uma tecnologia que diminui os níveis de micro-organismos, reduz os fatores

antinutricionais consideravelmente e preserva micronutrientes importantes para o organismo humano, como o ferro. Nas leguminosas, este método utiliza doses baixas de fração gama, com até 10 kGy, que possui a capacidade de atravessar a matéria, para destruir fungos, bactérias e leveduras, a fim de aumentar a vida útil do produto. Entre as várias vantagens, o método da irradiação permite que os alimentos congelados possam utilizar este tipo de processamento, visto que não envolve aumento de temperatura (BRIGIDE, 2002; FELLOWS, 2006).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso da irradiação em feijão preto e seus efeitos sobre os teores de tanino e a biodisponibilidade de ferro.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar as características físico-químicas, nutricionais e tecnológicas dos feijões preto antes e após a irradiação;

Comparar a diferença dos níveis de tanino em feijão preto irradiado com e sem o uso do processo de maceração;

Descrever a irradiação em alimentos e seu uso no processamento do feijão preto em relação à capacidade de reduzir o teor de taninos;

Verificar a biodisponibilidade do ferro após o processo de irradiação em feijão preto.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido através de revisão bibliográfica, a partir de pesquisas em livros, teses, dissertações e artigos científicos. Os bancos de dados utilizados foram Scielo, LILACS e Google Acadêmico. A pesquisa de material bibliográfico foi realizada entre setembro e novembro de 2018. As palavras-chave empregadas na busca deste trabalho foram: feijão preto, feijão comum, fatores antinutricionais, taninos, irradiação, alimentos irradiados, ferro e anemia ferropriva.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 FEIJÃO

4.1.1 Aspectos botânicos e químicos

Na literatura técnica de alimentos, o termo grão é bastante abrangente, sendo utilizado para definir vários grupos de alimentos: os comercializados como grãos secos (cereais, café, cacau, etc), de modo mais amplo; ou como sinônimo de cereais, de maneira bem restrita. De acordo com o Instituto Brasileiro De Geografia e Estatísticas (IBGE), os grãos são divididos em cereais, leguminosas e oleaginosas, mesmo que este último grupo seja considerado muitas vezes como leguminosa (soja, amendoim), ou cereal (milho) (BRASIL, 2012). Para este trabalho, será utilizada a definição de grãos como os frutos das gramíneas (cariopses de cereais) e as sementes de leguminosas (leguminosas de grão), armazenados secos e utilizados de inúmeras maneiras, na dieta humana e animal (KOBELITZ, 2011).

O feijoeiro é uma planta herbácea, rasteira, com ciclo de vida médio de 65 a 120 dias, dependendo do cultivo e época. Pertence ao gênero *Phaseolus*, com quase 55 espécies, sendo apenas cinco cultivadas; entre elas, o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). Possui vagens retas ou ligeiramente curvas, achatadas ou arredondadas, com bico reto ou curvado, em geral de 09 a 12 cm de comprimento e com 03 a 07 sementes (PROLLA, 2006).

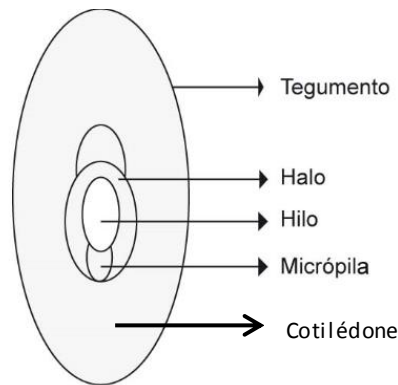
A semente do feijão pode apresentar formas variadas (arredondado, elíptico ou reniforme), com tamanhos diferentes e uma ampla diversidade de cores (branca, creme, vermelha, preta, rosa, roxa, alaranjada entre outras), dependendo da cultivar. A espécie *P. vulgaris* é a mais difundida no Brasil, reconhecida como feijão comum ou feijão preto (PROLLA, 2006).

A estrutura morfológica da semente é dividida em quatro camadas, conforme a Figura 1. O tegumento é a capa externa, onde se localizam os pigmentos responsáveis pela cor do grão, e é bastante sensível (quando danificado, pode prejudicar a conservação durante o armazenamento); o hilo é a parte que conecta a semente com a placenta; halo é a estrutura que circunda o hilo da semente; micrópila é a abertura onde ocorre a absorção da água pela planta; cotilédone faz

parte da estrutura do embrião do feijão e é o local onde ocorre o acúmulo das substâncias de reserva (EMBRAPA, 2017; KOBLITZ, 2011).

Os feijões exibem uma característica de adaptação bastante aceitável ao clima, o que permite um cultivo durante todo o ano, em quase todos os estados do país, possibilitando a oferta do produto na grande maioria do mercado (YOKOYAMA, 2002).

Figura 1- Estrutura externa da semente do feijão.



FONTE: EMBRAPA, 2017.

O feijão é constituído de proteínas, carboidratos complexos de baixo índice glicêmico, como o amido resistente, e baixo teor de lipídeos. A Tabela 1 contém a composição centesimal média do feijão cru descrita na Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TACO, 2011), podendo as composições químicas, oscilarem, de acordo com a variedade, origem, localização, clima, condições ambientais, tipo de solo, armazenamento, processamento e modificações genéticas (AFONSO, 2010).

Tabela 1 - Composição centesimal média (g/100g) de parte comestível do feijão cru.

| Componentes | Feijão Preto | Feijão Carioca | Feijão Rajado | Feijão Roxo |
|--------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|
| Carboidratos | 58,8 | 61,2 | 62,9 | 60,0 |
| Proteínas | 21,3 | 20,0 | 17,3 | 22,2 |
| Lipídeos | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,2 |
| Umidade | 14,9 | 14,0 | 15,0 | 12,6 |
| Cinzas | 3,8 | 3,5 | 3,7 | 4,0 |

FONTE: TACO, 2011.

O feijão preto apresenta o menor conteúdo de carboidratos; por outro lado, possui um teor proteico mais elevado do que o feijão carioca e rajado. A fração proteica do feijão apresenta uma biodisponibilidade menor em relação às proteínas de origem animal. Essa característica é atribuída à estrutura compacta (globular) que é resistente à proteólise; e também à presença de fatores antinutricionais. A estrutura proteica se forma a partir da polimerização de substâncias orgânicas, os aminoácidos. Sob o aspecto nutricional, os aminoácidos podem ser classificados como essenciais e não essenciais. O primeiro grupo consiste naqueles aminoácidos que não são sintetizados pelo organismo humano a partir de outros compostos orgânicos e, portanto, devem ser supridos através de uma dieta balanceada, de acordo com as necessidades individuais; já o segundo grupo compreende aqueles aminoácidos que o organismo consegue sintetizar em quantidades suficientes. A composição de aminoácidos essenciais encontrada em cultivares de feijão é composta, em ordem decrescente, por leucina, lisina, fenilalanina, valina, isoleucina, treonina, histidina e metionina. Referentes aos aminoácidos não essenciais, também em ordem decrescente, são encontrados ácido glutâmico, ácido aspártico, arginina, serina, alanina, glicina, tirosina, prolina e cisteína. (COZZOLINO, 2016; KOBLITZ, 2011; RIBEIRO et al., 2007).

O perfil lipídico do feijão preto apresenta quantidades diferentes entre ácidos graxos saturados (37%), monoinsaturados (14%) e poli-insaturados (49%), destacando a importante proporção de insaturados (monoinsaturados e poli-insaturados) totalizando mais de 50% do total de ácidos graxos. Sabe-se que o consumo de alimentos fonte de ácidos graxos monoinsaturados fornece maior benefício à saúde, pois proporciona menor risco para o aparecimento de doenças cardiovasculares, por evitar o acúmulo de taxas de colesterol sanguíneo (UMEDA, 2017). No estudo de Ryan et al. (2007), observou-se que em feijões da espécie *P. vulgaris* L. existiam quantidades elevadas de ácido α -linolênico (46%), com capacidade de reduzir os níveis séricos de LDL-colesterol, lipoproteínas de baixa densidade, que permitem a solubilização e transporte dos lipídeos (FALUDI et al., 2017).

Em respeito às fibras alimentares, o feijão preto atende as perspectivas recomendadas pela Organização Mundial da Saúde, de 25g ao dia (BRASIL, 2014), visto que 100g de alimento cozido supre 30% dessa orientação, podendo ser considerado um alimento rico em fibra alimentar (MOTTA et al., 2016).

Em relação aos micronutrientes, a constituição do feijão preto cru se mostra boa fonte de vitaminas e sais minerais. As vitaminas são essenciais no metabolismo, necessárias para a manutenção da saúde e das funções metabólicas como crescimento, manutenção e reprodução. Da mesma maneira, os sais minerais são fundamentais para o organismo e apresentam um grau de importância nutricional de acordo com sua função (TOLEDO, 2010). Dentre as vitaminas no feijão, se destaca a niacina, também denominada vitamina B3 (4,60 mg/ 100 g), classificada como hidrossolúvel, sendo, portanto, solúvel em compostos polares e excretada, quando em excesso, pela urina. A Tabela 2 indica os sais minerais presentes nos grãos de feijão (MAHAN, 2010; TACO, 2011).

Tabela 2 – Minerais em 100g de feijão.

| <i>Micronutriente</i> | <i>Mg</i> |
|-----------------------|-----------|
| Ferro | 6,5 |
| Potássio | 1416 |
| Fósforo | 471 |
| Magnésio | 188 |
| Zinco | 2,9 |

FONTE: TACO, 2011

Devido a sua composição nutricional, o feijão proporciona inúmeros benefícios à saúde, sendo indicado na prevenção e no tratamento de várias doenças, como: complicações cardíacas, diabetes *Mellitus*, obesidade e câncer (BRASIL, 2014; GEIL & ANDERSON, 1994; SATHE et al., 1981). O feijão preenche as principais recomendações dietéticas para a saúde, como o aumento do consumo de fibras e diminuição no consumo de lipídeos e sódio. A recomendação dos principais órgãos de saúde, como o Guia Alimentar para a População Brasileira, indica a ingestão diária de uma ou mais porções de feijão (BRASIL, 2014).

4.1.2 Produção e consumo

A produção de feijões ocorre em três tipos de safras. Safra da água ou 1ª safra, com plantio de agosto a novembro e colheita de novembro a fevereiro; a safra da seca, ou 2ª safra, com plantio de dezembro a março e colheita de março a junho;

e a safra de inverno, também chamada de safra de terceira época ou safra irrigada, com plantio de abril a julho e colheita de julho a outubro. As participações das safras na produção total são de: 46%, 31% e 26%, respectivamente. O feijão preto apresenta produção concentrada na 1ª safra, com 67%, e posteriormente na 2ª safra, com 24% (DEPEC, 2017; EMBRAPA, 2017).

As cultivares de feijão plantadas no Brasil terminam o ciclo de vida em 80 a 100 dias (alguns em menos tempo: 65 a 75 dias) e a colheita costuma ser feita manualmente, mecanicamente ou pela combinação de ambas. A produtividade do feijão depende de variáveis para que não prejudiquem o desempenho da cultura, como: modo de cultivar, época do plantio, adubação e manejo da irrigação, condições climáticas, entre outros (EMBRAPA, 2017).

A produção brasileira de feijão na safra de 2016/17 chegou a cerca de 3.350 toneladas, com produtividade média de 1.069kg por hectare. O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão, seguido pela Índia, China e México. Contudo, a produção brasileira é insuficiente para abastecer o mercado interno, necessitando importar este alimento de outros países, como Argentina e Estados Unidos (DEPEC, 2017). Nos estados do Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina e parte de Minas Gerais, a prevalência maior é a colheita e consumo de feijão com tegumento na cor preta, contrapondo a maioria dos estados do Brasil, em que predomina variedades do tipo cores, sendo o carioca a mais cultivada (DURIGON et al., 2015).

4.1.3 Aspectos tecnológicos

Após o processo de colheita e beneficiamento, com etapas de pré-lavagem, divisão entre sementes quebradas e inteiras, retirada de pedras e outras impurezas, escovação e seleção do feijão por tipo e tamanho, o feijão é ensacado e armazenado em simples depósitos ou armazéns. Esse processo de armazenamento dos grãos pós-colheita é um fator básico para uma boa condição de vida útil do produto, necessitando, entretanto, de um ambiente com baixa temperatura e baixa umidade. Logo, um ambiente arejado, frio e seco propicia melhores condições para a preservação e manutenção da viabilidade das sementes e minimização de perdas qualitativas do grão para consumo (EMBRAPRA, 2017). Em condições alteradas,

ocorrem efeitos químicos e enzimáticos como o *Hardshell* (endurecimento da casca, o que a torna impermeável à água) e o *Hard-To-Cook* (dificuldade de cocção, onde os grãos absorvem água, mas os cotilédones não amaciam durante a cocção, mesmo quando estão completamente hidratados) (RESENDE et al., 2008).

O armazenamento de sementes do feijoeiro, com teor de água inicial superior a 13%, mostra resultados de danos provocados por mudanças no metabolismo celular, como o aumento da atividade enzimática e respiratória das sementes, oportunizando o desenvolvimento de fungos, que serão favorecidos pela elevada temperatura. Os sinais iniciais da deterioração de sementes estão relacionados à alteração ou perda da integridade das membranas celulares. A partir da desorganização das membranas celulares, as sementes tendem a reduzir o vigor, o que pode ser verificado pelo aumento da quantidade de lixiviados durante o processo de embebição das sementes (YOKOYAMA et al., 2000).

Algumas características físicas e químicas relacionadas com a qualidade tecnológica dos grãos são: absorção de água antes (maceração) e após o cozimento, tempo de cozimento, percentagem de sólidos solúveis no caldo, cor do tegumento e do caldo, teor de fibra dietética, minerais, proteínas e vitaminas (EMBRAPA, 2017).

O tegumento do feijão perde sua permeabilidade durante o processo de armazenamento, contribuindo para o aumento no tempo de cocção. Sendo assim, nos grãos recém-colhidos, a casca influencia em aproximadamente 55% o tempo final de cocção; e no feijão armazenado, esse valor aumenta para 75%; em função, justamente, dessa diferença de permeabilidade. Logo, a casca é responsável pela dureza do grão e, por conseguinte, pelo elevado tempo de cocção (BRAGANTINI, 2005; EMBRAPA, 2017).

As técnicas do processo de manipulação podem influenciar no produto final. A lavagem do grão antes da cocção e a própria cocção em água proporcionam perdas de vitaminas hidrossolúveis e de minerais por lixiviação (Tabela 3); mas, por outro lado, assegura a inativação dos fatores antinutricionais, proporcionando a obtenção das propriedades sensoriais de sabor e textura exigidos pelo consumidor, além da necessidade de realizar o processo em um menor tempo de cocção (EMBRAPA, 2017; ORNELLAS, 2007; TOLEDO, 2008).

Tabela 3 - Perda de minerais por lixiviação em feijão cozido.

| <i>Micronutriente</i> | <i>Perda (%)</i> |
|-----------------------|------------------|
| Cálcio | 49 |
| Magnésio | 65 |
| Fósforo | 65 |
| Potássio | 64 |
| Nitrato | - |

FONTE: Adaptada de FENNEMA, 1992.

A intensidade da redução de micronutrientes dos alimentos em contato com a água, seja pelo processo de lavagem ou cocção, está relacionada com aspectos diversos. O pH ácido do meio e a temperatura favorecem a solubilidade dos sais minerais; já a quantidade de água no alimento e a relação superfície/volume, faz com que quanto maior for a superfície do alimento exposto à água, maior seja a perda. Estes fatores influenciam no produto final, portanto, se a cocção do alimento for realizada em água dura, que possui alto teor de cálcio e magnésio, o mesmo poderá conter maior teor de cálcio no final do processo (ORDOÑEZ et al., 2005).

Dentre os aspectos tecnológicos e de processamento, um método pouco utilizado, contudo, muito eficaz para a conservação, é a irradiação em alimentos. A partir da eliminação de micro-organismos, é possível estender a vida útil e reduzir perdas da safra durante o armazenamento dos feijões. É um processo seguro de conservação dos alimentos, mas que necessita da avaliação dos efeitos químicos, físicos e sensoriais que podem alterar o produto em função da interação com a radiação ionizante (BRIGIDE, 2002; DA SILVA & DA ROZA, 2010; NASCIMENTO, 1992).

4.1.3.1 Maceração

O método de maceração do feijão, usualmente chamado de “demolhar”, ou “colocar de molho” previamente à cocção, é uma alternativa muito comum no uso doméstico, a qual hidrata o grão a fim de reduzir o conteúdo de substâncias antinutricionais, além de diminuir a resistência quanto ao transporte de macro e micronutrientes (TOLEDO et al., 2008).

Esta técnica simples faz acelerar algumas reações químicas, tais como a gelatinização do amido e a desnaturação proteica durante o cozimento; todavia, o tempo de maceração vai depender do genótipo do feijão utilizado (ZAMINDAR et al., 2013).

A porcentagem de absorção de água em feijões macerados, após 18 horas, pode oscilar de 98 a 120% por consequência do genótipo do grão e do tempo de armazenamento do produto. A capacidade dessa absorção é proporcional ao tempo de hidratação, uma vez que o tempo de cocção do grão após maceração reduz em relação ao tempo em que o grão permanece na água, o que se explica pela alta capacidade de hidratação dos grãos de feijão. Desta maneira, quando o processo de cocção inicia, o grão já hidratado apresenta polissacarídeos pécticos, presentes na parede celular primária do vegetal, que possui menor peso molecular e maior flexibilidade. Logo, quando feijões macerados são cozidos, a solubilização das pectinas necessita de menor energia térmica, reduzindo assim o tempo de cocção (HERNANDEZ & ESCUDERO, 1993; MKANDA et al., 2007; RODRIGUES et al., 2005).

Os fatores antinutricionais também apresentam, em grande parte, redução com a prática da maceração. A água de maceração que é descartada antes do início do cozimento de feijões favorece a eliminação do teor de taninos, pois são substâncias que apresentam alta solubilidade em água, álcool, glicerina e polietilenoglicol; e na presença de solventes orgânicos apolares, são insolúveis. Os aspectos tecnológicos influenciam na redução do teor de taninos, a partir da sua estrutura físico-química. No processo de cocção, os taninos apresentam diminuição provavelmente pelas alterações ocorridas nos componentes químicos da parede celular, pela alta temperatura, ou pela decomposição de certos compostos fenólicos (COSTA DE OLIVEIRA et al., 2001; RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2008; VILLAVICENCIO et al., 2000).

As características naturais, hidrofílicas e termolábeis, dos taninos propiciam reduções significativas após a aplicação de métodos de processamentos, como a maceração e cocção. Quando em contato com elevadas temperaturas, os polifenóis penetram na estrutura do cotilédone e reagem com sua proteína, tornando-a menos susceptíveis à hidrólise enzimática (BRESSANI et al., 1983).

No estudo de Rockenbach (2018) foi identificada uma redução de 25% no tempo de cocção dos grãos após hidratação, sendo de 10 minutos a diferença entre

os grãos macerados e não macerados. A maceração favorece a perda de alguns nutrientes e reduz o tempo de cocção; entretanto, em proporções diferentes: quanto maior o tempo de maceração, maior será a perda de nutrientes, como carboidratos, vitaminas e minerais; quanto maior o tempo de maceração, menor será o tempo de cocção (RODRIGUES et al., 2005).

Existe uma alternativa ao processo tradicional de maceração, chamado de maceração forçada, que tem como principal característica a hidratação dos grãos em água quente (100°C). Contudo, essa prática pode ocasionar inibição de enzimas que intervêm na degradação de polifenóis e na hidrólise de amido, e ainda afetar a qualidade nutricional por exposição mais prolongada ao calor (ROCKENBACH, 2018). No estudo de Zimmerman et al. (2009), foi investigado que a adição de água fervente nos grãos acelerou a hidratação dos mesmos e facilitou a cocção, além de proporcionar um aumento na perda de sólidos solúveis nos grãos.

4.2 FATORES ANTINUTRICIONAIS

Os compostos antinutricionais estão presentes em uma gama de alimentos habituais da dieta da população brasileira, principalmente os de origem vegetal. Quando ingeridos, estas substâncias possuem ações redutoras ou inibitórias de outros micronutrientes essenciais ao organismo humano. As interferências podem variar desde a redução da digestibilidade e da absorção, até provocar efeitos adversos ao organismo. Quando ingeridos em altas concentrações, podem ocasionar diminuição da disponibilidade biológica dos aminoácidos essenciais e minerais, além de causar possíveis irritações e lesões da mucosa gastrintestinal, interferindo assim, na seletividade e eficiência dos processos biológicos (SGARBIERI, 1987).

Alguns fatores antinutricionais, como os taninos em feijões, possuem a capacidade de complexação com macromoléculas, como as proteínas e polissacarídeos, reduzindo significativamente a biodisponibilidade mineral e a digestibilidade proteica no organismo humano (PEREIRA & DAS GRAÇAS CARDOSO, 2012).

Os fatores antinutricionais que fazem parte do alimento exercem ação tóxica ou antinutricional quando ingeridos em sua forma ou estrutura mais natural, sem

nenhum processamento, a exemplo dos alimentos crus ou insuficientemente cozidos (CANIATTI-BRAZACA, 1997).

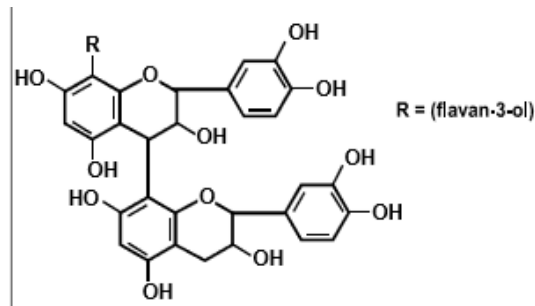
4.2.1 Taninos

As plantas produzem uma larga e diversa ordem de componentes orgânicos divididos em metabólitos primários e secundários. Os metabólitos primários possuem função estrutural e de armazenamento de energia. Os metabólitos secundários não possuem relação com crescimento e desenvolvimento da planta, mas possuem ação antioxidante, atuam no mecanismo de defesa e ainda, entre outras ações, conferem cor às plantas (TAIZ & ZEIGER, 2006). Os compostos fenólicos são uma das maiores classes de metabólitos secundários de plantas, abrangem os ácidos fenólicos, as cumarinas, os flavonoides e os taninos. Eles contêm pelo menos um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila. Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais. Nos alimentos, essas substâncias são responsáveis pela cor, aroma, estabilidade oxidativa e adstringência, este último ocorre pelos taninos formarem complexos, e precipitarem glucoproteínas salivares, o que causa a perda do poder lubrificante (BRUNETON, 1991; DUBICK & OMAYE, 2002).

Os taninos são compostos de alto peso molecular, largamente encontrados no reino vegetal, e possuem suficientes grupos hidroxila fenólico para permitir a formação de ligações cruzadas estáveis com proteínas. Estão presentes em folhas, cascas, frutas, madeiras, e podem se acumular em tecidos ou órgãos de plantas específicas. Apresentam caráter hidrofílico, termolábil, além da presença de aminoácidos alifáticos e aromáticos na estrutura interna de proteínas. São classificados em dois grandes grupos, de acordo com suas diferenças de estrutura e propriedades: taninos hidrolisáveis ou não condensáveis, como o ácido tânico; e taninos condensados ou não hidrolisáveis (SILVA & SILVA, 1999, COZZOLINO, 2005).

Os taninos condensados estão presentes na fração da fibra alimentar do alimento; possuem uma estrutura polimérica, como a catequina; suas moléculas são bastante resistentes à degradação microbiológica e estão relacionadas com os pigmentos flavonoides (BHAT et al., 1998).

Figura 2 – Estrutura química de tanino condensado.



FONTE: BATTESTIN et al., 2008.

Os compostos fenólicos apresentam duplo efeito: podem agir com ação antioxidante, como captadores de radicais livres do organismo, que provocam doenças degenerativas como câncer, esclerose múltipla, o próprio envelhecimento, Mal de Alzheimer, Parkinson, entre outras; mas por outro lado, os taninos estão envolvidos possivelmente na formação de cânceres, hepatotoxicidade e efeitos antinutricionais, assumindo um papel prejudicial ao organismo (MONTEIRO et al. 2005).

Os taninos presentes nos feijões estão concentrados primeiramente no tegumento e em seguida, nos cotilédones; portanto, seus níveis oscilam de acordo com a coloração da casca do feijão. O feijão branco apresenta o menor teor de taninos, enquanto o vermelho e o preto possuem quantidades significativamente maiores (BRESSANI et al., 1983).

O método de maceração do feijão é uma técnica importante para reduzir os níveis de taninos nos feijões. Sem este processo, cerca de 70% do tanino original permanece no feijão, mesmo após cocção por 60 minutos (LUMEN & SALAMAT, 1980; ZAMINDAR, et al., 2013). A redução dos níveis de taninos em até 88% foi observada nos estudos envolvendo a maceração e a cocção do feijão, com descarte da água da maceração (COSTA DE OLIVEIRA et al., 2001).

A relação entre o tempo de cocção, associado ou não à maceração, e a concentração residual de taninos no caldo do feijão, através de cocção em panela normal ou em panela de pressão, ocorre, pois, durante o processamento, os taninos podem migrar para a água de maceração ou para o caldo de cocção, sendo possível que se difundam para o endosperma do cotilédone e se liguem às proteínas. Esta mudança acontece por alteração de solubilidade e reatividade. Assim, tanto a maceração quanto a cocção tem função importante como alternativa de eliminação

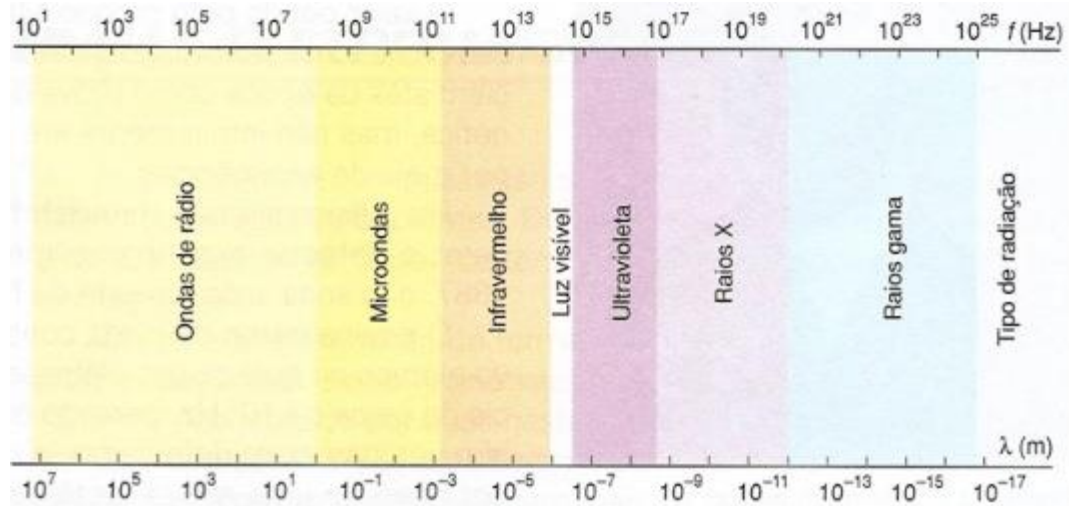
dos taninos, que estão habitualmente presentes no consumo deste alimento (MARTÍNEZ-MANRIQUE et al., 2011; MKANDA et al., 2007).

Os efeitos antinutricionais dos taninos incluem também a interferência na disponibilidade de alguns micronutrientes. Por serem agentes formadores de complexos com proteínas, podem ocasionar uma redução na digestibilidade e na absorção de ferro, glicose e vitamina B12 (HUGHES et al., 1996). Portanto, os taninos, e outros compostos fenólicos podem formar complexo insolúvel com ferro no trato intestinal, e com isso, reduzir a biodisponibilidade de ferro solúvel (MKANDA et al., 2007; MARTÍNEZ-MANRIQUE et al., 2011).

4.3 ALIMENTOS IRRADIADOS

A irradiação em alimentos, caracterizada pela fração gama (com propriedade de atravessar a matéria), tem como finalidade atuar sobre os micro-organismos patogênicos, retardar ou inibir ciclos de maturação, complementar a ação de outros métodos de conservação, incrementar colheitas através do tratamento de sementes, produzir alimentos com qualidades sensoriais e facilitar o armazenamento de produtos congelados, visto que não envolve aumento de temperatura (BRASIL, 2001; EVANGELISTA, 2005). A irradiação, no âmbito físico, refere-se a partículas e campos que se propagam, transferindo energia, no espaço, preenchido ou não por matéria. No espectro eletromagnético (Figura 3) se identifica as principais ondas eletromagnéticas conhecidas, divididas por faixas de frequência que recebem nomes específicos. As fontes de radiação que geram calor são a infravermelho e a micro-ondas, diferente da irradiação ionizante, que não gera calor e possui alto poder de penetração, e grande quantidade de energia (FELLOWS, 2008; SANTOS, 2012).

Figura 3 – Espectro eletromagnético.



FONTE: SANTOS, 2012.

A irradiação, para efeito de preservação de alimentos, visa impedir a multiplicação de microrganismos que causam a deterioração da matéria-prima, tais como bactérias e fungos, através da alteração da estrutura molecular dos mesmos, além de inibir a maturação de algumas frutas e legumes, alterando o processo fisiológico dos tecidos da planta; e também, a partir de doses elevadas (10 a 50 kGy), ocasionar efeitos de esterilização em alguns alimentos, sendo este uso restrito (FELLOWS, 2008).

As fontes de irradiação de alimentos provêm de fonte radioativa e mecânica. A fonte radioativa procede de cobalto 60 (o mais utilizado em alimentos), do césio 137 e de barras de combustíveis empregados em reatores nucleares. As fontes mecânicas se dão através de aparelhos aceleradores de elétrons, que apresentam inúmeras vantagens, como fácil manejo, custo acessível, utilização em países com recursos atômicos insuficientes e segurança operacional. Existem três métodos de aplicações de irradiações de alimentos, sendo que o processo escolhido vai ao encontro de características condizentes ao alimento. Para leguminosas, utiliza-se a radurização, que consiste em aplicar doses média (1 até 10 kGy) que não alterem o produto e reduzam sensivelmente a carga microbiana, a fim de aumentar a vida útil do alimento. Com fins tecnológicos, é possível utilizar doses medianas (entre 2 e 7 kGy) para reduzir o tempo de cocção de leguminosas (EVANGELISTA, 2005; ORDOÑEZ et al., 2005).

Em relação à dose absorvida, a mínima deve ser suficiente para alcançar a finalidade desejada, e a máxima deve ser inferior àquela que comprometeria as

propriedades funcionais e/ou os atributos sensoriais do alimento. A unidade que mede a dose absorvida é o gray (Gy), assim, 1 Gy equivale a 1J (Joule) de energia absorvida por 1 Kg de alimento irradiado. A taxa de dose é a energia absorvida por unidade de tempo, deste modo, os irradiadores gama diferem dos aceleradores por possuírem uma baixa taxa de dose, levando mais tempo de irradiação, enquanto os aceleradores, com sua alta taxa de dose, podem ser muito mais rápidos. A classificação, segundo a quantidade de força ou intensidade da dose de irradiação, varia em três distintos graus: baixas, médias e altas doses (BRASIL, 2001; EVANGELISTA, 2005).

Para irradiar alimentos se requer o desenvolvimento de um sistema legislativo o qual garanta a correta aplicação do processo, além de colaboradores qualificados e equipamento extremamente especializado. No Brasil, em 2001, foi aprovado o Regulamento Técnico para a Irradiação de Alimentos (RDC nº 21 de 26/01/2001), onde especifica que a irradiação em alimentos é um processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, em doses controladas de radiação ionizante, com finalidades sanitária, fitossanitária e/ou tecnológica. Sobre os requisitos para instalações e controles de processo, o tratamento dos alimentos por irradiação deve ser realizado em instalações licenciadas pela autoridade competente, após autorização da Comissão Nacional de Energia Nuclear e cadastramento no órgão competente do Ministério da Saúde. Para isso, é necessário o Manual de Boas Práticas de Irradiação de acordo com o que determina a legislação. As fontes de irradiação autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear são Isótopos radioativos emissores de radiação gama, como Cobalto 60 e Césio 137; Raios X gerados por máquinas que trabalham com energias de até 5 MeV; e elétrons gerados por máquinas que trabalham com energias de até 10 MeV (BRASIL, 2001).

A matéria prima a ser utilizada no processo de irradiação merece atenção especial, visto que antes do uso de qualquer tecnologia, sem uma matéria prima de qualidade, não há um produto final igual ou superior. Portanto, algumas condições são fundamentais para que o processo seja efetuado com sucesso: transformações químicas e físicas da estrutura do alimento; capacidade de penetração na matéria prima; grau de alteração das características sensoriais e de valor nutritivo do produto; intensidade e quantidade da dose; entre outros (EVANGELISTA, 2005).

Os critérios para a embalagem também são determinados na RDC nº 21, indicando condições higiênicas aceitáveis, características apropriadas para o processo da irradiação e concordância com a legislação vigente competente. Na rotulagem dos Alimentos Irrradiados, além das informações gerais e específicas do alimento, deve constar: "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO", com as letras de tamanho não inferior a um terço (1/3) da letra de maior tamanho que contém as demais informações de rotulagem, assim como o símbolo internacional para alimentos irradiados, de acordo com a Figura 4. Quando um alimento irradiado for parte integrante de outro produto, deve ser declarada essa situação na lista de ingredientes do rótulo alimentar (BRASIL, 2001).

Figura 4 - Símbolo da radura.



FONTE: FERREIRA et al., 2010.

Os alimentos irradiados necessitam de cuidados especiais precedentes e procedentes ao processamento. No caso do feijão, antes do processamento é necessário que aconteça a colheita no período exato da sua maturação, e a limpeza, para auxiliar na redução da flora microbiana. Após o processo da radiação existem aspectos relevantes de controle referentes às condições de envasamento e armazenamento do produto final como temperatura, luminosidade e umidade relativa do ar. A irradiação penetra nos materiais das embalagens dos alimentos, reduzindo o risco de contaminação pós-processamento, permitindo assim, o manuseio mais fácil das embalagens. No entanto, estes materiais são sujeitos a alterações induzidas por irradiação, como exemplo do papel e papelão que (com dose máxima de irradiação) apresentam perda de resistência mecânica após o processamento, assim como o vidro, que apresenta escurecimento. Portanto, a escolha do material da embalagem é necessária para evitar a contaminação dos alimentos com produtos

que possam sofrer alterações nas suas propriedades físicas e químicas devido ao processo aplicado (EVANGELISTA, 2005; FELLOWS, 2006).

4.3.1 Efeitos químicos, biológicos e nutricionais

A variação dos efeitos da irradiação em relação ao teor nutricional depende de indicadores como a dose ao qual o alimento é exposto, o tipo de alimento, sua embalagem, tempo e temperatura de armazenamento pós-processamento, entre outros. A irradiação, quando executada de acordo com as normas recomendadas, não altera fisicamente a aparência, a forma ou a temperatura dos produtos, provocando alterações químicas insignificantes nos alimentos, motivo pelo qual a OMS recomenda sua aplicação e uso. Com a aplicação desse método não foram identificados efeitos residuais, mas, apesar disso, os meios de conservação dos alimentos após processamento necessitam ser realizados em condições adequadas de baixa umidade e temperatura, a fim de evitar contaminação microbiana (VERRUMA-BERNARDI & SPOTO, 2003).

Com doses de irradiação igual ou inferiores a 10 kGy, os macronutrientes, como carboidratos e proteínas, permanecem estáveis, porém os lipídeos podem sofrer um processo de auto-oxidação das gorduras insaturadas, resultando em alterações desagradáveis no aroma e odor, com sabor de ranço. Por isso, alimentos com alto teor desse nutriente são, normalmente, impróprios para irradiação; os micronutrientes, em especial as vitaminas (como em qualquer método de tratamento), podem ser sensíveis. Em particular, o efeito manifesta-se no conteúdo de alguns aminoácidos, com destaque para lisina, e das vitaminas A, B1, C, E, e K; já as vitaminas B2, B3 e D são bastante radiorresistentes (FELLOWS, 2006; ORDEÑEZ et al., 2005). Segundo o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), o processo de irradiação acarreta mínimas alterações químicas nos alimentos, nenhuma conhecida como nociva, perigosa, ou mais invasiva do que qualquer outro método convencional de conservação (CENA, 2018; VILLAVICENCIO, 2000).

O uso da irradiação em doses baixas apresenta alta eficácia para prolongar a vida útil dos alimentos. Sabe-se que a sensibilidade da molécula à irradiação é diretamente proporcional ao seu peso molecular e, portanto, a dose letal de irradiação associada a cada organismo vivo diminui à medida que aumenta a

complexidade em nível celular. Os íons reativos produzidos pela irradiação dos alimentos afetam os micro-organismos rapidamente, alterando sua estrutura celular, principalmente o DNA e as moléculas de ácido ribonucleico no núcleo das células, impedindo que o micro-organismo se reproduza por meio de divisão celular. De acordo com a norma geral do *Codex Alimentarius* (FAO, 2001), os alimentos com baixo volume hídrico, como as leguminosas, podem ser submetidos a um novo processo de irradiação, porém, a média global absorvida como consequência da irradiação repetida não deve exceder 10 kGy (ORDOÑEZ et al., 2005).

As terminologias “contaminação radioativa” e “irradiação” são frequentemente confundidas. A primeira caracteriza-se pela presença indesejável e acidental de material radiativo em determinado local, onde não deveria estar. Enquanto que a irradiação significa a exposição de um objeto à radiação, o que pode ocorrer a uma distância, sem necessidade de contato direto com a fonte radioativa. Desta maneira, irradiar denota apenas receber a radiação enquanto permanece em um campo radioativo, com o cessar da fonte de radiação, sem contaminação e radioatividade (COUTO & SANTIAGO, 2010).

A irradiação em alimentos difere de acordo com as características específicas de cada produto, ademais, o processamento deve ser realizado de acordo com as normas estipuladas pela autoridade competente, para evitar riscos ao consumidor. Assim, aumenta a vida útil dos alimentos e auxilia na sua distribuição e comercialização. Contudo, é importante ressaltar que a irradiação em alimentos não substitui as boas práticas de produção ou de fabricação, normas estas sob as quais devem se pautar os processos produtivos (BRASIL, 2001; COUTO & SANTIAGO, 2010).

4.3.2 Aplicação na indústria de alimentos

O método de irradiação pode ser utilizado na indústria de alimentos tanto isoladamente quanto em combinação com outros tipos de tratamentos. As vantagens em comparação com os métodos convencionais são muitas, destacando a possibilidade de tratar os alimentos mesmo depois de acondicionados, e conservá-los em estado fresco por longo período, além de proporcionar alteração mínima de temperatura, podendo ser utilizado para destruir micro-organismos em alimentos congelados. As desvantagens deste método são o alto custo, o risco de exposição à

radiação do operador e a resistência dos consumidores devido ao medo da radioatividade (FELLOWS, 2006; ORDOÑEZ et al., 2005).

O método de irradiação em alimentos no Brasil tem caráter mais experimental do que comercial, mesmo que existam estudos demonstrando a aceitação da população em relação ao consumo de alimentos irradiados. Em entrevista sobre o consumo deste tipo de produto, 89% dos entrevistados responderam que consumiriam alimentos irradiados se soubessem que a irradiação aumentaria a segurança alimentar contra inúmeras doenças. Após aprovação pela Food and Agriculture Organization (FAO) e pela OMS, a irradiação tem sido utilizada em aproximadamente 40 países (FELLOWS, 2006; ORNELLAS, 2006), porém, alguns aspectos são necessários para que o alimento sofra tal processo: o alimento deve receber uma dose de tolerância, ou seja, a dose máxima que o alimento pode receber sem sofrer efeitos que prejudiquem o seu consumo pelo ser humano; o tratamento deve ser compatível com os aspectos legais estabelecidos pelas autoridades sanitárias (inócuo à saúde do consumidor); e, sobretudo, obedecer à legislação vigente do país importador (GIDDINGS & MARCOTTE, 1991; ORNELLAS, 2006).

A irradiação na indústria de alimentos apresenta um caráter distinto, visto que se pretende prolongar a vida útil do alimento sem que ocorra aumento significativo de sua temperatura, utilizando, nesse caso, radiação ionizante com frequência limitada. Portanto, recorre-se ao emprego de radiações eletromagnéticas com energia suficiente para ionizar os átomos e/ou moléculas com os quais interagem, sem apresentar perigo toxicológico e problema microbiológico ou nutricional ao alimento (FELLOWS, 2006; ORDOÑEZ et al., 2005).

O surgimento de insetos-praga e fungos nos grãos de feijão ocorre ainda no campo, levando-os para o ambiente de armazenamento, normalmente com alta temperatura e alta umidade relativa, que causam perdas na pós-colheita: tornam os grãos susceptíveis ao fenômeno de endurecimento e escurecimento, causam mudanças indesejáveis na textura, sabor, e aumentam o tempo de cocção. Tais perdas, em conjunto com a crescente expansão das áreas de produção de feijão, e o aumento considerável de procura no mercado interno e externo, vêm ocasionando a necessidade do desenvolvimento de técnicas frente a estes problemas. O uso da irradiação no feijão viabiliza ao público um produto com maior confiabilidade e qualidade sanitária (EMBRAPA, 2017; REIS, 2018).

4.3.3 Uso da irradiação no processamento do feijão

Algumas leguminosas são substratos ideais para o desenvolvimento de micro-organismos e atração para agentes predadores (representados por insetos). Estes problemas nos grãos podem ocorrer desde a colheita até o armazenamento em condições inadequadas, com temperatura e umidade relativa elevadas, ocasionando sérios problemas econômicos. No Brasil, devido ao clima quente e úmido, esta dificuldade é aumentada e, por isso, existe a necessidade de buscar alternativas tecnológicas para melhoria do produto. A utilização de meios tradicionais como, inseticidas, fumigação, e armazenamento hermético apresentam algumas falhas já conhecidas, por possíveis intoxicações aos empregadores, alto valor de mercado e resíduos tóxicos (EVANGELISTA, 2005).

A irradiação é utilizada para destruição de micro-organismos e parasitas, reduzindo perdas de safras; para a inibição de mudanças bioquímicas; e para o prolongamento da durabilidade do alimento, garantindo a qualidade higienicossanitária. No entanto, em feijões, a irradiação é utilizada como análise de estudo e não como método de processamento de uso comercial (FELLOWS, 2008). A etapa da maceração após o feijão irradiado tem por finalidade atingir as condições de consumo ideal, e, nos estudos, acontece como fase de preparo das amostras nas análises químicas, com proporção de 1:3 (grão:água) em água destilada, com tempos diferentes, que variam entre 5 à 18 horas. Para fim de consumo, todo feijão necessita passar pela etapa de cocção, para que possa ficar palatável, logo, mesmo irradiado, o feijão também sofre tratamento térmico, exceto quando em caso específico de análise de pesquisa (BRIGIDE, 2002; MECHI et al., 2005).

O feijão apresenta valor nutricional agregado a partir do teor proteico e, principalmente, do ferro; entretanto, mostra alguns aspectos negativos, como os fatores antinutricionais. O método de irradiação consegue causar alterações nas composições físico-químicas dos fatores antinutricionais, afeta a biodisponibilidade de micronutrientes e também influencia na redução no tempo de cocção dos grãos de feijão, podendo chegar a diminuições de aproximadamente 64% em relação ao tempo comum (53 minutos), com doses de irradiação de 10 kGy (PINN, 1992).

No estudo de Brigide (2002), o método de irradiação com dose de 6 kGy mostrou-se o mais efetivo para beneficiar a biodisponibilidade do ferro. Em soma, o

processo de irradiação apresentou melhoria da qualidade nutricional do grão, além de conferir conservação prolongada do mesmo. Pode-se observar também que os teores de taninos obtiveram reduções proporcionais de acordo com o aumento da dose da radiação, assim como o tempo de cocção, exceto na dose de 2 kGy, na qual aconteceu aumento na quantidade de taninos.

Com o método de irradiação em feijões, o menor teor de taninos foi na dose de 2 kGy e o maior na de 8 kGy (MECHI et al., 2005). Já no estudo de Villavicencio (2000), o tratamento em feijões com maceração, com posterior armazenamento de 6 meses à temperatura ambiente, por irradiação nas doses de até 10 kGy, mostrou decréscimo no teor de taninos proporcionalmente ao aumento da dose. No estudo de Delfino et al. (2010), identificou-se que quanto maior o tempo de armazenamento dos grãos de feijão, menor o teor de tanino nos mesmos, devido à oxidação e à menor solubilidade decorrentes de seu maior grau de polimerização. Na análise de Ferreira (2010), os feijões que não sofreram radiação, e sem maceração, apresentaram o maior conteúdo de taninos e à medida que a dose era aumentada, foi observada uma tendência à redução nesse teor.

Um estudo avaliou os efeitos da irradiação em feijão preto macerados por 8 horas, nos aspectos de aparência, textura, aroma e sabor com doses variadas, comparando com feijão não irradiado. A dose de 6 kGy evidenciou o melhor resultado para a questão aparência; já a amostra com dose de 2 kGy revelou melhor aroma. O grupo de feijão não irradiado recebeu maiores notas para os atributos “amargo” e “estranho”, dado que o processo de irradiação pode destruir parcialmente substâncias fenólicas (incluindo os taninos), diminuindo a percepção de amargor e sabor estranho dos grãos (CAMARGO DE MOURA et al., 2005).

Em relação ao teor de ferro em feijões: o maior conteúdo foi encontrado em feijão cru sem radiação; em contrapartida, em feijão cozido sem radiação, foi encontrado o menor teor deste mineral. No feijão cru, houve variação de ferro entre os irradiados e os não irradiados (MECHI et al., 2005).

Sobre a disponibilidade de ferro em feijões, com e sem radiação, observou-se um aumento gradativo de disponibilidade de ferro em função do acréscimo da dose de radiação, exceto na dose de 8 kGy. O menor valor encontrado de porcentagem de ferro dialisado, dentre os feijões macerados, foi com a aplicação de uma dose de 2 kGy. O conhecimento e seleção de vegetais com maior quantidade de ferro disponível é muito relevante para o aumento da quantidade de ferro em populações,

já que é a deficiência nutricional de micronutriente mais comum em todo mundo (MECHI et al., 2005).

Comparando com os métodos convencionais utilizados para conservação de grãos (especialmente os feijões), o processo de irradiação vem ganhando destaque e relevância pela sua segurança, preservação das características nutricionais e sensoriais, e eficiência, uma vez que o substrato tratado pela radiação ionizante recebe a dose que inibe a reprodução ou provoca a morte de micro-organismos indesejados (ARTHUR, 1997).

4.4 MICRONUTRIENTES

As células, no organismo humano, coordenam inúmeras reações químicas com liberação (catabolismo) e consumo (anabolismo) de energia. O conjunto destas reações denomina-se metabolismo e, para este funcionamento, necessita-se de nutrientes. Nem todos os nutrientes são requeridos nas mesmas quantidades; os macronutrientes são necessários em grandes quantidades, como carboidratos, proteínas e lipídios; enquanto os metais e vitaminas são requeridos em quantidades muito pequenas (metais traços), denominados micronutrientes. Vários metais são fundamentais para o crescimento celular, com destaque para o ferro, que desempenha função na respiração celular (MADIGAN et al., 2010).

4.4.1 Ferro

Existem duas formas químicas de ferro nos alimentos: o ferro heme, sendo encontrado em alimentos de origem animal na forma de hemoglobina ou mioglobina, com absorção pouco influenciada por fatores antinutricionais e solúvel no meio alcalino do intestino (facilitando absorção); e o ferro não heme, com baixa biodisponibilidade, sendo influenciado por fatores da alimentação, e também pelo nível de ferro no organismo (COZZOLINO, 2005).

Estima-se que o ferro heme contribua com 10 a 15% do total de ferro consumido em populações, porém, por ter maior biodisponibilidade, supõe-se que essa forma contribua com 40% do total de ferro absorvido. O ferro não heme (contido no ovo, cereais, feijões e hortaliças), apesar de menos absorvido, está em maior concentração na dieta da população (COLLI, 1988).

Depois de ingerido, a distribuição do ferro no organismo pode ocorrer de maneira distinta, pela incorporação aos compostos funcionais (hemoglobina, mioglobina, etc.), pelo armazenamento na forma de ferritina, ou para regulação do metabolismo pós-transcricional de ferro na célula. O controle do consumo e absorção deste oligoelemento é fundamental para evitar processos deletérios. Ainda que o ferro possua diversos fatores nutricionais benéficos, o excesso pode provocar aumento do estresse oxidativo (COZZOLINO, 2016; ROUAULT & KLAUSNER, 1996).

O ferro exerce papel expressivo na homeostase do organismo, pois participa de processos celulares vitais como: transporte de oxigênio, produção de energia através do metabolismo oxidativo, crescimento celular atuando na síntese de ácidos nucléicos, síntese de neurotransmissores cerebrais, cofator em reações enzimáticas e outros processos metabólicos. A quantidade de ferro estocado varia de acordo com idade, sexo, vulnerabilidade social, entre outros. Todavia, crianças e mulheres possuem concentrações reduzidas de ferros armazenadas quando comparadas aos homens. Normalmente, o ferro não é excretado do organismo, portanto sua regulação depende da alteração da razão de absorção do trato gastrointestinal. O estado nutricional do indivíduo é fator determinante para o grau de absorção do ferro (COZZOLINO, 2005, 2016; DEN BROEK, 1998; VITOLO, 2008).

Em situações de excesso de ferro no organismo, as concentrações hepáticas indicam expressão do gene para a hepcidina, que é um hormônio produzido no fígado, com função regulatória na absorção intestinal de ferro. Esse hormônio, secretado no plasma, circulará até os enterócitos e inibirá a expressão de ferroportina (encontrada na membrana basolateral), impedindo que o ferro seja exportado para o plasma. O ferro acumulado nos enterócitos será excretado nas fezes, à medida que essas células forem eliminadas e substituídas no trato digestório. A absorção intestinal de ferro é aumentada, conseqüentemente, quando os estoques de ferro encontram-se reduzidos, dada às alterações na expressão das proteínas (Dcytb, DMT-1 e ferroportina), que são reguladas pela hepcidina (NEMETH, 2006; COZZOLINO, 2016).

De acordo com a OMS (OMS, 2001), a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de ferro para crianças entre 1 a 6 anos de idade é de 6 mg/dia e entre 7 a 10 anos, é de 9 mg/dia. O principal mecanismo de manutenção da homeostase do ferro corporal é a quantidade absorvida, uma vez que o organismo não possui um

mecanismo regulador da sua perda (TEIXEIRA, 2003). O trato intestinal possui função essencial no reaproveitamento do ferro corporal, uma vez que a absorção pode ser maior ou menor, de acordo com as necessidades do organismo. Sendo assim, quando as reservas estão reduzidas, ocorre aumento da absorção e quando elas estão aumentadas, ocorre inibição (BRIGIDE, 2002).

Os fatores antinutricionais taninos, fitatos, fosfatos e cálcio têm efeito inibitório, anulando a absorção do ferro. Por tais motivos, existem dietas com níveis de biodisponibilidades de ferro, para que se tenha um equilíbrio nutricional sem prejudicar a absorção deste micronutriente essencial para o desenvolvimento psicomotor de crianças; pois sua falta pode causar efeitos danosos ao organismo humano como fadiga, distúrbios comportamentais e prejuízo no crescimento (VITOLLO, 2008).

Uma dieta com baixa biodisponibilidade inclui basicamente alimentos fonte de carboidratos, com pouca presença de carne, peixe ou vitamina C, contendo predominantemente alimentos que inibem a absorção de ferro, como arroz, feijão, milho e farinhas. Dieta com biodisponibilidade intermediária inclui também os alimentos fonte de carboidratos, com adição de algumas fontes de origem animal e/ou ácido ascórbico. Dieta com alta biodisponibilidade contém variados grupos de alimentos, com quantidades moderadas de carnes, aves, peixe ou alimentos ricos em ácido ascórbico (VITOLLO, 2008).

4.4.2 Biodisponibilidade

A definição concisa para biodisponibilidade de nutrientes ainda está em pesquisa, dados os diferentes aspectos que a influenciam. Todavia, os estudos de biodisponibilidade de nutrientes referem-se à biodisponibilidade quantitativa, por exemplo, relativa à utilização do nutriente pelo teor da fonte na dieta e à biodisponibilidade qualitativa, relativa à extensão de utilização do nutriente em função da capacidade bioquímica e estrutural do organismo. Em 1984, um bioquímico descrevendo técnicas para medir a absorção e biodisponibilidade do oligoelemento ferro, propôs a definição de biodisponibilidade como: “proporção do nutriente nos alimentos que é absorvida e utilizada, por meio de processos de transporte, assimilação e conversão para a forma biologicamente ativa” (LOWE & WISEMAN, 1998; O’DELL, 1984).

A absorção é uma das etapas fundamentais da biodisponibilidade, e já que o ferro apresenta-se em variadas formas nos alimentos, conseqüentemente, ocorrem maneiras de absorção distintas. O ferro heme não depende tanto do estado nutricional do indivíduo e não é tão afetado por inibidores ou facilitadores da alimentação; portanto, sua absorção basicamente não depende do restante da refeição. Em comparação, para o ferro não heme, muitos aspectos estão relacionados à sua absorção, como a secreção gástrica de ácido clorídrico, necessária para a solubilização dos sais de ferro e a manutenção do ferro na forma ferrosa; além da retenção e mistura de alimentos no estômago (COZZOLINO, 2016).

O estado nutricional do indivíduo indica alta influência sobre como a concentração da absorção de ferro irá acontecer; portanto, em casos de indivíduos saudáveis, 05 a 10% do ferro alimentar é absorvido; mas quando há a deficiência deste mineral, a absorção aumenta para cerca de 30% (PAIVA et al., 2000).

Em relação ao teor de ferro no feijão, quando este é cozido sem água de maceração a 25° C, apresenta maior quantidade do mineral (OLIVEIRA et al., 2008; ROCKENBACH, 2018).

Em relação à disponibilidade do ferro “*in vitro*”, no estudo de Brigide (2002), os feijões crus e cozidos irradiados, apresentaram o mesmo comportamento quanto às doses de irradiação, salientando que a dose de 6 kGy mostrou resultados mais favoráveis em ambos os casos. Da mesma maneira, analisou-se no estudo de Pinn (1992) que conforme o aumento da dose de radiação, maior o percentual de ferro dialisável, chegando a 70% com dose de 10 kGy.

4.4.3 Anemia ferropriva

Anemia, segundo a OMS (1975) é definida como: “um estado em que a concentração de hemoglobina do sangue é anormalmente baixa em consequência da carência de um ou mais nutrientes essenciais, qualquer que seja a origem dessa carência”. Pode ocorrer por deficiência de ferro, porém outras causas também ocasionam: malária, hemoglobinopatias hereditárias e deficiência de outros micronutrientes, como ácido fólico e vitamina B12.

Ainda pela OMS, a anemia por deficiência de ferro, ou anemia ferropriva, resulta de longo período de balanço negativo entre a quantidade de ferro biologicamente disponível e a necessidade orgânica desse oligoelemento. Os

sintomas mais comuns neste tipo de anemia são debilidade física, irritabilidade, cefaleia, dispneia ao esforço, palpitações e parestesias. Os sinais clínicos apresentam-se como atrofia papilar da língua, com unhas côncavas (coiloníquia), edema de membros, queilites (inflamação labial), retardo de crescimento, anorexia e geofagia (consumo de substâncias terrestres) (OMS, 1975; VITOLLO, 2008).

Os grupos de riscos mais vulneráveis para anemia ferropriva são as mulheres em idade fértil, as gestantes, os lactentes e as crianças. Alguns fatores tendem a potencializar essa condição, como a prematuridade, baixo peso da criança ao nascer, alimentação inadequada, doenças infecciosas, má-absorção de nutrientes, dentre outros. Os dados disponíveis em estudos no Brasil mostram um alto índice de prevalência de anemia em crianças abaixo de 05 anos de idade, entre 40% a 70% (VITOLLO, 2008). No estado do Rio Grande do Sul, a taxa de prevalência é de 45% em crianças com idade de 18 meses a 6 anos, e 36% em mulheres jovens em idade fértil (SILLA et al., 2013).

A melhor alternativa para prevenção com baixo custo é o aleitamento materno exclusivo até, preferencialmente, o sexto mês de vida da criança, uma vez que o leite materno possui ferro altamente biodisponível (50%, podendo chegar a 70%, quando o aleitamento for exclusivo). Junto a isto, recomenda-se incluir como estratégias para a prevenção da deficiência de ferro em crianças: a orientação e educação sobre o assunto, a fortificação de alimentos com ferro, e a suplementação de ferro na gestação e nos primeiros anos de vida da criança (BORTOLINI, 2007; VITOLLO, 2008).

No Brasil, uma medida de controle foi adotada a partir da fortificação de alimentos para controle e prevenção de anemia ferropriva. Através da resolução RDC nº 344/2002, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), foi previsto que os fabricantes de farinha de trigo e de milho devem adicionar a cada 100g de farinha, no mínimo 4,2 mg de ferro, uma vez que são farinhas amplamente consumidas pela população brasileira (BRASIL, 2002).

Uma dieta associada com leguminosas é uma alternativa para ajudar a melhorar quadros de anemia, e de outras patologias, como obesidade, doenças cardíacas e hipercolesterolemia; sendo assim, o feijão é considerado um alimento fundamental no combate a essas doenças, devido ao seu elevado valor nutricional (FAO, 2016).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos sobre a aplicação da irradiação em feijão preto permitiram identificar diversos aspectos interessantes do ponto de vista bioquímico e tecnológico, com destaque para a possibilidade de reduzir os compostos antinutricionais e com isso, melhorar as características organolépticas e nutricionais; além da possibilidade de reduzir o tempo de cocção do grão.

Os métodos de processamento convencionais são vistos nesta revisão bibliográfica como complementares a irradiação quanto à capacidade de reduzir o teor de taninos; o principal grupo de compostos antinutricionais encontrados no feijão. Os processos que ocasionaram maior redução no teor de taninos foram o tratamento térmico e a maceração, em função das características hidrofílicas e termolábeis do antinutriente. Em relação à irradiação, a dose ideal que deve ser aplicada em leguminosas é de até 10 kGy, a fim de conservar o grão, sem afetar a temperatura e a estrutura celular do alimento. Dentro dessa variação, os estudos indicaram que houve redução significativa do teor de taninos, além da diminuição no tempo de cocção, tanto em feijões crus, quanto em cozidos, todos com o uso da maceração. Quando os grãos foram avaliados sem maceração e sem irradiação, o teor de taninos mostrou-se mais elevado. A melhoria da qualidade sensorial do feijão também foi observada com o uso da irradiação, reduzindo a percepção de amargor e sabor estranho do mesmo.

Sobre a biodisponibilidade de ferro, foi levantado que a relação entre a dose de irradiação e a biodisponibilidade desse mineral no grão foi diretamente proporcional, e dessa forma, recomenda-se o uso de doses médias de radiação gama, em até 10 kGy, para garantir que o ferro esteja biodisponível, evitando assim doenças relacionadas à deficiência deste micronutriente, como a anemia ferropriva.

O método de irradiação é uma alternativa de processamento válida e eficiente para uma melhor conservação dos feijões, aumentando a vida útil do mesmo, potencializando sua qualidade nutricional, e ainda tornando o produto mais seguro para o consumo.

Após esse levantamento bibliográfico, fica evidenciado que o feijão merece reconhecimento para mais estudos, visto que é um alimento rico em diversos nutrientes essenciais ao organismo, recomendado pelo Guia Alimentar da

População Brasileira, com baixo custo e fácil acesso, sendo um alimento amplamente consumido no país.

REFERÊNCIAS

AFONSO, S. M. E. **Caracterização físico-química e actividade antioxidante de novas variedades de feijão (Phaseolus vulgaris L.)**. Tese de Doutoramento. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária, 2010. Disponível em: < <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/4083/1/tese%20feijao.pdf> > acesso em: 21 set. 2018.

ARTHUR, V. Controle de insetos pragas por radiações ionizantes. **Biológico**, v.59, n.1, p 77-79, 1997

BATTESTIN, Vania; MATSUDA, Luis Katsumi; MACEDO, Gabriela Alves. Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 15, n. 1, p. 63-72, 2008. Disponível em: <<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/58/75>> acesso em: 13 dez. 2018.

BHAT, T. K.; SINGH, B.; SHARMA, O. P. Microbial degradation of tannins—a current perspective. **Biodegradation**, v. 9, n. 5, p. 343-357, 1998. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008397506963> > acesso em: 13 out. 2018.

BORTOLINI G. A., VITOLO M. R. Baixa adesão à suplementação de ferro entre lactentes usuários de serviço público de saúde. **J Pediatr**. [São Paulo], v. 29, n. 3, p. 176-82, 2007.

BRAGANTINI, C. Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão. **Embrapa Arroz e Feijão-Documentos (INFOTECA-E)**, 2005. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/194008/1/doc187.pdf> > acesso em: 21 set. 2018.

BRASIL, ANVISA. Resolução – RDC n 344 de 13 de dezembro de 2002. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília**, 2002.

BRASIL, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia Alimentar para a População Brasileira** – 2. ed., 1. reimpr. – Brasília: ministério da saúde, 2014. 156 p.

BRASIL. Resolução RDC n.21, de 26 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n.20-E, 26 jan. 2001. Seção 1, p.35. Disponível em: < http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/Resolucao_RDC_n_21_de_26_de_janeiro_de_2001.pdf> acesso em: 28 set. 2018.

BRESSANI, R. et al. Tannin in common beans: methods of analysis and effects on protein quality. **Journal of Food Science**, v. 48, n. 3, p. 1000-1001, 1983. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1983.tb14954.x>> acesso em: 01 out. 2018.

BRIGIDE, P. **Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (Phaseolus vulgaris L.) irradiados**. 2002. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Priscila_Brigide/publication/34494875_Disponibilidade_de_ferro_em_graos_de_feijao_comum_Phaseolus_vulgaris_L_irradiados/links/0912f513e2207a00b6000000.pdf> acesso em: 21 set. 2018.

BRUNE, M.; ROSSANDER, L.; HALLBERG, L. Iron absorption and phenolic compounds: importance of different phenolic structures. **European journal of clinical nutrition**, v. 43, n. 8, p. 547-557, 1989. Disponível em: < <https://europepmc.org/abstract/med/2598894/feedback>> acesso em: 30 set. 2018.

BRUNETON, J.; **Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia**. AS/Espanha: Ed. Acribia, 1991.

CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Antinutricionais em alimentos. **Palestras. Processamento e qualidade nutricional dos alimentos**, p. 1-23, 1997.

CAMARGO DE MOURA, N. et al. Avaliação sensorial de feijão preto submetido à radiação de cobalto-60. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, 2005. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n2/25040>> acesso em: 13 out. 2018.

CENA – CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA. Irradiação de alimentos. 2018. Disponível em: <<http://www.cena.usp.br>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

COLLI, Celia. **Biodisponibilidade de ferro em dieta regional de São Paulo**. 1988. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9132/tde-03042008-162224/en.php>> acesso em: 08 nov. 2018.

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, estaquiose e verbascose. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 51, n. 3, p. 276-283, 2001. Disponível em: < http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0004-06222001000300010&script=sci_arttext> acesso em: 11 out. 2018.

COUTO, R. R.; SANTIAGO, Arnaldo José. Radioatividade e irradiação de alimentos. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 12, n. 2, p. 193-215, 2010. Disponível em: < <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/970>> acesso em: 17 out. 2018.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri, São Paulo: Manole, 2016.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri, São Paulo: Manole, 2005.

DA SILVA, A.L.F.; DA ROZA, C.R.. Uso da irradiação em alimentos: revisão. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, n. 1, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/17897/11712> acesso em: 09 nov. 2018.

DELFINO, R. de A. et al. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade protéica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 308-312, 2010. Disponível em: <http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDP/4589/art_DELFINO_Interacao_d_e_polifenois_e_proteinas_e_o_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y> acesso em: 17 out. 2018.

DEN BROEK, Van et al. Iron status in pregnant women: which measurements are valid?. **British journal of haematology**, v. 103, n. 3, p. 817-824, 1998. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2141.1998.01035.x>> acesso em: 09 nov. 2018.

DEPEC. **Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos/ Feijão – BRADESCO**. 2017. Disponível em: < https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_feijao.pdf> acesso em: 11 dez. 2018.

DESHPANDE, Sudhir S. et al. Tannin analysis of food products. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 24, n. 4, p. 401-449, 1986. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398609527441> acesso em: 02 nov. 2018.

DUBICK, M. A.; OMAYE, S. T. Modification of atherogenesis and heart disease by grape wine and tea polyphenols. In: **Handbook of nutraceuticals and functional foods**. CRC press, 2002. p. 244-269.

DURIGON, M.A. et al. Estratégias de comercialização do feijão no Rio Grande do Sul. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2015. Disponível em: < <https://core.ac.uk/download/pdf/33891257.pdf>> acesso em: 11 dez. 2018.

EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. 2017. Disponível em:<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/Abertura.html>> acesso em: 23 set. 2018.

EVANGELISTA J., 1913 – **Alimentos: um estudo abrangente: nutrição, utilização, alimentos especiais e irradiados, coadjuvantes, contaminação, interações**. São Paulo: Atheneu, 2005

FALUDI, A.A. et al. Atualização da diretriz brasileira de dislipidemias e prevenção da aterosclerose–2017. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 109, n. 2, p. 1-76, 2017. Disponível em: < http://publicacoes.cardiol.br/2014/diretrizes/2017/02_DIRETRIZ_DE_DISLIPIDEMIA_S.pdf> acesso em: 08 nov. 2018.

FAO/OMS. **Codex Alimentarius Commission**. Thirty-third Session The Hague, The Netherlands, 12-16 March 2001. Disponível em: < http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCFAC/ccfac33/fa01_12e.pdf> acesso em: 03 nov, 2018.

FAO/OMS. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Legumbres Semillas Nutritivas para un futuro sostenible**. 2016. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/a-i5528s.pdf>> acesso em 12 out. 2018.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FERREIRA, A. C. P.. **Feijão pré-cozido irradiado com raios gama do Cobalto-60: uma alternativa de consumo**. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64134/tde-02092010-145110/en.php>> acesso em 13 out. 2018.

GEIL, P. B.; ANDERSON, J. W. Nutrition and health implications of dry beans: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 13, n. 6, p.549-558, 1994.

Disponível em:

<<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07315724.1994.10718446>> acesso em: 02 out. 2018.

GIDDINGS, George G.; MARCOTTE, Michelle. Poultry irradiation: For hygiene/safety and market-life enhancement. **Food Reviews International**, v. 7, n. 3, p. 259-282, 1991. Disponível em: <

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87559129109540913>> acesso em: 08 nov. 2018.

GOYCOOLEA, F. et al. Efecto de los tratamientos caseros en la preparación de frijol pinto (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre el contenido de taninos y valor nutritivo de las proteínas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 40, n. 2, p. 263-274, 1990.

Disponível em: < [http://www.sidalc.net/cgi-](http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=catalco.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=061865)

[bin/wxis.exe/?IscScript=catalco.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=061865](http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=catalco.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=061865)> acesso em: 06 out. 2018.

GROTTO, H.Z.W. et al. Metabolismo do ferro: uma revisão sobre os principais mecanismos envolvidos em sua homeostase. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, 2008. Disponível em: <

<http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/27117/1/S1516-84842008000500012.pdf>> acesso em: 08 nov. 2018.

HERNÁNDEZ, C. J.; ESCUDERO, A. C. Efecto de la cocción sobre algunas características nutricionales del frijol. **Agronomía Mesoamericana**, v. 4, n. 1, p. 42-47, 1993. Disponível em:

<<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5542802>> acesso em: 12 out. 2018.

HUGHES, J. S. et al. Effects of dietary fiber and tannins on protein utilization in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). **Food Research International**, v. 29, n. 3-4, p. 331-338, 1996. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0963996996000270>> acesso em: 28 set. 2018.

KOBLITZ, M.G.B., 1973 – **Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

LOWE, J.A.; WISEMAN, J.A. Comparison of the bioavailability of three dietary zinc sources using four different physiologic parameters in dogs. **The Journal of nutrition**, v. 128, n. 12, p. 2809S-2811S, 1998. Disponível em: <

<https://academic.oup.com/jn/article/128/12/2809S/4724460>> acesso em: 10 nov. 2018.

LUMEN, B.O. de, SALAMAT, L.A. Trypsin inhibitor activity in winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) and the possible role of tannin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington DC, v.28, n.3, p.533-536, 1980.

Disponível em: <

<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf60229a042?journalCode=jafcau>> acesso em: 30 set. 2018.

MADIGAN M.T., et. al.; **Microbiologia de Brock**. Tradução Andrea Queiroz Maranhão [et al.]. Porto Alegre: Artmed, 2010.

MAHAN, L. K.; SYLVIA, E. **Krause - Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. Editora Elsevier, 2010.

MARTÍNEZ-MANRIQUE, E. et al. Enzymatic changes in pectic polysaccharides related to the beneficial effect of soaking on bean cooking time. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 13, p. 2394-2398, 2011. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.4474>> acesso em: 10 out. 2018.

MECHI, R.; CANIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Avaliação química, nutricional e fatores antinutricionais de feijão preto (*Phaseolus vulgaris*, L.) irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v 25, n. 1, p. 109-114, 2005. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/%0D/cta/v25n1/a17v25n1.pdf>> acesso em: 01 out. 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Informe Econômico da Política Agrícola**, Brasília, MAPA, v. 3, n. 7. jul., 2016.

MKANDA, A. V.; MINNAAR, A.; DE KOCK, H. L. Relating consumer preferences to sensory and physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 15, p. 2868-2879, 2007.

Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.3046>> acesso em: 10 out. 2018.

MONTEIRO, J.M. et al. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892, 2005. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v28n5/25920.pdf>> acesso em: 11 dez. 2018.

MOTTA, C. et al. A importância das leguminosas na alimentação, nutrição e promoção da saúde. **Instituto Nacional de Saúde**, Lisboa, n. 1, p. 4-7, 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.18/4122>> acesso em 07 out. 2018.

NASCIMENTO, L. M. **Efeito da radiação gama (^{60}Co) nas propriedades físico-químicas e sensoriais de feijões envelhecidos (*Phaseolus vulgaris*)**. 1992. 135p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade São Paulo, São Paulo, 1992.

NEMETH, E.; GANZ, T. Regulation of iron metabolism by hepcidin. **Annu. Rev. Nutr.**, v. 26, p. 323-342, 2006. Disponível em: <
<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.nutr.26.061505.111303>>
 acesso em 30 set. 2018.

O'DELL, B.L. Bioavailability of trace elements. **Nutr. Rev.**, v. 42, p. 301-8, 1984.

OLIVEIRA, V. R. et al. Qualidade nutricional e microbiológica de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido com ou sem água de maceração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1912-1918, 2008. Disponível em: <
<https://www.ingentaconnect.com/content/doi/14137054/2008/00000032/00000006/art00034>> acesso em: 18 out. 2018.

ORDOÑEZ, P. J. A. **Tecnologia de alimentos – Componentes dos Alimentos e Processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Lucha contra la anemia nutricional, especialmente contra la carência de hierro**: Informe AD/OIEA/OMS. Série de Informes Técnicos, 580. Genebra, 1975. Disponível em: <
http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/anaemia_iron_deficiency/WHO_TRS_580/es/> acesso em: 06 out. 2018.

ORNELLAS, C. B. D. et al. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 211-213, 2006. Disponível em: <
<http://www.scielo.br/pdf/%0D/cta/v26n1/28872.pdf>> acesso em: 12 out. 2018.

ORNELLAS, L. H. **Técnica dietética: seleção e preparo dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2007.

PAIVA, Adriana A.; RONDÓ, Patrícia HC; GUERRA-SHINOHARA, Elvira M. Parâmetros para avaliação do estado nutricional de ferro. **Revista de Saúde Pública**, v. 34, p. 421-426, 2000. Disponível em: <
https://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0034-89102000000400019&script=sci_arttext> acesso em: 10 nov. 2018.

PEREIRA, Renata Junqueira; DAS GRAÇAS CARDOSO, Maria. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, 2012. Disponível em: <https://www.todafruta.com.br/wp-content/uploads/2016/09/Metabólitos-secundários-ARTIGO.pdf> > acesso em: 03 nov. 2018.

PINN, A.B.R.O. **Efeitos das radiações gama sobre a disponibilidade do ferro em feijões (Phaseolus vulgaris)**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 1992.

PROLLA, I. R. D. et al. **Características físico-químicas de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.), e efeitos biológicos da fração fibra solúvel**. Dissertação (Mestrado em Bioquímica toxicológica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006. Disponível em: < <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/11147/DissertCorrigidaComTabelas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> acesso em: 29 set. 2018.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; BRUNORO COSTA, N. M. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, 2008. Disponível em: < <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XS2008110129>> acesso em: 06 out. 2018.

REIS, F. C. **Levantamento da entomofauna e micobiota de grãos de Phaseolus vulgaris L. e Vigna unguiculata L. tratados pelo processo de irradiação**. 2018. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-03072018-084149/en.php>> acesso em: 18 out. 2018.

RESENDE, O. et al. Avaliação da qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 517-524, 2008. Disponível em:< <https://www.ingentaconnect.com/content/doi/14137054/2008/00000032/00000002/art00027>> acesso em: 12 out. 2018.

RIBEIRO, N. D. et al. Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1393-1399, 2007. Disponível em: < <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/7710/4629>> acesso em: 12 out. 2018.

ROCKENBACH, R. **Efeitos da hidratação prévia em propriedades tecnológicas, nutricionais e sensoriais em feijão**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018. Disponível em: <

http://www.guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/prefix/4121/1/Tese_Reni_versao%20final.pdf> acesso em: 15 out. 2018.

RODRIGUES, J. et al. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/cr/v35n1/a34v35n1.pdf>> acesso em: 15 out. 2018.

ROUAULT, Tracey A.; KLAUSNER, Richard D. Post-transcriptional regulation of genes of iron metabolism in mammalian cells. **JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry**, v. 1, n. 6, p. 494-499, 1996. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s007750050083>> acesso em: 09 nov. 2018.

RYAN, E. et al. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 62, n. 3, p. 85-91, 2007. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-007-0046-8>> acesso em: 23 set. 2018.

SANTOS, M.A.S. Espectro Eletromagnético. 2012.

SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K. Investigations on winged bean [*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC] proteins and antinutritional factors. **Journal of Food Science**, v. 46, n. 5, p. 1389-1393, 1981. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1981.tb04181.x>> acesso em: 30 set. 2018.

SGARBIERI V. C. **Alimentação e Nutrição**. São Paulo: Almed, 1987

SHIGA, T. M.; FILISETTI T. M. C. C; LAJOLO, F. M., Polissacarídeos da parede celular no fenômeno de endurecimento de feijões In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador, BA. **Resumos Expandidos...**Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, p. 576-579.

SILLA, L. M. et al., High prevalence of anemia in children and adult women in an urban population in southern Brazil. **PloS one**, v. 8, n. 7, p. 68805, 2013. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0068805> acesso em: 15 out. 2018.

SILVA, M. R., SILVA, M. A. A. P., Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 21-32, jan./abr. 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rn/v12n1/v12n1a02>> acesso em: 24 set. 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 2006.

TEIXEIRA NETO, F. **Nutrição clínica**. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2003.

TOLEDO, Rodrigo S.; NASCIMENTO, Adriana H. Vitaminas e minerais. **SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA E BRASIL SUL POULTRY FAIR**, v. 11, p. 73-84, 2010. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_m1i34i2m.pdf#page=73 > acesso em: 03 nov. 2018.

TOLEDO, T. C. F. de et al. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 355-360, 2008. Disponível em: < http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/4614/art_TOLEDO_Avaliacao_quimica_e_nutricional_do_feijao_carioca_2008.pdf?sequence=1 > acesso em: 15 out. 2018.

UMEDA, W. M. **Caracterização nutricional, capacidade antioxidante e compostos bioativos de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2017. Disponível em: < https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/150161/umeda_wm_me_sjrp.pdf?sequence=3&isAllowed=y > acesso em: 23 set. 2018.

TACO - **Tabela brasileira de composição de alimentos** - (4 ed.). UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. (2011). Campinas: UNICAMP/NEPA.

VERRUMA-BERNARDI, M. R.; SPOTO, M. H. F. Efeito da radiação gama sobre o perfil sensorial de suco de laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 28-32, 2003. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/%0D/cta/v23n1/18250.pdf> > acesso em: 12 out. 2018.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: **FUNEP**, 1994.

VILLAVICENCIO, Anna Lucia CH et al. Effect of irradiation on anti-nutrients (total phenolics, tannins and phytate) in Brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 57, n. 3-6, p. 289-293, 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969806X9900393X> > acesso em: 12 out. 2018.

VITOLLO, M. R., **Nutrição: da gestação ao envelhecimento**. Rio de Janeiro: Rubio, 2008.

YOKOYAMA, L. P. et al. Sementes de feijão: produção, uso e comercialização. **Sementes de feijão: produção e tecnologia**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, p. 249-270, 2000.

ZAMINDAR, N. et al. Effect of line, soaking and cooking time on water absorption, texture and splitting of red kidney beans. **Journal of food science and technology**, v. 50, n. 1, p. 108-114, 2013. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-011-0234-2>> acesso em: 29 set. 2018.

ZIMMERMANN, L. et al. Alterações da qualidade tecnológica de marcas comerciais de feijão dos grupos cores e preto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 3, 2009. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/html/4457/445744093012/>> acesso em: 15 out. 2018.