



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DAIANA PRATI PINHEIRO DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E SIMULAÇÃO DA DIGESTÃO *in vitro*
PARA AVALIAÇÃO DA BIOACESSIBILIDADE DE MINERAIS ESSENCIAIS
EM SEMENTE DE ABÓBORA (*Cucurbita máxima X Cucurbita moschata*) E
RESÍDUO DE BETERRABA (*Beta vulgaris* L.)**

CAMPINAS

2022

DAIANA PRATI PINHEIRO DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E SIMULAÇÃO DA DIGESTÃO *in vitro*
PARA AVALIAÇÃO DA BIOACESSIBILIDADE DE MINERAIS ESSENCIAIS
EM SEMENTE DE ABÓBORA (*Cucurbita máxima X Cucurbita moschata*) E
RESÍDUO DE BETERRABA (*Beta vulgaris L.*)**

**NUTRITIONAL CHARACTERIZATION AND SIMULATION OF IN VITRO
DIGESTION TO EVALUATE THE BIOACCESSIBILITY OF ESSENTIAL MINERALS
IN PUMPKIN SEED (*Cucurbita maxim x Cucurbita moschata*) AND BEET RESIDUE (*Beta vulgaris L.*)**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Juliana Azevedo Lima Pallone

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA DAIANA PRATI PINHEIRO DA SILVA, E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. JULIANA AZEVEDO LIMA PALLONE

CAMPINAS

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos
Claudia Aparecida Romano - CRB 8/5816

Si38c Silva, Daiana Prati Pinheiro, 1990-
Caracterização nutricional e simulação da digestão *in vitro* para avaliação da bioacessibilidade de minerais essenciais em semente de abóbora (*Cucurbita máxima* x *Cucurbita moschata*) e resíduo de beterraba (*Beta vulgaris* L.) / Daiana Prati Pinheiro da Silva. – Campinas, SP : [s.n.], 2022.

Orientador: Juliana Azevedo Lima Pallone.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Minerais. 2. Vegetais. 3. Beterraba. 4. Abóbora. 5. Digestão *in vitro*. I. Pallone, Juliana Azevedo Lima. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Nutritional characterization and *in vitro* digestion simulation to evaluate the bioaccessibility of essential minerals in pumpkin seed (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*) and beetroot residue (*Beta vulgaris* L.)

Palavras-chave em inglês:

Minerals

Vegetables

Beet

Pumpkin

In vitro digestion

Área de concentração: Ciência de Alimentos

Titulação: Mestra em Ciência de Alimentos

Banca examinadora:

Juliana Azevedo Lima Pallone [Orientador]

Debóra Parra Batista

Fabiola Helena dos Santos Fogaça

Data de defesa: 19-09-2022

Programa de Pós-Graduação: Ciência de Alimentos

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0001-7321-9038>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.orpq.br/9257280095624872>

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Juliana Azevedo Lima Pallone

Faculdade de Engenharia de Alimentos – FEA/UNICAMP

Dr.^a Fabíola Helena dos Santos Fogaça

Embrapa Agroindústria de Alimentos, Embrapa/RJ

Dr.^a Débora Parra Baptista

Faculdade de Engenharia de Alimentos – FEA/UNICAMP

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela vida, sustento e bênçãos derramadas na minha vida, pois, mesmo com todas as dificuldades e desafios enfrentados, o Senhor me auxiliou e permitiu que eu chegasse até aqui. “Ebenézer, até aqui nos ajudou o Senhor. 1 Sm 7.12”

Agradeço ao meu amado esposo, Thiago, que sempre me apoiou, auxiliou, dedicou seu tempo ao meu lado. Obrigada pelo companheirismo, cuidado, amizade e amor. Obrigada porque sem a sua ajuda eu não teria chego tão longe.

Agradeço a minha pequena filha, Lara, que chegou para completar nossa família, mostrando que os planos do Senhor são maiores que os nossos. Amo-te, filha. Você me desafia a ser melhor a cada dia, me mostra o quanto sou forte e corajosa e obrigada por me fazer amadurecer tanto.

Agradeço aos meus pais, irmãos, cunhado, avós e amigos que sempre me apoiaram e torceram por mim.

À Faculdade de Engenharia de alimentos (FEA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), pelo privilégio de realizar o curso de mestrado, além de fornecer um corpo docente e administrativo e instalações adequadas para desenvolvimento do projeto.

À Profa. Dra. Juliana Azevedo Lima Pallone, por me orientar da melhor maneira possível, com muita paciência, apoio, compreensão e confiança ao longo do curso, fatores que contribuíram para o sucesso desse projeto.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento da bolsa de mestrado através do processo nº 143162/2018-7.

À Editora Científica Digital pelo certificado de aceite para publicação do capítulo de livro.

Aos colegas de laboratório Grasieli Beloni de Melo, Ana Paula Rebellato, Joyce Graziela da Silva, Luan Peixoto Paixão, Gisele Marcondes Luz, Priscila Moraes, Victória Daud do Amaral, Elem Tamirys dos Santos Caramês e ao técnico Eduardo Adilson Orlando pelo auxílio, incentivo e companheirismo prestado durante

as atividades no laboratório.

A todos que durante esses anos de curso me apoiaram de alguma maneira.
Muito obrigada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

Sementes, folhas e talos muitas vezes são descartados como resíduos alimentares, mas podem apresentar potencial nutricional. Assim, o estudo da composição nutricional de partes normalmente não consumidas de alimentos de origem vegetal e a estimativa da sua bioacessibilidade são extremamente relevantes, pois nutrientes importantes podem se perder como descarte. Portanto, o presente estudo objetivou caracterizar os componentes majoritários da semente de abóbora e resíduo de beterraba (folha e talo), validar um método analítico por espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS) para quantificar o teor de elementos essenciais (Ca, Fe, Mg e Zn) na semente de abóbora e resíduo de beterraba, e aplicar o modelo de digestão *in vitro* INFOGEST 2.0, para avaliar a bioacessibilidade dos elementos essenciais (Ca, Fe, Mg e Zn) e verificar se o tratamento térmico doméstico e o local de produção poderiam influenciar na bioacessibilidade dos elementos estudados. Os resultados demonstraram que o resíduo de beterraba *in natura* é fonte de fibras alimentares (49,52 a 50,25 g/100g) e proteínas (20,11 a 23,97 g/100g). O teor médio de Ca variou de 571,36 a 784,31 mg/100g, Fe variou 10,25 mg/100g a 48,48 mg/100g, Mg variou 876,03 mg/100g a 701,62 mg/100g e Zn variou 3,71 mg/100g a 6,82 mg/100g, para amostras obtidas de dois produtores diferentes. Observou-se que local de produção pode ser o responsável pelas diferenças existentes na composição e concentração de nutrientes dos resíduos de beterraba. A Bioacessibilidade variou entre 8,70-32,70% para o Fe e 16,36- 45,22% para o Mg. O cozimento doméstico do resíduo de beterraba não influenciou o percentual bioacessível. A semente de abóbora *in natura* foi fonte de fibras alimentares (35,31 g/100g a 44,32 g/100g), proteínas (31,60 g/100g a 35,86 g/100g) e lipídeos (32,54 g/100g a 41,79 g/100g). O teor médio de Ca, Fe, Mg e Zn nas sementes *in natura* variou entre 27,99 mg/100g a 43,19 mg/100g, 7,20 mg/100g a 8,04 mg/100g, 552,30 mg/100g a 794,19 mg/100g, e 6,59 mg/100g a 9,83 mg/100g, respectivamente. Nas sementes tostadas, os teores médios de Ca, Fe, Mg e Zn variaram entre 23,78 mg/100g a 36,04 mg/100g, 7,02 mg/100g a 7,84 mg/100g, 561,23 mg/100g a 623,36 mg/100g, e 6,21 mg/100g a 9,08 mg/100g, respectivamente, para amostras obtidas de produtores distintos. A bioacessibilidade variou entre 16,48-22,45% para o Fe e 25,38- 29,72% para o Mg. A tostagem da semente não influenciou a bioacessibilidade dos elementos avaliados. As frações bioacessíveis de Ca e Zn, tanto no resíduo de beterraba quanto nas sementes de

abóbora (*in natura* e processado termicamente), após a digestão *in vitro*, ficaram abaixo do limite de quantificação, indicando que os elementos em questão estavam em formas químicas insolúveis ou ligados com compostos inibidores da absorção mineral. Pelo apresentado, a inclusão da semente de abóbora tostada e resíduo de beterraba (cru ou cozido) na alimentação de forma direta ou como farinhas contribui para a ingestão de Fe e Mg bioacessíveis, fibras alimentares, proteínas e lipídeos e, com isso, agregam valor à produção de beterraba e abóbora, com o melhor aproveitamento como subprodutos, de forma a evitar perdas como resíduos.

Palavras-chave: Resíduos vegetais; folha e talo de beterraba; semente de abóbora; INFOGEST; bioacessibilidade de minerais

ABSTRACT

Seeds, leaves and stems are often discarded as food waste, but may have nutritional potential. Thus, the study of the nutritional composition of normally not consumed parts of foods of plant origin and the estimation of their bioaccessibility are extremely relevant, as important nutrients can be lost as waste. Therefore, the present study aimed to characterize the major components of pumpkin seed and beet residue (leaf and stem), to validate an analytical method by flame atomic absorption spectrometry (FAAS) to quantify the content of essential elements (Ca, Fe, Mg and Zn) in pumpkin seed and sugar beet residue, and apply the INFOGEST 2.0 in vitro digestion model, to evaluate the bioaccessibility of essential elements (Ca, Fe, Mg and Zn) and verify if the domestic and local heat treatment of production could influence the bioaccessibility of the elements studied. The results showed that fresh beetroot residue is a source of dietary fiber (49.52 to 50.25 g/100g) and protein (20.11 to 23.97 g/100g). The average Ca content ranged from 571.36 to 784.31 mg/100g, Fe ranged from 10.25 mg/100g to 48.48 mg/100g, Mg ranged from 876.03 mg/100g to 701.62 mg/100g and Zn varied from 3.71 mg/100g to 6.82 mg/100g, for samples obtained from two different producers. It was observed that the production site may be responsible for the existing differences in the composition and concentration of nutrients in beet residues. Bioaccessibility ranged from 8.70-32.70% for Fe and 16.36-45.22% for Mg. Domestic cooking of beet residue did not influence the bioaccessible percentage. The pumpkin seed in natura was a source of dietary fiber (35.31 g/100g to 44.32 g/100g), proteins (31.60 g/100g to 35.86 g/100g) and lipids (32.54 g /100g to 41.79g/100g). The average content of Ca, Fe, Mg and Zn in fresh seeds ranged from 27.99 mg/100g to 43.19 mg/100g, 7.20 mg/100g to 8.04 mg/100g, 552.30 mg/100g to 794.19mg/100g, and 6.59mg/100g to 9.83mg/100g, respectively. In the roasted seeds, the average contents of Ca, Fe, Mg and Zn ranged from 23.78 mg/100g to 36.04 mg/100g, 7.02 mg/100g to 7.84 mg/100g, 561.23 mg/100g to 623.36 mg/100g, and 6.21 mg/100g to 9.08 mg/100g, respectively, for samples obtained from different producers. Bioaccessibility ranged from 16.48-22.45% for Fe and 25.38-29.72% for Mg. Seed roasting did not influence the bioaccessibility of the elements evaluated. The bioaccessible fractions of Ca and Zn, both in the beet residue and in the pumpkin seeds (in natura and thermally processed), after in vitro digestion, were below the limit of quantification, indicating that the elements in question were in

insoluble chemical forms. or linked with mineral absorption inhibitor compounds. As shown, the inclusion of roasted pumpkin seeds and beetroot residue (raw or cooked) in the diet directly or as flour contributes to the intake of bioaccessible Fe and Mg, dietary fibers, proteins and lipids and, therefore, adds value. to the production of beetroot and pumpkin, with the best use as by-products, in order to avoid losses as residues.

Keywords: vegetable waste; beet leaf and stalk; pumpkin seed; INFOGEST; mineral bioaccessibility

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL	12
OBJETIVO GERAL.....	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – POTENCIAL NUTRICIONAL E BIOTIVO DE RESÍDUOS DE VEGETAIS WASTE ZERO E AGREGAÇÃO DE VALOR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	17
RESUMO	17
1 INTRODUÇÃO	18
2 DESENVOLVIMENTO	19
3 BETERRABA: PRODUÇÃO E POTENCIAL NUTRICIONAL E BIOATIVO	25
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
ARTIGO 1 – POTENCIAL NUTRICIONAL E BIOACESSIBILIDADE DE ELEMENTOS ESSENCIAIS EM RESÍDUOS DE BETERRABA	29
RESUMO	29
1 INTRODUÇÃO	31
2 MATERIAL E MÉTODOS	34
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4 CONCLUSÃO.....	57
ARTIGO 2 – CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E AVALIAÇÃO DE ELEMENTOS ESSENCIAIS E BIOACESSIBILIDADE EM SEMENTE DE ABÓBORA	59
RESUMO	59
1. INTRODUÇÃO	61
2. MATERIAL E MÉTODOS	63
3 RESULTADO E DISCUSSÃO	68
4 CONCLUSÃO.....	85
DISCUSSÃO GERAL	87
CONCLUSÃO GERAL	94
REFERÊNCIAS	96
APÊNDICE A.....	116
APÊNDICE B	117
APÊNDICE C.....	118

INTRODUÇÃO GERAL

Os alimentos fornecem nutrientes essenciais para a saúde e necessidades fisiológicas dos seres vivos. Contudo, os alimentos ainda são desperdiçados de diversas formas. Muitas vezes as safras são concentradas em alguns períodos do ano e acabam sendo estocadas por muito tempo e com isso se deterioram, são desperdiçados nas cozinhas industriais e residenciais, são descartados nas indústrias ou não são aproveitados integralmente, tendo partes como talos, folhas, cascas e sementes descartadas. Entretanto, o aproveitamento integral dos alimentos vem sendo adotado como uma medida de prática sustentável e ecologicamente correta, utilizando melhor os recursos naturais e estimulando a diversificação dos hábitos alimentares (FRANZOSI; DANELUZ; BARATTO, 2018; SINGH; PRASAD; AALBERSBERG, 2016).

O termo “alimento desperdiçado” refere-se a todo alimento que poderia ser destinado ao consumo humano, mas que por problemas de logística, pós-colheita, armazenamento prolongado é perdido por deterioração na cadeia produtiva, antes mesmo de chegar ao consumidor final. Já o termo “resíduos alimentares” está relacionado aos alimentos desperdiçados no final da cadeia produtiva e estão diretamente ligados ao comportamento dos consumidores e como os alimentos são preparados. Resíduo é considerado todo material que é retirado do processo como um ingrediente indesejável e não utilizado. Já o subproduto é todo material obtido durante o processamento, mas que não é o foco principal de produção. Por isso, quando um resíduo passa por transformação e passa a ter valor comercial recebe o nome de subproduto (EUROPEAN COMMISSION, 2021; PARFITT; BARTHEL; MACNAUGHTON, 2010).

Os resíduos alimentares podem ser utilizados no enriquecimento e fortificação alimentar diminuindo o desperdício doméstico e aumentando o valor nutricional das refeições, sendo, portanto considerados, nesse caso, subprodutos. Nesse contexto, estudos estão sendo desenvolvidos visando o aproveitamento de cascas, sementes, folhas e talos de frutas e vegetais como uma opção para o consumo de nutrientes importantes à saúde. O hábito alimentar e a forma de preparo das refeições, geralmente, excluem cascas, sementes, folhas e talos desses alimentos. Contudo, essas partes descartadas podem ser utilizadas na alimentação, pois podem ser fontes

de lipídeos, proteínas, fibras alimentares, minerais e outros compostos bioativos (STORCK et al. 2013; VERONEZI; JORGE, 2012).

Segundo Daiuto et al. (2015) durante o preparo doméstico das refeições o descarte de resíduos gera a perda de minerais importantes à saúde, como cálcio, ferro e potássio. De acordo com Monteiro (2009) uma das principais causas do descarte de partes de alimentos não consumidas tradicionalmente ocorre pela desinformação a respeito das características químicas dos alimentos. Cerca de 30% dos alimentos adquiridos são descartados em razão da falta de informação sobre o valor nutricional e a correta forma de preparo. Nesse contexto, se destacam vegetais como a abóbora e a beterraba que apresentam porções como sementes, folhas e talos não consumidos, tradicionalmente, em preparos domésticos e em restaurantes.

A abóbora cabotiá é uma das espécies de destaque entre as abóboras tendo a maior importância econômica. Apresenta em sua composição vitaminas do complexo B, vitamina C, fibra alimentar, carotenóides e minerais como potássio, fósforo, cálcio, sódio, magnésio e ferro. As sementes de abóbora são fontes de lipídeos, proteínas, fibras alimentares, além de minerais (ANJOS et al., 2017). A beterraba apresenta coloração vermelho-púrpura e é muito apreciada pelo consumidor brasileiro, sendo popularmente conhecida como fonte de ferro de origem vegetal. Os talos e as folhas de beterraba são ricos em ferro, sódio, potássio, vitamina A e vitaminas do complexo B (TIVELLI, 2011; HERNANDES, 2006). Muitas vezes as sementes da abóbora são descartadas antes do preparo e a comercialização da beterraba já ocorre sem suas partes aéreas (folhas e talos).

Nesses resíduos alimentares, portanto, podem estar presentes elementos benéficos para a saúde, dentre eles alguns minerais como cálcio, ferro, magnésio e zinco que são minerais extremamente importantes, considerados essenciais para o bom funcionamento do corpo humano, pois participam de funções reguladoras, prevenção de doenças, ações enzimáticas, produção de energia celular, transporte de oxigênio, formação óssea, entre outras funções (SINGH; PRASAD, 2018).

A falta desses elementos está relacionada com a ocorrência de diversas doenças, entre elas a osteoporose devida à falta de cálcio, a anemia ferropriva pela falta de ferro, menor absorção de cálcio pela falta de magnésio e retardo no crescimento e desenvolvimento pela falta de zinco. Sendo assim, é de extrema

importância o consumo adequado desses elementos (PREMAOR; BRONDANI, 2016; SINGH; PRASAD, 2018; TOGNON, 2012; BOEN; PALLONE, 2009).

Tentando minimizar a incidência de doenças relacionadas com a deficiência nutricional, alguns alimentos são indicados como fonte de elementos essenciais. Os vegetais folhosos verde-escuros como agrião, brócolis, espinafre, manjeriço são excelentes fontes de cálcio, ferro e magnésio. Já a beterraba, couve, brócolis, espinafre e semente de abóbora são considerados excelentes fontes de ferro. A semente de abóbora caracteriza-se como uma boa fonte de zinco e magnésio (NEPA/UNICAMP, 2011).

Para a avaliação da concentração desses elementos essenciais algumas técnicas podem ser utilizadas. Entre as principais técnicas estão: espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS), espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (GFAAS), espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP- OES). A espectrometria de absorção atômica com chama é uma técnica simples, robusta, seletiva e capaz de distinguir diferentes elementos químicos, por isso é uma das mais utilizadas (CARVALHO, 2016).

Contudo, além de dados sobre a concentração desses elementos em alimentos, a bioacessibilidade dos mesmos pode indicar a possibilidade de disponibilidade desses elementos após a ingestão e digestão em diferentes matrizes alimentares. A bioacessibilidade corresponde, então, à quantidade de mineral (elemento inorgânico) que está potencialmente disponível, após a digestão, para ser absorvida pelo organismo e participar das funções fisiológicas e pode ser avaliada por meio de ensaios de simulação da digestão *in vitro*. Nesse contexto, é importante verificar também os fatores, que incluem outros componentes do alimento, que possam favorecer e/ou inibir a bioacessibilidade desses elementos, pois assim é possível estimar a possibilidade de absorção, para posterior utilização desses elementos presentes em alimentos (ETCHEVERRY; GRUSAK; FLEIGE, 2012; KHOUZAM; POHL; LOBINSKI, 2011).

Existem diversas técnicas que simulam o processo de digestão *in vitro* para a estimativa da bioacessibilidade desses elementos, sendo os modelos de solubilidade e diálise os mais comuns. O método *in vitro* conhecido como diálise simula a digestão gastrointestinal seguido da quantificação do elemento que ultrapassou uma

membrana que simula a parede intestinal (MILLER et al., 1981; SAHUQUILLO, BARBERÁ, FARRÉ, 2003; CÁMARA et al., 2005). Já o método de solubilidade também simula a digestão gastrointestinal, entretanto, verifica-se a fração solúvel do elemento presente no alimento (SAHUQUILLO, BARBERÁ, FARRÉ, 2003). Porém, apesar do método de diálise e solubilidade serem utilizados por diversos pesquisadores, alguns fatores como origem e tipos de enzimas, tempo de digestão, pH, entre outros fatores que diferem entre si nos métodos utilizados geram resultados diferentes não sendo possível a comparação entre as matrizes alimentares.

Diante disso, pesquisadores da INFOGEST (rede internacional de excelência para estudar o comportamento dos alimentos no trato gastrointestinal) têm proposto um modelo de padronização do método *in vitro* para que os resultados obtidos possam ser comparáveis entre as diversas pesquisas (MINEKUS et al., 2014; BRODKORB et al., 2019). A padronização para os estudos de bioacessibilidade apresenta o ponto positivo de se comparar resultados em diferentes alimentos, contudo outros pontos também devem ser levados em consideração, como o aumento do custo das análises, pois se utilizam sais e enzimas que nos procedimentos convencionais não são utilizados, necessita-se da determinação da atividade enzimática das enzimas utilizadas durante o processo, aumento do tempo de execução e complexidade do procedimento analítico.

Informações sobre a bioacessibilidade de elementos, tais como cálcio, ferro, magnésio e zinco em semente de abóbora e em folha e talo de beterraba aplicando-se o modelo padronizado INFOGEST ainda não foram relatados em pesquisas prévias, sendo, portanto, um estudo inédito. Conhecer a possibilidade de aproveitamento desses elementos essenciais pelo organismo permite a melhor utilização desses resíduos transformando-os em subprodutos e assim, sua aplicação para a alimentação humana, além de indicar os possíveis benefícios à saúde quando talos, folhas e sementes de beterraba e abóbora, respectivamente.

OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho foi avaliar o potencial nutricional, com base nos componentes majoritários e elementos essenciais, nos resíduos de beterraba (folhas e talos) e subproduto de abóbora (semente) *in natura* e submetidas

a tratamento térmico, cultivadas em diferentes regiões geográficas e verificar os efeitos dos componentes majoritários na bioacessibilidade dos elementos essenciais, esta9mada com emprego do modelo padronizado da INFOGEST.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a avaliação dos componentes majoritários de sementes de abóbora e talos e folhas de beterraba;
- Validar um método analítico para a análise de elementos essenciais (cálcio, ferro, magnésio e zinco) em semente de abóbora e resíduo de beterraba de acordo com os parâmetros descritos nos Guias de Validação da AOAC e INMETRO;
- Verificar as concentrações dos elementos essenciais em amostras de semente de abóbora e resíduos de beterraba;
- Avaliar se o local de produção dos vegetais pode influenciar nos componentes majoritários e elementos essenciais presentes nos resíduos de beterraba e sementes de abóbora;
- Conduzir ensaios de digestão *in vitro* para estimar a bioacessibilidade dos elementos essenciais (cálcio, ferro, magnésio e zinco), utilizando o protocolo INFOGEST 2.0, para a semente de abóbora e resíduo de beterraba;
- Verificar a influência do tratamento térmico doméstico (cozimento/tostagem) e dos componentes majoritários na bioacessibilidade dos elementos essenciais nas sementes de abóbora e resíduos de beterraba .

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – POTENCIAL NUTRICIONAL E BIOTIVO DE RESÍDUOS DE VEGETAIS WASTE ZERO E AGREGAÇÃO DE VALOR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Daiana Prati Pinheiro da Silva, Juliana Azevedo Lima Pallone

Capítulo de livro publicado Editora Científica Digital

Livro: Agricultura e Agroindústria no contexto do desenvolvimento rural sustentável– Volume 1

Publicado em 30/09/2021

RESUMO

Os alimentos fornecem nutrientes essenciais para a saúde e necessidades fisiológicas dos seres vivos, entretanto cerca de 33% de todo alimento produzido no mundo é desperdiçado por ano. Diante desse cenário, o aproveitamento integral dos alimentos é uma prática sustentável e ecologicamente correta. Sendo assim, o conceito de *waste zero* vem com o intuito de diminuir a geração de resíduo sólido, inclusive na área dos alimentos e para tanto, partes como cascas, folhas, talos e sementes que geralmente são descartados, podem ser utilizadas na alimentação humana, podendo ser fontes de lipídeos, fibras, minerais, proteínas, vitaminas e compostos bioativos, propriedades antioxidantes, entre outras. A abóbora e a beterraba são vegetais que não são usados em sua totalidade, porém seus resíduos podem conter compostos importantes para a saúde. Este capítulo objetivou, portanto, abordar a produção, composição nutricional, compostos bioativos, fatores antinutricionais e possibilidades de utilização dos resíduos de abóbora (semente e casca) e beterraba (folhas e talos). A partir do levantamento realizado, percebeu-se que os resíduos de abóbora e beterraba apresentam potencial nutritivo para serem utilizados na alimentação humana ou serem incorporados a outros produtos, como ingredientes alimentares, contribuindo com nutrientes para a dieta e agregando valor a esses subprodutos que são descartados.

Palavras-chave: vegetais, resíduos alimentares, abóbora, beterraba, *waste zero*

1 INTRODUÇÃO

O desperdício de alimentos resulta na perda de recursos naturais gerando poluição do ar, solo e água, aumento na emissão de gases de efeito estufa, além de gerar perdas econômicas. Os recursos naturais são finitos e limitados e devem ser utilizados de forma consciente e sustentável (KHALID et al., 2019). Sendo assim, o aproveitamento integral dos alimentos é adotado como uma medida de prática sustentável e ecologicamente correta, que permite melhor uso dos recursos naturais, além de estimular a diversificação dos hábitos alimentares (FRANZOSI; DANELUZ; BARATTO, 2018).

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) aproximadamente 1,3 bilhão de toneladas de alimento/ano no mundo é desperdiçado. No Brasil, o desperdício chega a 26 milhões de toneladas/ano e ocorre principalmente nos domicílios, gerando os resíduos alimentares, que são decorrentes dos hábitos dos consumidores e preparo doméstico dos alimentos (FAO, 2017; PARFITT; BARTHEL; MACNAUGHTON, 2010).

É perceptível o desafio enfrentado nos dias atuais quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos, principalmente, em relação aos alimentos. Dados sobre desperdício e descarte de alimentos, que poderiam ser utilizados para a alimentação humana, indicam que 33% da produção mundial de alimentos são perdidas como resíduo (FAO, 2017). Neste cenário, o conceito *waste zero* (zero resíduo) vem com o intuito de incentivar tecnologias novas e já existentes para o gerenciamento desses resíduos. Entre elas, temos a produção de biocombustíveis, biopolímeros, ração animal, biofertilizantes, além de estimular a utilização integral de partes não convencionais dos alimentos (cascas, folhas, sementes e talos), de forma a alcançar a sustentabilidade ambiental e econômica (TALAN et al., 2021).

Sendo assim, a utilização integral dos alimentos reduz gastos com compras e minimiza o desperdício, além de apresentar potencial para melhorar o valor nutricional das preparações. Esse procedimento pode ser uma forma de alcançar a segurança alimentar e nutricional. A segurança alimentar continua se configurando como um grande desafio e a utilização de fontes de nutrientes não convencionais, considerados resíduos, pode ser uma alternativa (PATEL; RAUF, 2017). Há um crescente incentivo para que as cascas, sementes, folhas e talos sejam usados para a alimentação humana, pois podem apresentar compostos antioxidantes e bioativos,

prevenindo doenças crônicas, além de aumentar o valor nutricional dos alimentos (LOPES et al., 2020).

Com isso, os resíduos poderiam ser utilizados no preparo de geleias, tortas, bolos, pães, biscoitos, sucos, doces, aperitivos, proporcionando um maior consumo de nutrientes como fibras, proteínas, vitaminas e minerais. Portanto, reduzir o desperdício pode colaborar a adquirir os nutrientes essenciais para a manutenção da saúde (KHALID et al., 2019; STORCK et al., 2013).

Dentre os alimentos consumidos pela população brasileira a abóbora cabotiá está entre as opções que geralmente não são consumidas integralmente, tendo suas sementes e cascas muitas vezes descartadas como lixo (ANJOS et al., 2017). A beterraba de mesa também é muito apreciada pelo consumidor brasileiro (HERNANDES, 2006), contudo, seus talos e folhas são descartados antes mesmo de chegarem aos consumidores (TIVELLI, 2011). Entretanto, alguns estudos apontam a possibilidade de utilização desses resíduos para a alimentação humana, como uma forma de aumentar o consumo de fibras, lipídeos, proteínas, vitaminas, compostos fenólicos, carotenóides e minerais (STORCK et al., 2013). Sendo assim, esses vegetais apresentam potencial nutritivo para a alimentação, porém, partes importantes são descartadas e esse processo gera desperdício de nutrientes benéficos à saúde.

A fim de contribuir com o uso integral desses alimentos, com base em potencial nutricional e bioativo, essa revisão bibliográfica irá apresentar um levantamento de produção desses alimentos, porém, terá como ênfase os compostos nutricionais e bioativos já relatados para abóbora cabotiá e beterraba e seus respectivos resíduos casca e sementes de abóbora e talo e folha de beterraba. Além disso, será realizada uma abordagem sobre compostos antinutricionais que podem estar presentes nesses produtos vegetais e resíduos.

Para a obtenção dos dados foi realizada uma revisão sistemática de artigos científicos nas bases de dados *Scopus*, *Science Direct* e *Google* acadêmico publicados até o momento. Foram usados os termos de busca semente de abóbora, casca de abóbora, abóbora cabotiá, beterraba, folha e talo de beterraba, resíduos alimentares, compostos bioativos, fatores antinutricionais, *food waste zero*.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 ABÓBORAS: PRODUÇÃO E POTENCIAL NUTRICIONAL E BIOATIVO

A família Cucurbitaceae ocupa lugar de importância entre as famílias de vegetais, são mais de 825 espécies divididas entre 118 gêneros. As variedades de abóboras cabotiá (*Cucurbita máxima X Cucurbita moschata*), moranga (*Cucurbita máxima*), menina (*Cucurbita moschata*) e pescoço (*Cucurbita moschata*) são os mais populares em países tropicais e subtropicais (BOSCHI, 2015; VERONEZI; JORGE, 2012; NEPA-UNICAMP, 2011). As abóboras são cultivadas em todo o mundo sendo utilizadas tanto para alimentação humana quanto animal (LIMA et al., 2019). A produção mundial de abóboras concentra-se em países asiáticos, sendo a China detentora de 29% da produção, seguida da Índia com cerca de 19% da produção mundial de abóbora. No ano de 2017, a produção em todo o mundo atingiu aproximadamente 27 milhões de toneladas (RICO et al., 2020).

No Brasil, as abóboras são importantes para a agricultura familiar, sendo Minas Gerais, Bahia, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Goiás e São Paulo os principais estados produtores. De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, a produção de abóbora no Brasil foi de 516.716,341 toneladas, obtida por 271.754 produtores. Minas Gerais é o maior produtor nacional, com um total de mais de 106.000 toneladas (GIL; PICCOLI; STEFFENS, 2019; IBGE, 2017).

As abóboras, dentre elas a variedade híbrida *Cucurbita máxima X Cucurbita moschata* conhecida popularmente como cabotiá ou japonesa, pode fornecer vitaminas do Complexo B, cálcio, fósforo, potássio, ferro, manganês. É fonte de polissacarídeos, óleos vegetais, peptídeos, pectina e proteínas, e apresentam baixo valor calórico, além de fibras alimentares (LIANGPANTH; SASANATAYART, 2019; CZECH et al., 2018; PRIORI et al., 2016).

Diversos compostos benéficos para os seres humanos estão presentes nas abóboras. Dentre eles, os compostos fenólicos que são metabólitos secundários presentes naturalmente nos vegetais, e apresentam capacidade antioxidante. Além dos fenólicos, os carotenóides também estão presentes nas abóboras, principalmente o betacaroteno que é precursor da vitamina A. Encontram-se valores de carotenóides variando entre 2 a 10mg/100g, vitamina C 9 a 10mg/100g e vitamina E 1,03 a 1,06mg/100g. Em abóbora seca, em pó, encontram-se os teores de 3,73g/100g de proteínas, 1,32g/100g de gordura, 7,23g/100g de cinzas 2,91g/100g de fibras e 78,73g/100g de carboidratos (SALEHI; AGHAJANZADEH, 2020; LIANGPANTH; SASANATAYART, 2019; LIANGPANTH; SASANATAYART, 2019; CZECH et

al., 2018; PRIORI et al., 2016).

Entretanto, as abóboras não são utilizadas em sua totalidade, cerca de 18 a 21% das abóboras são descartadas em partes como sementes e casca. Contudo, nessas partes descartadas encontram-se compostos nutricionais e bioativos que poderiam ser aproveitados na alimentação humana como ingrediente ou suplementação alimentar (LIMA et al., 2019).

2.2 SEMENTE DA ABÓBORA: COMPOSIÇÃO, BENEFÍCIOS À SAÚDE, FATORES ANTINUTRICIONAIS E APLICAÇÕES

As sementes da abóbora possuem compostos bioativos que podem apresentar benefícios à saúde prevenindo doenças e favorecendo o bom funcionamento do organismo. As sementes correspondem a entre 3 a 4% do peso das abóboras e são ricas em ácidos graxos mono e poli-insaturado, vitamina E, vitaminas do Complexo B, compostos fenólicos, fitoesteróis, carotenóides, além de magnésio, potássio e ferro. (RICO et al., 2020; VERONEZI; JORGE, 2012).

Contudo, a composição química das sementes pode variar de acordo com o ambiente de crescimento e desenvolvimento, genética e condições de processamento. Porém, de um modo geral, nas sementes há maior concentração de proteína, minerais, fibras e lipídeos (ômega-3 e ômega-6) quando comparadas às porções geralmente consumidas das abóboras (LAMO; GÓMEZ, 2018).

Em alguns países como na Grécia e países árabes, as sementes já são consumidas como aperitivos, assim como no Brasil em pequena escala. O óleo extraído da semente também já vem sendo utilizado em preparos culinários, devido à presença de compostos aromáticos e por apresentar um sabor agradável. A farinha da semente da abóbora está sendo empregada como ingrediente culinário na fabricação de pães, bolos, biscoitos e cereais a fim de enriquecer nutricionalmente esses produtos que são consumidos em escala mundial, melhorando assim a oferta de nutrientes para a população (TINOCO et al., 2012; XANTHOPOULOU et al. 2009).

Nas sementes da abóbora vários compostos bioativos já foram relatados. Dentre eles estão os ácidos fenólicos, que apresentam propriedades antioxidantes, anti-proliferativas, anti-inflamatórias e conservantes. Esses compostos têm um importante papel para as plantas como forma de resistência a doenças, além de promover a manutenção da saúde humana e prevenir a deterioração dos alimentos. Outros compostos como flavonóides e lignanas também estão presentes nas sementes

e apresentam funções biológicas nos organismos (MONTESANO et al. 2018; PERIČIN et al. 2009).

Além disso, a farinha da semente da abóbora ainda fornece aminoácidos essenciais e não essenciais. Dentre eles, os principais não essenciais encontrados são ácido glutâmico, arginina e ácido aspártico. Já aminoácidos essenciais já encontrados estão histidina, isoleucina, leucina, treonina e valina, além dos aminoácidos aromáticos triptofano, fenilalanina e tirosina (TINOCO et al., 2012).

Dietas ricas em semente de abóbora estão sendo associadas a um menor risco para desenvolvimentos de doenças como câncer gástrico, de mama, pulmonar e colo retal. Em adição, já foram publicados estudos que indicam o emprego das sementes de abóbora na medicina tradicional asiática como vermífugo e para alívio de cólicas abdominais, além de distúrbios renais, bexiga e próstata (PATEL; RAUF, 2017; XANTHOPOULOU et al., 2009).

Estudos sobre a semente da abóbora estão sendo desenvolvidos para avaliar seus possíveis benefícios à saúde e aplicação para o desenvolvimento de novos produtos. Nesse contexto, Silva et al. (2015) avaliaram as características físico-químicas da farinha da semente de abóbora (*Cucurbita máxima*) visando substituir parcialmente a farinha de trigo para a produção de biscoito. As concentrações de componentes majoritário relatados para a farinha de abóbora, em base seca, foram 38% de lipídeos, 22% de proteínas e 33% de fibras alimentares, além de 9,35 mg/100g de zinco, 1,88 mg/100g de magnésio, 1.578,12 mg/100g cálcio. Os autores concluíram que houve melhora nutricional dos biscoitos quanto ao teor de fibra alimentar e sais minerais e a substituição foi viável, pois não mudou as características organolépticas e sensoriais do produto.

Rojas et al. (2019) formularam maionese com adição de óleo de semente de abóbora microencapsulado como possível fonte de ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs). A microencapsulação foi eficiente para manter a estabilidade oxidativa e térmica do óleo. Segundo os autores, houve um aumento na viscosidade da maionese a partir da adição do óleo, contudo as amostras, com até 5% em peso de microcápsulas, não foram diferenciadas da maionese com formulação tradicional no teste sensorial. De um modo geral, o enriquecimento da maionese com óleo de semente de abóbora foi produzida com sucesso e a microencapsulação foi eficiente para a proteção de óleos da oxidação.

Em outro estudo, Serdaroglu (2018) substituiu parcialmente carne bovina por

uma mistura de farinha de abóbora e farinha da semente de abóbora para produzir almôndegas. Segundo os autores, houve um aumento no teor total de cinzas (que pode indicar maior concentração de elementos essenciais) e na capacidade de retenção de água (CRA). Além disso, o autor verificou que não ocorreram modificações nas propriedades de cozimento, qualidade sensorial e de textura dos produtos. Com isso, a incorporação de produtos à base de abóbora e suas sementes em produtos cárneos vêm sendo utilizado para melhorar a funcionalidade e qualidade nutricional dos produtos podendo trazer assim benefícios à saúde.

Entretanto, apesar de todos os efeitos benéficos, a semente de abóbora apresenta fatores antinutricionais, que por muitas vezes são negativos para a absorção dos elementos essenciais. Os compostos antinutricionais estão presentes numa extensa variedade de alimentos de origem vegetal e são oriundos do metabolismo secundário das plantas, que quando consumidos, podem reduzir o valor nutritivo desses alimentos, pois interferem na digestibilidade, absorção ou utilização dos nutrientes (HIGASHIJIMA et al., 2019). Dentre os fatores antinutricionais presentes nas sementes já foram relatados a presença de saponina, ácido fítico (fitatos), inibidor de tripsina, ácido cianídrico, polifenóis – como os taninos – que podem ser potencialmente cancerígenos, oligossacarídeos da rafinose, além dos próprios ácidos fenólicos (GIL; PICCOLI; STEFFENS, 2019; PATEL; RAUF, 2017).

Os fitatos, por exemplo, são provenientes do ácido fítico. São reservas de fósforo, naturalmente presente em sementes e encontram-se associados a proteínas. Apresentam facilidade para ligar-se a minerais. Os fitatos atuam em uma ampla faixa de pH, como um íon carregado negativamente e têm habilidade de ligar-se fortemente a minerais divalentes, interferindo assim na bioacessibilidade/biodisponibilidade desses elementos essenciais, não sendo possível a absorção intestinal (HIGASHIJIMA et al., 2019)

Contudo, alguns processos tecnológicos como a germinação, remolho, fermentação, fervura da semente são eficientes para reduzir os fitatos presentes, pois ativam enzimas endógenas que fazem a desfosforilação e resultam na inativação desse composto, além da aplicação de enzimas exógenas que também podem ser usadas (HIGASHIJIMA et al. 2019; KRIMER-MALELEVIĆ et al., 2011).

2.3 CASCA DA ABÓBORA: COMPOSIÇÃO, BENEFÍCIOS À SAÚDE, FATORES ANTINUTRICIONAIS E APLICAÇÕES

Além das sementes, a casca da abóbora por diversas vezes também é descartada, porém, corresponde até 16% do peso total da abóbora. Entretanto, a casca apresenta maior concentração de sólidos solúveis, compostos fenólicos e fibras que na polpa da abóbora, além de conter carotenóides e tocoferóis (RICO et al., 2020; CUCO; CARDOZO-FILHO; SILVA, 2019; SHARMA et al., 2018).

O teor de minerais presentes na farinha da casca de abóbora, segundo Lima et al. (2019), é de 15,25 mg/100g de ferro, 2,82 mg/100g de zinco, 0,47 g/100g de magnésio e 0,43 g/100g de cálcio. Na casca é possível encontrar, conforme já relatado, tocoferóis e carotenóides (betacaroteno e β -criptoxantina) que são compostos precursores de vitaminas, apresentam propriedades antioxidantes, além de exercerem funções fisiológicas nos organismos humanos (CUCO; CARDOZO-FILHO; SILVA, 2019; CUCO et al., 2019).

Além dos nutrientes citados acima, a casca também possui alta concentração de pectina, sendo de interesse industrial e tecnológico na área de alimentos (JUN et al., 2006). A casca de abóbora não possui em sua composição valores consideráveis de carboidratos, lipídeos, ferro e potássio. Entretanto, concentrações relevantes de proteína, vitamina C, cálcio e fibras, já foram observados. A produção da farinha da casca da abóbora vem sendo adotada como a melhor forma de utilizar os nutrientes (MISHRA; SHARMA, 2019).

Alguns autores têm incentivado o consumo de cascas de vegetais, como da abóbora, devido à presença de compostos antioxidantes e bioativos, que são úteis para auxiliar na prevenção de doenças crônicas e aumentar o valor nutricional dos alimentos. Contudo, apesar dos compostos benéficos presentes na casca de abóbora, os autores recomendam um consumo moderado da casca, pois há um alto teor de fibras solúveis, principalmente pectina e hemicelulose que pode favorecer a absorção de metais pesados pelos seres humanos (LOPES et al., 2020).

Estudos com a casca da abóbora estão sendo desenvolvidos visando à aplicação da farinha da casca para a produção de produtos para alimentação. Mishra e Sharma (2019) produziram biscoitos com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha da casca da abóbora. Segundo os autores, os biscoitos com 20% de substituição apresentaram melhor aceitabilidade sensorial. Eles também sugerem que esses biscoitos poderiam ser consumidos por crianças desnutridas e mulheres gestantes, como forma de complementar a dieta.

Em outro estudo, Anjos et al. (2017) produziram pães com farinha da casca

da abóbora com fécula de batata para pessoas celíacas. A partir das análises físico-químicas os autores observaram um aumento no teor de cinzas e fibras, para os pães com adição da farinha da casca da abóbora, entretanto, a aceitação sensorial não apresentou um resultado promissor, sendo necessário então, segundo os autores, modificar as formulações para produzir novos pães.

3 BETERRABA: PRODUÇÃO E POTENCIAL NUTRICIONAL E BIOATIVO

A beterraba é uma planta herbácea que pertence ao gênero *Beta*, da família *Chenopodiaceae*, sendo nativa da Europa, região do Mediterrâneo, do norte da África e de países de clima temperado. A beterraba de mesa (*Beta vulgaris* L.) é uma raiz tuberosa de coloração vermelho-arroxeadada. A produção mundial de beterraba no ano de 2014 foi de aproximadamente 270 milhões de toneladas, sendo a França e a Rússia os principais países produtores (CHHIKARA et al., 2019; BABARYKIN et al., 2019; HAJIHOSSEINI; SETORKI; HOOSHMANDI, 2017; MOORE, 2017; TIVELLI et al., 2011).

A produção nacional de beterraba de mesa concentra-se nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Bahia e Goiás, sendo esses estados detentores de 87% da produção nacional. A plantação brasileira de beterraba corresponde a aproximadamente 18 mil hectares, com uma produção anual de 280 mil toneladas (ALMANAQUE DO CAMPO, 2019).

As raízes e folhas da beterraba são utilizadas na medicina tradicional devido aos seus efeitos diurético, purgativo e afrodisíaco. Vários compostos bioativos estão presentes na beterraba, dentre eles os flavonoides, polifenóis, além de vitaminas e minerais. Já foi relatada elevada capacidade antioxidante, anti-câncer, hepatoprotetor e anti-inflamatória para a beterraba, além de ser utilizada como fonte de pigmento alimentar natural (HAJIHOSSEINI; SETORKI; HOOSHMANDI, 2017; LORIZOLA, 2017).

De acordo com Babarykin et al. (2019), na beterraba são encontradas vitaminas A, C, E, K, tiamina, riboflavina e niacina, minerais como cálcio, ferro e fósforo, além de proteínas, lipídeos, carboidratos e fibras. Portanto, a beterraba apresenta diversos nutrientes e bioativos que são essenciais à saúde. Ela pode ser consumida crua, assada, cozida, em conserva, como salada ou sopa, sendo um alimento versátil quanto ao seu preparo (BABARYKIN et al., 2019).

Um composto de destaque presente na beterraba é o nitrato, que apresenta

potencial na melhoria do desempenho esportivo, na redução da pressão arterial, e no diabetes *mellitus* tipo 2, ele tem a capacidade de abaixar a pressão sanguínea e reduzir o colesterol LDL (CHHIKARA et al., 2019; LORIZOLA, 2017). Juntamente com o nitrato, as betalaínas são responsáveis pela coloração característica da beterraba, além de apresentar capacidade antioxidante. Elas são provenientes do metabolismo secundário durante o crescimento das beterrabas e fazem parte do grupo de compostos nitrogenados (TIVELLI et al., 2011).

As betalaínas são, portanto, pigmentos naturais presentes na beterraba contendo nitrogênio solúvel em água, sendo as betacianinas responsáveis pela coloração vermelho a vermelho-violeta e as betaxantinas responsáveis pela coloração amarelo-laranja. O extrato de betalaína já foi aplicado como corante natural para laticínios, confeitos, sorvetes, bebidas e em salsichas. Diversas atividades biológicas estão relacionadas com o consumo das betalaínas presentes na beterraba, dentre elas eliminação de radicais livres, prevenção de danos ao DNA, atividade anti-inflamatória, anti-proliferativa e antimicrobiana (RODRIGUEZ-AMAYA, 2019).

3.1 FOLHA E TALO DA BETERRABA: COMPOSIÇÃO, BENEFÍCIOS À SAÚDE, FATORES ANTINUTRICIONAIS E APLICAÇÕES

Na colheita da beterraba partes como suas folhas e talos são retiradas e utilizadas para alimentação animal e/ou compostagem. Essas partes podem representar até 75% do peso do que foi colhido, porém elas apresentam excelente valor nutritivo. Já foram descritos minerais como ferro (Fe), potássio (K), sódio (Na), cobre (Cu), zinco (Zn) (GOMES et al., 2019; FERNÁNDEZ; JAGUS; AGÜERO, 2017; KORNDÖRFER; MACIEL; SOUZA, 2015; TIVELLI et al., 2011).

Monteiro (2009) em um estudo comparativo entre partes convencionais e não convencionais de frutas e hortaliças encontrou concentrações de 4,89mg de ferro e 75,86mg de cálcio por 100g de folha de beterraba e 3,15mg de ferro e 19,87mg de cálcio por 100g de talo da beterraba. Além disso, já foram reportados altos teores de fibras, vitaminas A e do complexo B, compostos fenólicos que apresentam capacidade antioxidante superior à beterraba, além da clorofila que tem função anticâncer, anti-inflamatória e anti-mutagênico (GOMES et al., 2019; FERNÁNDEZ; JAGUS; AGÜERO, 2017; KORNDÖRFER; MACIEL; SOUZA, 2015; TIVELLI et al., 2011). O teor de fibras alimentares já relatados foram 10,7%

nas folhas e 3,1% nos talos (LORIZOLA, 2017).

O consumo da parte aérea da beterraba como talos e folhas, que normalmente são considerados resíduos, pode aumentar a concentração de compostos fenólicos na dieta, de acordo com alguns estudos já publicados. Foram descritos em talos de beterraba os ácidos gálico, vanílico, clorogênico, ferúlico, cafeico, e os flavonóides miricetina, quercetina, rutina e kampferol. O consumo dessas partes aéreas pode ser, portanto, uma alternativa para o consumo de antioxidantes endógenos e consequentemente redução do estresse oxidativo celular (LORIZOLA et al., 2018; LORIZOLA, 2017).

No entanto, nem todos os compostos presentes nas folhas e talos da beterraba apresentam benefícios à saúde. Alguns fatores antinutricionais já foram relatados. Os principais encontrados são ácido oxálico, taninos, saponina e fitatos. De um modo geral, nos vegetais folhosos os compostos antinutricionais podem interferir na absorção de nutrientes (BABARYKIN et al., 2019; FERNÁNDEZ; JAGUS; AGÜERO, 2017; SINHA; KHARE, 2017). O ácido oxálico é considerado um composto tóxico, apresentando potencial risco à saúde. A dose letal, porém, é de 1.500 mg. Os teores desse composto, já avaliados nas partes aéreas da beterraba variam entre 121 a 916 mg/100g. Porém, uma dieta rica em oxalato pode influenciar na absorção de minerais, além de favorecer a hiperossalúria, que é um fator de risco para a formação de oxalato de cálcio nos rins (HIGASHIJIMA et al., 2019).

Estudos estão sendo desenvolvidos para utilizar as folhas e talos de beterraba para a alimentação humana. Oliveira (2017) estudou a adição de xarope de beterraba e xarope de resíduos de beterraba em iogurtes. Os resultados obtidos relataram que as adições desses xaropes não alteraram o padrão de identidade e qualidade do iogurte, porém houve melhora na capacidade antioxidante do produto, além de aumentar o teor de minerais como cálcio e potássio.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do apresentado, pode-se perceber que tanto a abóbora quanto a beterraba contêm muitos nutrientes que são essenciais para o bom funcionamento do organismo. São fontes de vitaminas, minerais, flavonoides, ácidos fenólicos. No entanto, esses vegetais não são consumidos na sua totalidade, partes como sementes, cascas, folhas e talos ainda são descartados.

Porém a utilização dessas partes descartadas pode favorecer o aumento da

ingestão de fibras, minerais, compostos fenólicos, além de reduzir a produção de resíduos, considerados lixo. Diversos estudos estão sendo desenvolvidos visando aplicar esses resíduos com o intuito de melhorar nutricionalmente produtos existentes e produzir novos produtos.

No entanto, também existem os compostos antinutricionais nesses resíduos que podem afetar a absorção dos nutrientes presentes. Contudo, processos tecnológicos simples podem inativar e inibir esses compostos antinutricionais, permitindo assim que os organismos possam utilizar os nutrientes em sua totalidade.

ARTIGO 1 – POTENCIAL NUTRICIONAL E BIOACESSIBILIDADE DE ELEMENTOS ESSENCIAIS EM RESÍDUOS DE BETERRABA

Daiana Prati Pinheiro da Silva¹, Ana Paula Rebellato¹, Victória Daud do Amaral¹, Juliana Azevedo Lima Pallone¹

¹Departamento de Ciência de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP

O artigo será submetido ao Journal of Food Composition and Analysis

RESUMO

O aproveitamento integral dos alimentos é uma prática sustentável e ecologicamente correta. A beterraba não é usada em sua totalidade, contudo seus resíduos (folhas e talos) podem apresentar compostos importantes para a saúde, dentre eles alguns elementos essenciais. Diante disso, este trabalho objetivou validar e aplicar um método analítico por FAAS para quantificar o teor de elementos essenciais (Ca, Fe, Mg e Zn) em resíduos de beterraba (*in natura* e tratados termicamente), estimar a bioacessibilidade desses mesmos elementos pelo modelo padronizado INFOGEST 2.0, além de avaliar os componentes majoritários presentes nesses resíduos e os seus efeitos na bioacessibilidade dos minerais e verificar se o processamento térmico e o local de produção poderiam influenciar na qualidade nutricional. Foram avaliadas amostras de dois produtores (1 e 2) de diferentes regiões geográficas. A caracterização dos componentes majoritários indicou que para os resíduos de ambos os produtores, houve variação na concentração média dos parâmetros avaliados e as amostras se destacaram pelo alto conteúdo de fibras (solúvel 13,44 a 17,02 g/100g; insolúvel 33,74 a 36,10 g/100g e total 49,54 e 50,25 g/100g), e proteínas (20,11 a 23,97g/100g). Os teores médios de cálcio, ferro, magnésio e zinco para os resíduos de beterraba obtidos dos diferentes produtores variaram de 571,36 a 784,31 mg/100g, 10,25 a 48,48 mg/100g, 701,62 a 876,03 mg/100g e 3,71 a 6,82 mg/100g, respectivamente. Os dados obtidos demonstram possível influência do local de produção na concentração dos elementos. Isso pode ser explicado por questões intrínsecas à produção das beterrabas e conseqüentemente o depósito mineral foi

diferente. Verificou-se que as concentrações dos elementos essenciais nas matrizes analisadas poderiam contribuir com alta porcentagem para o cumprimento da IDR, contudo, quando o percentual bioacessível desses elementos nos resíduos de beterraba foi avaliado, percebeu-se que o percentual variou entre 8,70-32,70% para o ferro e 16,36- 45,22% para o magnésio. Observou-se que menor concentração de fibras solúveis e maiores concentrações de lipídeos, proteínas e fibras insolúveis nas amostras contribuiu para maior disponibilidade dos elementos presentes nos resíduos de beterraba. O tratamento térmico (cozimento doméstico) não influenciou nos resultados obtidos para as frações bioacessíveis dos elementos essenciais. Entretanto, para o Mg houve diferença significativa entre amostras obtidas de diferentes produtores, comprovando a diferença existente entre os produtores. O cálcio e o zinco não puderam ser quantificados nas frações bioacessíveis. A partir dos resultados apresentados, verifica-se que esses resíduos são fontes de fibras alimentares, proteínas e elementos essenciais, destacando-se pelo Fe e Mg bioacessíveis. Diante do apresentado, é possível indicar o uso direto desses resíduos na alimentação humana ou incorporados a outros produtos, como ingredientes em formulações contribuindo assim para o aporte de nutrientes para a dieta, além de agregar valor a esses possíveis subprodutos que são descartados muitas vezes como lixo ou são usados apenas para a alimentação animal.

Palavras-chave: Waste zero, INFOGEST, digestão *in vitro*, folhas e talos de beterraba, minerais

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) aproximadamente 1,3 bilhão de toneladas de alimento/ano no mundo são desperdiçadas. O desperdício de alimentos simboliza um sistema insustentável de produção e consumo de alimentos (VON MASSOW et al., 2019; MARTIN-RIOS et al., 2018; FAO, 2017). Diante desse cenário, o aproveitamento integral dos alimentos vem sendo adotado como uma medida de prática sustentável e ecologicamente correta, utilizando melhor os recursos naturais e estimulando a diversificação dos hábitos alimentares (FRANZOSI; DANELUZ; BARATTO, 2018; MARTIN-RIOS et al., 2018).

A produção e o beneficiamento de vegetais geram uma alta quantidade de resíduos, uma vez que aproximadamente 75% do que é colhido no campo não chega à mesa dos consumidores. Contribuindo para essa geração de resíduos estão os talos e as folhas de vegetais que são produzidos para o consumo de suas raízes, como a beterraba. Por diversas vezes, a comercialização desses vegetais ocorre sem suas folhas e talos e acabam sendo utilizadas para a alimentação animal ou compostagem (PALLONE; SILVA, 2021; FERNANDEZ; JAGUS; AGÜERO, 2017).

A beterraba vermelha pertence à família *Chenopodiaceae*, espécie *Beta vulgaris* L. e é uma hortaliça muito apreciada pela população brasileira, principalmente no que diz respeito à diversificação de preparo, pois ela pode ser consumida crua, cozida, assada, em sucos, em conserva, em saladas e sopas. A coloração característica da beterraba se dá pela presença das betalaínas que são compostos nitrogenados decorrentes do metabolismo secundário e se acumulam durante o crescimento e desenvolvimento da beterraba. O consumo das betalaínas está relacionado com a prevenção de danos ao DNA, eliminação de radicais livres, ação anti-inflamatória e antimicrobiana (PALLONE; SILVA, 2021; BABARYKIN et al., 2019; RODRIGUEZ- AMAYA, 2019; HERNANDES et al., 2007).

Varios estudos estão sendo publicados avaliando os principais nutrientes e compostos bioativos encontrados na beterraba. Já foi observado vitaminas A, C, E, K, tiamina, riboflavina e niacina, minerais como cálcio, potássio, sódio, magnésio, cobre, zinco, manganês, ferro e fósforo, além de flavonoides, carotenóides, polifenóis, betacianinas, betaxantinas que são responsáveis pela capacidade antioxidante, ação anti-inflamatória, anticâncer, hepato-protetora, redução de

doenças cardíacas, benefícios contra diabetes, hipertensão e cicatrização de feridas (PALLONE; SILVA, 2021; CHHIKARA et al., 2019; HAJIHOSSEINI; SETORKI; HOOSHMANDI, 2017).

Além dos benefícios presentes na raiz da beterraba, suas folhas e talos estão sendo estudadas. Já foi relatado que essas partes apresentam compostos bioativos que podem promover benefícios para a saúde. Entre os componentes nutricionais e bioativos estão os minerais como ferro, zinco, sódio, potássio, vitamina A, vitaminas do complexo B, fibras e compostos fenólicos. Além disso, já foi reportada capacidade antioxidante superior dos resíduos (folhas e talos) da beterraba quando comparada a raiz da beterraba (GOMES et al., 2019 TIVELLI, 2011; HERNANDES, 2006). Os talos e as folhas de beterraba poderiam ser utilizados na alimentação humana na forma de sucos (GOMES et al., 2019), cozidos em recheios de tortas e panquecas (STORCK et al., 2013), produção de farinha para a fabricação de biscoitos tipo “*cookies*” (MACIEL et al., 2020).

Os minerais são elementos inorgânicos extremamente importantes e considerados essenciais para o bom funcionamento do corpo humano, pois participam de funções reguladoras, prevenção de doenças, ações enzimáticas, produção de energia celular, transporte de oxigênio, formação óssea, entre outras funções (SINGH; PRASAD, 2018). Apesar das importantes funções que apresentam no corpo humano, a deficiência nutricional atinge aproximadamente 2 bilhões de pessoas no mundo e o principal fator de risco para esse problema é uma dieta deficiente em minerais (KORUS, 2020; LOUZADA et al., 2015).

A deficiência de ferro pode causar anemia ferropriva e diminuição nos glóbulos vermelhos. Já a carência de zinco pode causar retardo no crescimento e desenvolvimento, além de reduzir a imunidade. Uma alimentação pobre em cálcio está relacionada com a incidência de osteoporose em mulheres e ocorrência de câncer de cólon e hipertensão. A falta de magnésio pode causar alterações no sistema neurológico, muscular, gastrointestinal e renal (SINGH; PRASAD, 2018; GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017; PREMAOR; BRONDANI, 2016; TOGNON, 2012; BOEN; PALLONE, 2009; SANCHEZ-MORITO et al., 2000).

Nesse contexto, além de se conhecer quais elementos minerais estão presentes e em qual concentração em alimentos ou resíduos é necessário avaliar a

bioacessibilidade dos mesmos. A bioacessibilidade corresponde à quantidade de mineral que está potencialmente disponível, após a digestão, para ser absorvida pelo organismo e participar das funções fisiológicas. Para estimar a bioacessibilidade de minerais modelos de simulação da digestão *in vitro* são empregados (ETCHEVERRY; GRUSAK; FLEIGE, 2012; KHOUZAM; POHL; LOBINSKI, 2011).

Entre os modelos empregados estão os estáticos que simulam a digestão até o intestino delgado enquanto que os dinâmicos incorporam o intestino grosso além de avaliar a modulação da microbiota. Os estáticos utilizam uma porção constante de alimento, enzimas e eletrólitos, e pH para cada fase digestiva e são úteis para simular o comportamento gastrointestinal do alimento e, assim, tentar prever resultados da digestão *in vivo*. Entretanto, existem vários modelos estáticos para avaliar a bioacessibilidade, mas alguns fatores podem variar entre eles, como quantidade de enzimas, pH, tempo em cada etapa da digestão, e conseqüentemente, os resultados não podem ser comparados. Diante dessas diferenças entre os métodos de digestão estáticos, pesquisadores de um grupo chamado INFOGEST vêm desenvolvendo um modelo padronizado de digestão *in vitro* para avaliar e estimar a bioacessibilidade de nutrientes e bioativos em alimentos. Nessa padronização, os autores sugerem as mesmas condições nos ensaios (tempo, pH, enzimas, etc) para que então os resultados possam ser comparados em diversas matrizes alimentares (BRODKORB et al., 2019).

Informações sobre a bioacessibilidade de elementos essenciais como cálcio, ferro, magnésio e zinco em resíduos (folha e talo) de beterraba, bem como o efeito do cozimento, ainda não foram relatados em pesquisas prévias, sendo, portanto, um estudo inédito. Conhecer a possibilidade de aproveitamento desses elementos essenciais pelo organismo permite a melhor utilização desses resíduos como subprodutos e sua aplicação para a alimentação humana, além de indicar os possíveis benefícios à saúde quando talos e folhas de beterraba são consumidos *in natura* ou cozidos.

Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo validar e aplicar um método analítico por espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS) para quantificar o teor de elementos essenciais (Ca, Fe, Mg e Zn) em resíduos de beterraba (*in natura* e tratados termicamente), estimar a bioacessibilidade de Ca, Fe, Mg e Zn pelo modelo padronizado INFOGEST 2.0 em resíduos de beterraba (*in*

natura e tratados termicamente), além de avaliar os componentes majoritários presentes nos resíduos de beterraba, verificando se o processamento térmico e o local de produção poderiam influenciar na qualidade nutricional e a influência dos componentes majoritários na biodisponibilidade dos minerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 EQUIPAMENTOS, VIDRARIAS E REAGENTES

As amostras adquiridas foram moídas em moinho (modelo A11 – Ika, Alemanha) e liofilizadas em liofilizador (LS3000, Terroni, Brasil). Uma balança analítica (modelo AP210-0 – Ohaus, Brasil) foi utilizada para a pesagem das amostras. Um bloco digestor (modelo M242 – Quimis, Brasil) foi utilizado para a mineralização das amostras. Para as determinações de minerais foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica com chama (FAAS), modelo AAnalyst 200, com uma lâmpada de deutério para correção da radiação de fundo e lâmpadas de cátodo oco (Perkin Elmer, Norwalk, CT, EUA) para a determinação dos minerais avaliados cálcio (422,7 nm), ferro (248,3 nm), magnésio (285,3 nm) e zinco (213,9 nm). Para os ensaios de digestão *in vitro* e estimativa da biodisponibilidade foram utilizados os equipamentos centrífuga refrigerada (Centrífuga Refrigerada SL - 706, SOLAB, Brasil), pHmetro (Digimed DM 22, Brasil), banho metabólico (Dubnoff, MA 093, Marcone, Brasil) e liofilizador (LS3000, Terroni, Brasil). A limpeza das vidrarias utilizadas para a determinação dos minerais foi feita a partir da imersão das mesmas em banho de detergente, seguidas por imersão em banho de ácido nítrico 10% (v/v). Ao final as vidrarias foram enxaguadas com água purificada obtidas a partir do sistema de ultra purificação de água por osmose reversa e troca iônica (Sartorius) e seca à temperatura ambiente.

Para a caracterização dos componentes majoritários foram utilizada estufa com circulação de ar forçado (modelo 400-3ND Nova Ética, Brasil), agitador de tubos tipo Wagner (modelo MA 160/50/CF – Marconi, Brasil), forno de mufla (modelo 6318M24, Quimis, Brasil), bloco digestor (modelo TE4025, Tecnal, Brasil), destilador de nitrogênio (modelo TE 036-1, Tecnal, Brasil), banho metabólico Dubnoff (modelo MA093, Marcone, Brasil) e bomba a vácuo (modelo 089CAL, Merse, Brasil).

Outras vidrarias foram utilizadas para o desenvolvimento das análises, como

balões volumétricos, pipetas (graduadas e volumétricas), frascos plásticos tipo Falcon (Startestd, Brasil), béquers, Erlenmeyers, funis, cadinhos sinterizados, tipo Gooch, cadinhos de porcelana e de alumínio.

Foram utilizados ácido nítrico concentrado 65% (Synth, Brasil) e peróxido de hidrogênio concentrado 30% (Synth, Brasil) de grau analítico. Soluções padrão de cálcio, ferro, magnésio e zinco (Sigma- Aldrich, EUA), com concentração de 1000mg/L, papel de filtro quantitativo (Nalgon, diâmetro 9 cm) livre de cinzas, papel de filtro qualitativo (Nalgon, Brasil). Bicarbonato de sódio, ácido clorídrico, clorofórmio, metanol, sulfato de sódio, sulfato de potássio, sulfato de cobre, ácido sulfúrico, ácido bórico, vermelho de metila, verde de bromocresol, hidróxido de sódio, fosfato de sódio dibásico, fosfato de sódio monobásico, etanol, acetona, bicarbonato de sódio, celite ácida (Celite acid washed, Sigma – Aldrich, EUA).

As enzimas α -amilase, pepsina, lipase gástrica, pancreatina e bile (sais biliares), utilizadas durante os ensaios de bioacessibilidade, foram adquiridas da Sigma Aldrich (EUA). Na preparação dos fluídos simulados salivar, gástrico e intestinal (SSF, SGF e SIF), foram utilizados ácido clorídrico P.A (HCl 37%) (Synth, Brasil); fosfato de potássio monobásico (KH_2PO_4) (T. J. Baker), cloreto de potássio (KCl) e cloreto de sódio (NaCl) (Merck, Alemanha), bicarbonato de sódio (NaHCO_3), cloreto de magnésio hexahidratado ($\text{MgCl}_2(\text{H}_2\text{O})_6$), carbonato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) e cloreto de cálcio dihidratado ($\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$) (Sigma Aldrich, EUA), seguindo o protocolo INFOGEST. Soluções de NaOH 5 mol L⁻¹ e HCl 6 mol L⁻¹ foram utilizadas para ajuste do pH.

2.2 AMOSTRAS E PREPARO DE AMOSTRA

Os resíduos de beterraba foram adquiridos de dois produtores, um da cidade de Jaguariúna – SP (nomeado produtor 1) e o outro da cidade de Limeira – SP (nomeado produtor 2). Foram coletadas quatro amostras de cada produtor em meses diferentes (novembro/2018, março/2019, novembro/2019, março/2020), totalizando 8 amostras.

Para as amostras *in natura* cerca de 50g de resíduo de beterraba composto por folhas e talos foi moído e liofilizado, a fim de conservar o produto até o momento das análises. Já para as amostras cozidas, 50g do resíduo foi cozido por 15 minutos a

280°C e o produto cozido foi moído e liofilizado. As amostras *in natura* foram nomeadas como B1, B3, B5 e B7, produtor 1 de Jaguariúna e B2, B4, B6, B8, produtor 2 de Limeira e as amostras cozidas com as mesmas siglas e a designação cozida.

Para a validação do método analítico foi empregada uma amostra de resíduo de beterraba liofilizada *in natura*. Para a caracterização dos componentes majoritários foram selecionadas 3 amostras de resíduo de cada produtor, totalizando 6 amostras. Para a determinação dos principais elementos essenciais foram avaliadas 4 amostras, de cada produtor, que foram submetidas a dois tratamentos diferentes *in natura* e cozidas, totalizando 16 amostras.

Para os ensaios de digestão *in vitro*, para estimativa da bioacessibilidade dos elementos essenciais foi escolhida uma amostra de cada produtor na forma *in natura* e cozida. Considerou-se que produtores diferentes utilizam diferentes solos e outras variações referentes ao cultivo da beterraba. Além de avaliar se o processamento térmico poderia influenciar a bioacessibilidade dos elementos essenciais. As duas amostras escolhidas foram B4 e B7, por apresentarem maiores concentrações dos minerais cálcio e zinco.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE BETERRABA

Os componentes majoritários do resíduo de beterraba liofilizado (*in natura*) foram determinados com a avaliação dos teores de umidade (IAL 2008), cinzas (IAL 2008), proteínas (N=6,25) (IAL 2008), fibras (solúveis, insolúveis e totais – método 991.43; AOAC, 2006; PROSKY et al., 1985). Os lipídeos foram determinados pelo método de Bligh & Dyer (1959) e carboidratos (açúcares) por diferença dos teores da umidade, cinzas, proteínas e lipídeos e fibras

2.4 VALIDAÇÃO DE MÉTODO E DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS ESSENCIAIS EM RESÍDUOS DE BETERRABA

Para a mineralização das amostras, utilizou-se o método proposto por Silva et al. (2017), com adaptações. Pesou-se uma massa de 0,25g de resíduo (folha e talo) de beterraba em tubos de digestão. Acrescentou-se 4 mL de ácido nítrico concentrado em cada tubo. Foi preparado também um “branco” (sem amostra). Após essa etapa, pequenos funis foram colocados em cada tubo, a fim de manter o refluxo. Os tubos

foram aquecidos por 2 horas a 110°C para a digestão das amostras. Com o término desse período, as amostras foram removidas do bloco, resfriadas a temperatura ambiente e então acrescentou-se mais 2 mL de ácido nítrico concentrado e 2 mL de peróxido de hidrogênio e os tubos foram levados novamente ao bloco digestor por mais 2 horas a 130°C para completar a digestão das amostras. Ao final os tubos foram removidos do bloco, resfriados a temperatura ambiente. O conteúdo dos tubos foi transferido para balões volumétricos de 25 mL e o volume aferido com água ultrapura. As amostras foram filtradas em papel de filtro livre de cinzas e armazenadas em temperatura ambiente em frascos de polipropileno tipo Falcon (Sarstedt, Brasil), para a determinação dos teores de cálcio, ferro, magnésio e zinco (principais elementos encontrados em resíduos de beterraba). Todas as determinações foram feitas em triplicata.

A determinação dos minerais foi feita em espectrômetro de absorção atômica com chama (FAAS), modelo AAnalyst 200. Para tanto, uma alíquota de cada amostra foi introduzida no nebulizador e misturada a uma chama de ar (2,5 L/h) e acetileno (10 L/h) a uma temperatura de 2000°C aproximadamente. Para as análises de cálcio e magnésio foi acrescentado óxido de lantânio a 5%, para reduzir interferentes.

A validação do método analítico foi realizada conforme as recomendações feitas pelos guias de validação do INMETRO e da AOAC (BRASIL, 2018; AOAC 2016). Para a avaliação da linearidade e sensibilidade foram construídas curvas analíticas para cada elemento avaliado, em cinco níveis de concentração, por padronização externa, em triplicatas independentes. As concentrações foram 0,5; 1,625; 2,75; 3,875; 5 mg/L para cálcio; 0,25; 0,9375; 1,625; 2,3125; 3 mg/L para ferro; 0,025; 0,08125; 0,1375; 0,19375; 0,25 mg/L para magnésio; 0,05; 0,1625; 0,275; 0,3875; 0,5 mg/L para zinco.

A linearidade foi determinada pela equação de regressão linear das curvas analíticas pelo método dos mínimos quadrados, análise de variância (ANOVA) da regressão, os resíduos e o coeficiente de correção linear (r). A sensibilidade foi expressa como coeficiente angular da curva analítica. A ausência de *outliers* foi feita pelo resíduo de *Jackknife* (BRASIL, 2018). Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) foram avaliados a partir da análise da resposta de 10 brancos da amostra e calculados conforme proposto no guia de validação do INMETRO (BRASIL, 2018). A recuperação e a precisão foram determinadas de acordo com o guia do INMETRO (BRASIL, 2018). A precisão intermediária (inter-dias) foi

determinada foi avaliada através da análise de variância (ANOVA) de fator único, adotando-se 95% de nível de confiança.

O método validado foi aplicado para a quantificação dos elementos essenciais e determinação dos mesmos elementos após ensaios de digestão *in vitro*.

2.5 ENSAIOS DE DIGESTÃO IN VITRO PARA ESTIMATIVA DA BIOACESSIBILIDADE DE ELEMENTOS ESSENCIAIS EM RESÍDUOS DE BETERRABA

A simulação da digestão *in vitro* foi realizada de acordo com Brodkorb et al. (2019), com modificações. Para a fase oral 1g de amostra foram pesados em 4 mL de água ultrapura e adicionados 4 mL de fluído salivar simulado (SSF) aquecido a 37 °C. Em seguida, 25 µL de 0,3M CaCl₂, 750 µL de α-amilase e 225 µL de água foram adicionados e bem misturado. A amostra foi incubada por 2 minutos a 37 °C em um banho metabólico Dubnoff (modelo MA093, Marcone, Brasil). Para a fase gástrica, o bolo obtido da fase oral foi misturado com 8 mL de fluido gástrico simulado (SGF) previamente aquecido a 37 °C. O pH foi ajustado para 3,0 com HCl 6M. Após, um volume de 5 µL de 0,3M CaCl₂, 0,665 mL de solução de pepsina suína e 0,928 µL de água foram adicionados. A amostra foi colocada em banho metabólico e incubada por 2 h em 37 °C. Após as 2h, as amostras ficaram e banho de gelo por 10 min para inativação da pepsina. Para a fase duodenal/intestinal, o quimo gástrico foi misturado com 8 mL previamente aquecido de fluído intestinal simulado (SIF). O pH foi ajustado para 7,0 com NaOH 5M, acrescentou-se então 3 mL de solução biliar e a amostra ficou por 30 min em banho metabólico a 37 °C. Depois desse período, 40 µL de 0,3M de CaCl₂, 5 mL de solução de pancreatina, 3,160 mL de água foram adicionados à mistura. A amostra foi incubada em banho metabólico por 2h a 37°C. Após as 2 h, a amostra foi centrifugada em centrífuga refrigerada (Centrífuga Refrigerada SL - 706, SOLAB, Brasil) por 30 min em temperatura de 4°C a 5700 rpm. O sobrenadante foi transferido para um tubo de ensaio e a amostra foi seca em estufa de circulação forçada por 36h para a redução do volume. Após esses período, a solução concentrada obtida recebeu 6 mL de ácido nítrico concentrado e 2 mL de peróxido de hidrogênio e seguiu para o processo de mineralização validado no presente trabalho (item 2.4). Posteriormente, foi avaliada a concentração dos elementos: cálcio, ferro, magnésio e zinco no produto da digestão, com emprego da espectrometria de absorção atômica com chama e foi calculada a concentração e porcentagem de bioacessibilidade de cada um dos elementos essenciais de acordo

com a fórmula apresentada:

$$\text{Percentual bioacessível (\%)} = \frac{\text{Concentração do elemento na fração bioacessível } (\frac{mg}{100g})}{\text{Concentração total do elemento } (\frac{mg}{100g})} \times 100$$

2.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os resultados obtidos das análises dos componentes majoritários, teor total de elementos essenciais e bioacessibilidade (em concentração) foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA) de fator único e Teste de Tukey, a 95% de confiança utilizando o programa Statistica 7.0 (Statsoft, Inc., Tulsa, USA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE BETERRABA

Os componentes majoritários dos resíduos de beterraba *in natura* liofilizados foram avaliados e os resultados médios obtidos para amostras de diferentes produtores estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição centesimal (valores médios) de resíduos de beterraba *in natura* liofilizadas

Teores (g/100g)	Amostras	
	Produtor 1 (N=3)	Produtor 2 (N= 3)
Umidade	9,25 ± 0,50 b	9,57 ± 0,23 a
Cinzas	18,41 ± 1,07 b	19,84 ± 0,78 a
Proteínas	23,97 ± 0,48 a	20,11 ± 1,90 b
Lipídeos	2,93 ± 0,39 a	2,77 ± 0,13 b
Carboidratos**	<1,00 ± 1,19 a*	<1,00 ± 1,20 a*

Fibras solúveis	13,44 ± 0,47 b	17,02 ± 1,76 a
Fibras insolúveis	36,10 ± 2,17 a	33,74 ± 1,04 b
Fibras totais	49,54 ± 2,19 a	50,25 ± 2,29 a

Valores expressos como média ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey a 95% de confiança para amostras provenientes de diferentes produtores. **Teores de carboidratos foram calculados a partir da diferença dos outros componentes majoritários (umidade, cinzas, proteínas, fibras totais e lipídeos). *Concentração de carboidratos (açúcares) foi menor que 1% nas amostras.

Analisando-se a Tabela 1 percebe-se que para o parâmetro de umidade houve diferença significativa entre os resultados, sendo maior a média obtida para o produtor 2 (Limeira). Isso demonstra que mesmo sendo o mesmo tipo de amostra e ter passado pelo mesmo processo de liofilização o conteúdo total de umidade não foi igual. Crocetti et al. (2017) avaliaram a umidade de farinha de resíduo de beterraba obtida a partir de diferentes métodos de secagem e a farinha obtida pelo processo de liofilização, que apresentou o maior teor de umidade. Segundo os autores, uma possível explicação para isso é o fato de que a farinha obtida a partir do processo de liofilização é muito higroscópica, absorvendo facilmente a umidade do ar. Contudo, pode-se perceber que, todos os valores estão de acordo com a legislação brasileira que permite umidade de até 15% para alimentos secos serem considerados farinha (BRASIL, 2005).

Pelos dados apresentados na Tabela 1, o teor médio de cinzas das amostras do produtor 2 foi superior quando comparados com o teor médio do produtor 1 e houve diferença significativa entre os resultados. Isso demonstra que as amostras provenientes da região de Limeira tiveram um acúmulo mineral superior nos resíduos de beterraba, quando comparados com os resíduos do produtor de Jaguariúna. De acordo com Caldeira (1999) a oferta nutricional do solo, a região em que o vegetal foi produzido e a suplementação e adubação do solo pode influenciar o conteúdo de minerais nos vegetais, inclusive nas folhas e talos. E isso foi possível observar nas amostras utilizadas no presente estudo, pois a região de produção e conseqüentemente as condições climáticas foram diferentes.

Quando se observa os dados apresentados na Tabela 1, o teor médio de

proteínas foi superior nas amostras do produtor 1 (Jaguariúna), em relação ao teor médio nas amostras do produtor 2 (Limeira) e houve diferença significativa entre os resultados. Gouvea et al. (2020) quantificaram proteína em farinha de talo de beterraba e de acordo com os autores, o valor médio obtido de proteínas foi de 10,55 g/100g. Lasta (2017) quantificou o teor de proteínas em folhas e talos de beterraba secos em estufa e os valores obtidos foram 25,13 g/100g e 13,66 g/100g. Os resultados obtidos no presente estudo estão muito próximos ao valor encontrado por Lasta (2017), para as folhas de beterraba seca em estufa, demonstrando que os resíduos de beterraba são uma importante fonte de proteína de origem vegetal.

O teor médio dos lipídeos foi superior para as amostras do produtor 1 (Jaguariúna), quando comparados com o teor médio do produtor 2 (Limeira) e os valores apresentaram diferença significativa. O teor de lipídeos encontrado por Costa (2015) ficou em torno de 1,33 g/100g na farinha de resíduo de beterraba. Lasta (2017) determinou o teor de lipídeos em folhas e talos de beterraba secos em estufa. Os valores encontrados pelo autor foram 1,84 g/100g para os talos e 4,22 g/100g para as folhas. A diferença existente entre os valores apresentados nos trabalhos pode ser explicada pelo fato de que as folhas e os talos foram avaliados de forma independente, sendo que o maior percentual lipídico está presente nas folhas quando comparadas com os talos. Os valores obtidos no presente estudo estão superiores aos talos, mas inferiores às folhas, pois eles foram avaliados de forma conjunta.

Ao se observar os teores de fibras solúveis e insolúveis presentes nos resíduos de beterraba, avaliados neste trabalho, foi possível perceber que o teor de fibras insolúveis apresentou quase o dobro do teor de fibras solúveis. Essa situação também foi constatada por Costa (2015) que destacou que fibras insolúveis estão presentes, principalmente, na parede celular vegetal e quando inseridas na alimentação proporcionam diversos benefícios à saúde. O teor médio das fibras solúveis foi superior no produtor 2 (Limeira), quando comparado com o teor médio do produtor 1 e houve diferença significativa entre as amostras. Já para o teor médio das fibras insolúveis a média foi superior para o produtor 1 (Jaguariúna) e houve diferença significativa, quando comparado com o teor médio das fibras insolúveis nas amostras do produtor 2 (Limeira). Contudo, quando se comparou o conteúdo médio de fibra alimentar (Tabela 2) percebe-se que não houve diferença significativa entre os dois produtores. Isso foi observado por Silva et al. (2017) quando avaliaram fibras

alimentares em resíduos de citros. O conteúdo de fibras insolúveis foi superior, quando comparado com o teor de fibras solúveis, entretanto os teores médios de fibras alimentares foram próximos entre as diferentes amostras avaliadas.

Os dados fornecidos pela Tabela 1, o teor médio de carboidratos calculado foi inferior a 1%, isso pode ser explicado pela baixa concentração de carboidratos nos resíduos de beterraba e não houve diferença estatística entre os diferentes produtores. Fernandez, Jagus e Agüero (2017) avaliaram a composição centesimal da farinha de resíduo de beterraba. Segundo os autores, o teor de carboidratos encontrados para a farinha foi 1,03 g/100g, valor muito próximo ao encontrado no presente trabalho.

A partir dos dados obtidos para os componentes majoritários em resíduos de beterraba foi possível verificar que as variações existentes entre as amostras e produtores avaliados no presente estudo podem estar relacionadas com o as condições edafoclimáticas referentes ao período de produção das beterrabas, que incluem oferta nutricional do solo, períodos de chuvas e outros fatores intrínsecos à produção das beterrabas (GRZEGORZEWSKI; CIEĆKO; SZOSTEK, 2017; CALDEIRA et al., 1999).

Constatou-se que os resíduos de beterraba se destacaram pelos altos teores de fibras e proteínas. Para um alimento ser considerados com “alto teor de fibras” é necessário que apresente no mínimo 6g de fibras por 100g do alimento, sendo assim, os resíduos de beterraba podem ser considerados como um alimento com alto teor de fibras (BRASIL, 1998). De acordo com a RDC nº269 (BRASIL, 2005) a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína para um adulto é de 50g, considerando os resultados obtidos, um consumo de 100g de resíduos de beterraba (na forma de farinha) pode suprir, aproximadamente, 48% da IDR de proteínas.

3.2 VALIDAÇÃO DO MÉTODO E AVALIAÇÃO DE CÁLCIO, FERRO, MAGNÉSIO E ZINCO EM RESÍDUOS DE BETERRABA

Para os parâmetros de linearidade e sensibilidade foram construídas curvas analíticas, com 5 concentrações diferentes para cada elemento e foram avaliadas as faixas lineares de trabalho. Os valores de concentração para a construção da curva analítica de cada elemento e os parâmetros das curvas podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros obtidos para as curvas analíticas de cada elemento

Elemento	Concentrações das curvas (mg/L)	Equação de regressão	R ²
Cálcio	0,5; 1,625; 2,75; 3,875; 5	$y = 0,0499x - 0,0051$	0,99
Ferro	0,25; 0,9375; 1,625; 2,3125; 3	$y = 0,0364x - 0,0027$	0,99
Magnésio	0,025; 0,08125; 0,1375; 0,19375; 0,25	$y = 0,7289x + 0,01$	0,99
Zinco	0,05; 0,1625; 0,275; 0,3875; 0,5	$y = 0,7289x + 0,01$	0,99

A ANOVA da regressão para as curvas analíticas obtidas para cada elemento demonstrou que as regressões são significativas. Além disso, observa-se que não há falta de ajuste para os modelos, indicando assim, linearidade dos mesmos e a porcentagem de variação (R^2) é adequada para a representação dos dados (APÊNDICE A). Os resíduos foram avaliados através do teste *Jacknife* e os valores encontrados estão distribuídos de forma aleatória no eixo X e assim, livres de tendência (APÊNDICE B).

A precisão foi avaliada pelos parâmetros de repetibilidade e precisão intermediária (inter-dias) para as análises de elementos essenciais em resíduos de beterraba. Para a repetibilidade, as concentrações médias encontradas dos elementos estão dispostas na Tabela 3.

Tabela 3. Repetibilidade para determinação de minerais em resíduos de beterraba

Repetições	Concentração média (mg/100g)			
	Cálcio	Ferro	Magnésio	Zinco
1	391,97	10,72	636,90	3,14
2	397,61	11,15	629,73	3,08
3	395,15	10,99	621,31	3,32
4	387,85	10,85	647,05	3,04
5	395,24	10,65	628,43	2,92
6	383,44	11,26	629,93	3,15
7	393,80	10,86	604,73	3,02
Média	392,15	10,93	628,30	3,10

Desvio padrão	4,93	0,22	13,13	0,13
Coefficiente de variação (%)	1,26	2,03	2,09	4,11
*Coefficiente de variação AOAC (%)	0,58- 2,30	0,98 - 3,94	0,54 - 2,14	1,19 - 4,76

*CV AOAC (2016) = 1/2 e 2 vezes o valor de $C^{-0,15}$ (onde C é a concentração média do mineral).

De acordo com o Guia de Validação da AOAC (2016) os valores de referência para os coeficientes de variação (CV) adequados para a aceitação da repetibilidade deve estar entre a metade e duas vezes o valor de $C^{-0,15}$ (onde C é a concentração média do mineral). Diante do apresentado na Tabela 4, os coeficientes de variação estão dentro da faixa especificada nos valores de referência, podendo assim assumir que há repetibilidade no método de determinação dos elementos essenciais em resíduos de beterraba.

Tabela 4. Análise de variância para avaliação da precisão intermediária (inter-dias) para análise de cálcio, ferro, magnésio e zinco em resíduos de beterraba

Elemento	Fonte da variação	SQ	Gl	MQ	F _{cal}	valor-P	F _{tab}
Cálcio	Entre dias	40629,95	2	20314,9725	1,85	0,19	3,74
	No mesmo dia	154126,56	14	11009,0398			
	Total	194756,50	16				
Ferro	Entre dias	8,48	2	4,24	0,30	0,75	3,74
	No mesmo dia	198,09	14	14,15			
	Total	206,57	16				
Magnésio	Entre dias	853387,83	2	426693,92	2,94	0,09	3,81
	No mesmo dia	1887971,70	13	145228,59			
	Total	2741359,53	15				
Zinco	Entre dias	19,72	2	9,86	2,53	0,12	3,74
	No mesmo dia	54,49	14	3,89			
	Total	74,21	16				

SQ = soma dos quadrados, Gl = graus de liberdade, MQ = média da soma dos quadrados

Para os ensaios de precisão intermediária (inter-dias) todos os valores de p -valor foram superiores a 0,05, além do F calculado (F_{cal}) foram menores que o F tabelado (F_{tab}) e os valores estão apresentados na Tabela 4. Sendo assim, é possível considerar que não houve variação significativa nas concentrações dos elementos entre os dias de análise, com isso, a precisão intermediária foi considerada adequada.

Na Tabela 5 estão dispostos os limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ) do método analítico além dos resultados obtidos para a recuperação. Os limites de detecção e quantificação foram considerados adequados, pois os valores estão abaixo dos valores de concentrações esperados para os elementos avaliados. O método analítico proposto para a determinação dos elementos em resíduos de beterraba utiliza uma massa de amostras de 0,25g, e uma diluição de 25 vezes do extrato obtido. O cálculo de LD e LQ demonstrou que o método estava adequado para a determinação desses elementos nas amostras em questão, com base nesses parâmetros.

A recuperação dos elementos foi avaliada em resíduo de beterraba para cálcio, ferro, magnésio e zinco e os resultados estão dispostos na Tabela 5. A fortificação realizada nos resíduos de beterraba foi feita em 12,5% e 25% do valor esperado para o cálcio e magnésio, 50% e 100% do valor esperado para o ferro e 100% e 200% do valor esperado para o zinco e os valores obtidos estão apresentados na Tabela 6, com valores de recuperação expressos em porcentagem (%), (APÊNDICE C, TABELA 1).

Tabela 5. Recuperação, limites de detecção e quantificação para análise de elementos essenciais nos resíduos de beterraba

Míneral	Cálcio	Ferro	Magnésio	Zinco
Recuperação (%)	100 – 98,5	97,7 – 97,2	101,7 – 103,8	97,5 – 90,0
Limite de detecção (mg/L)	0,17	0,06	0,01	0,02
Limite de quantificação (mg/L)	0,57	0,20	0,04	0,07

Limite de quantificação (mg/100g)	2,85	0,19	0,36	1,02
--------------------------------------	------	------	------	------

Os resultados obtidos para as análises de cálcio, ferro, magnésio e zinco em resíduos de beterraba estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6. Elementos essenciais em resíduos de beterraba *in natura* e cozido

Produtor 1 (Jaguariúna)				
Amostras	Ca (mg/100g)	Fe (mg/100g)	Mg (mg/100g)	Zn (mg/100g)
B1 – <i>in natura</i>	401,65 ± 4,55 a	9,94 ± 0,08 aD	739,77 ± 23,63 aD	3,93 ± 0,10 aD
B1 – Cozida	519,29 ± 6,36 a	12,15 ± 0,35 a	885,99 ± 33,15 a	3,15 ± 0,03 a
B3 – <i>in natura</i>	772,91 ± 9,65 a	11,67 ± 0,54 aD	1109,94 ± 25,57 aA	3,54 ± 0,10 aE
B3 – Cozida	764,19 ± 7,57 a	11,83 ± 0,12 a	1105,43 ± 38,79 a	3,47 ± 0,04 a
B5 – <i>in natura</i>	585,78 ± 28,98 a	9,57 ± 0,49 aD	730,21 ± 19,32 aD	3,51 ± 0,09 aE
B5 – Cozida	525,84 ± 20,03 a	9,15 ± 0,78 a	921,17 ± 28,77 a	3,70 ± 0,11 a
B7 – <i>in natura</i>	550,68 ± 6,61 a	8,87 ± 0,37 aD	817,62 ± 39,47 aC	4,08 ± 0,17 aD
B7 – Cozida	450,57 ± 19,50 a	8,93 ± 0,64 a	698,08 ± 4,70 a	4,20 ± 0,07 a
Média	571,36 ± 129,14 B	10,25 ± 1,38 B	876,03 ± 153,62 A	3,71 ± 0,34 B
Produtor 2 (Limeira)				
Amostra	Ca (mg/100g)	Fe (mg/100g)	Mg (mg/100g)	Zn (mg/100g)
B2 – <i>in natura</i>	867,25 ± 18,70 a	79,67 ± 1,77 aA	1005,47 ± 19,37 aB	3,42 ± 0,03 aE
B2 – Cozida	882,49 ± 17,40 a	87,96 ± 0,57 a	723,21 ± 7,15 a	3,05 ± 0,03 a

B4 – <i>in natura</i>	943,09 ± 9,90 a	37,30 ± 1,42 aB	871,92 ± 14,27 aC	5,92 ± 0,11 aC
B4 – Cozida	976,16 ± 19,33 a	37,98 ± 0,66 a	914,43 ± 6,95 a	6,10 ± 0,05 a
B6 – <i>in natura</i>	644,89 ± 15,45 a	25,99 ± 0,02 aC	529,81 ± 21,80 aE	11,31 ± 0,12 aA
B6 – Cozida	655,18 ± 12,18 a	46,57 ± 0,27 a	550,06 ± 17,88 a	7,71 ± 0,30 a
B8 – <i>in natura</i>	638,90 ± 15,98 a	33,94 ± 2,09 aB	513,34 ± 5,78 aE	9,59 ± 0,19 aB
B8 – Cozida	666,51 ± 8,43 a	30,95 ± 0,16 a	504,71 ± 37,87 a	8,23 ± 0,19 a
Media (mg/100g)	784,31 ± 140,29 A	48,48 ± 22,27 A	701,62 ± 196,41 B	6,82 ± 2,85 A

Valores expressos como média ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si para diferente tratamento térmico da amostra (*in natura* e cozida) pelo Teste de Tukey a 95% de confiança. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para amostras coletadas em diferentes produtores pelo Teste de Tukey, a 95% de confiança. Produtor 1 (N=4) e Produtor 2 (N=4)

A partir dos dados apresentados na Tabela 6, observou-se que houve diferença estatística para as médias dos elementos essenciais avaliados nas amostras do produtor 1 e do produtor 2, demonstrando que o local de produção dos resíduos de beterraba pode influenciar o depósito mineral nos resíduos de beterraba.

Dentre os elementos avaliados, cálcio e o magnésio foram os majoritários nas amostras, apresentando teores que variaram entre 401,65 mg/100g e 976,16 mg/100g para o cálcio e 504,71 mg/100g e 1109,94 mg/100g para o magnésio. Enquanto que os teores de ferro e zinco foram menores quando comparados aos outros elementos avaliados. O teor de ferro variou entre 8,87 mg/100g e 87,96 mg/100g e o teor de zinco variou entre 3,05 mg/100g e 11,31 mg/100g. Pode-se avaliar pela análise estatística que houve diferença estatística entre os produtores.

Abdo et al. (2020) avaliaram minerais em farinha de resíduos de beterraba (folhas e talos separados) por ICP-OES (plasma indutivamente acoplado de argônio) após mineralização com ácido sulfúrico. Os autores avaliaram cálcio, ferro, magnésio e zinco e os valores médios encontrados foram 495,7 mg/100g e 1200 mg/100g para cálcio, 1,29 mg/100g e 13,71 mg/100g para ferro, 48,22 mg/100g e 58,02 mg/100g para magnésio, 2,03 mg/100g e 1,98 mg/100g para zinco, nos talos e folhas,

respectivamente.

Observa-se que, tanto no estudo citado como nos resultados obtidos neste estudo, o cálcio e o magnésio apresentaram concentrações superiores (macronutrientes), quando comparados ao ferro e zinco (micronutrientes). Sendo, portanto, o cálcio e o magnésio os elementos predominantes no resíduo. As diferenças nas concentrações dos elementos nas diferentes amostras estudadas podem ser explicadas com base nas observações de Caldeira et al. (1999) que indicam que os teores de nutrientes minerais nos vegetais dependem de fatores como a estação do ano que foi realizado o cultivo e a disponibilidade do determinado nutriente no solo. Além disso, Grzegorzewski, Ciec ko e Szostek (2017) avaliaram durante três anos a produ o de beterraba sacarina com suplementa o de fertilizante NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) e sais minerais no solo. Os autores concluíram que o fator determinante na concentra o dos minerais na beterraba está ligado às condi oes climáticas de produ o, e que os maiores teores de minerais estão distribuídos nas folhas e talos, quando comparados com a raiz da beterraba.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) indica a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de elementos minerais essenciais para adultos. A IDR para o cálcio   de 1000 mg, para o ferro   14 mg, para o magnésio   260mg e para o zinco   7 mg (BRASIL, 2005). Considerando-se, então as concentra oes médias obtidas para os elementos essenciais nos resídios de beterraba do produtor 1, uma porão de 100g forneceria 57% da IDR para cálcio, 73% da IDR para ferro, 337% da IDR para magnésio e 53% da IDR para zinco, já considerando as concentra oes médias obtidas do produtor 2, uma porão de 100g forneceria 78% da IDR para cálcio, 346% da IDR para ferro, 270% da IDR para magnésio e 97% da IDR para zinco com base na recomenda o de ingestão desses elementos essenciais apresentadas pela ANVISA (BRASIL, 2005).

De acordo com a Portaria n 27 (BRASIL, 1998) um alimento pode ser considerado como fonte de um elemento mineral quando tiver no mínimo 15% da IDR de referência por 100g de amostra, sendo assim os resídios de beterraba podem ser considerados fonte de cálcio, ferro, magnésio e zinco. Essa avalia o indica o potencial nutricional desses elementos no resíduo de beterraba, podendo ser incorporado a outros alimentos ou comercializado agregando valor   produ o de beterraba.

Sobre o cozimento do resíduo de beterraba, constatou-se que não houve diferença significativa na concentração dos elementos essenciais entre as amostras, *in natura* e cozida, uma vez que todas apresentaram o valor de $p > 0,05$. Portanto, o tratamento térmico não alterou significativamente os teores dos elementos nas amostras, que poderia ocorrer por lixiviação, indicando que os elementos devem estar em forma química insolúvel em água nesses resíduos.

Kassa (2016) avaliou o efeito do processamento térmico (fervura em água por 10 e 30 minutos) no teor de elementos minerais em alguns vegetais (repolho, acelga e couve) e concluíram que o processo de fervura reduziu o conteúdo mineral das amostras, demonstrando que houve perdas por lixiviação. Já Oliveira (2017) avaliou cálcio, magnésio e sódio em resíduos (talos e folhas) de beterraba *in natura* e cozidos a vapor e de acordo com o autor o teor dos minerais foram superiores nas amostras cozidas, demonstrando que o processo de cocção mais brando e sem contato com a água possibilitou a liberação desses elementos e reduziu as perdas por lixiviação.

3.3 ENSAIOS DE DIGESTÃO IN VITRO E BIOACESSIBILIDADE DE ELEMENTOS ESSENCIAIS

Para a estimativa da bioacessibilidade dos elementos essenciais foi escolhida uma amostra de cada produtor na forma *in natura* e cozida. Considerou-se que produtores diferentes utilizam diferentes solos e outras variações referentes ao cultivo da beterraba, além de avaliar se o processamento térmico poderia influenciar a bioacessibilidade dos mesmos. As duas amostras escolhidas foram B4 e B7. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Bioacessibilidade de cálcio, ferro, magnésio e zinco em resíduos de beterraba *in natura* e cozida.

Bioacessibilidade de elementos essenciais em resíduos de beterraba						
	Ca B*	Fe B*	Fe	Mg B*	Mg	Zn B*
	(mg/100g)	(mg/100g)	(%)	(mg/100g)	(%)	(mg/100g)
B4 – <i>in</i>		3,24 ±		218,02 ±		
<i>Natura</i>	<LQ	1,80 aA	8,7	15,51 bcA	25,0	<LQ

B4 –		3,84 ±		149,57 ±		
Cozida	<LQ	0,71 aA	10,1	5,97 cA	16,4	<LQ
B7 – <i>in</i>		2,67 ±		283,62 ±		
<i>natura</i>	<LQ	0,93 aA	28,4	30,41 abA	34,7	<LQ
B7 –		2,92 ±		315,66 ±		
Cozida	<LQ	1,21 aA	32,7	55,41 aA	45,2	<LQ

<LQ – menor que limite de quantificação (LQ do método para Ca = 2,85 mg/100g; LQ do método para Zn = 1,02 mg/100g) *B= concentração bioacessível. (%) – porcentagem de bioacessibilidade. Valores expressos como média ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si para os diferentes produtores ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey, a 95% de confiança. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si para o diferente processamento (*in natura* e cozida) ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey a 95% de confiança

B7 – amostra obtidas do produtor 1 (Jaguariúna)

B4 – amostra obtidas do produtor 2 (Limeira)

Os dados obtidos indicam que apesar do resíduo de beterraba apresentar alta concentração de alguns elementos essenciais, a bioacessibilidade estimada após a simulação da digestão *in vitro* (INFOGEST) de cálcio e zinco foi muito baixa, com valores de concentração abaixo dos limites de quantificação de cada um dos elementos. Os elementos ferro e magnésio apresentaram porcentagens de bioacessibilidade que variaram de 8,7% a 32,7% e 16,4% a 45,2%, para as amostras *in natura* e cozidas. A baixa bioacessibilidade dos elementos cálcio e zinco podem estar diretamente relacionados à forma química insolúvel dos elementos, apontada nas avaliações dos minerais não perdidos por lixiviação. Já os elementos ferro e magnésio, podem ter sofrido alterações durante o processo de digestão, que alteraram as formas químicas e permitiram a obtenção de compostos solúveis no trato digestivo,

As amostras B4 do produtor 2 (Limeira) e B7 do produtor 1 (Jaguariúna) apresentaram diferença significativa para a fração bioacessível de magnésio. Já para a fração bioacessível de ferro, não houve diferença significativa entre os produtores pelo Teste de Tukey, a 95% de confiança.

A amostra B7 do produtor 1 (Jaguariúna) utilizada no ensaio de bioacessibilidade apresentou maior conteúdo de lipídeos (3,31 g/100), proteínas (24,13 g/100g) e fibras insolúveis (36,64 g/100g), porém menor conteúdo de cinzas

(18,59 g/100g) e fibras solúveis (13,20 g/100g). Já a amostra B4 do produtor 2 (Limeira) apresentou mais cinzas (19,16 g/100g) e fibras solúveis (15,62 g/100g), mas menores teores de lipídeos (2,76 g/100g), proteínas (22,55 g/100g) e fibras insolúveis (32,84 g/100g). Contudo as duas amostras apresentaram conteúdo muito próximo de fibras alimentares totais (49,85 g/100g e 48,47 g/100g para B7 e B4, respectivamente). Portanto, apesar da amostra B4 do produtor 2 (Limeira) apresentar um teor de cinzas superior e uma concentração de ferro 4 vezes maior que a amostra B7 do produtor 1 (Jaguariúna), quando se avaliou a porcentagem de bioacessibilidade de ferro a amostra B4 do produtor 2 (Limeira) apresentou um percentual bioacessível quase 4 vezes menor do ferro, quando comparada à amostra B7 do produtor 1 (Jaguariúna).

A mesma observação foi feita para as amostras cozidas quando se avaliou o magnésio. A concentração desse mineral foi superior na amostra B4 do produtor 2 (Limeira) cozida, contudo, a amostra B7 do produtor 1 (Jaguariúna) cozida apresentou bioacessibilidade quase 3 vezes maior que a amostra B4 do produtor 2 (Limeira) cozida.

Já para as amostras B4 do produtor 2 (Limeira) e B7 do produtor 1 (Jaguariúna) *in natura* a concentração do magnésio foi muito próxima e a porcentagem de bioacessibilidade novamente foi superior na amostra B7 do produtor 1 (Jaguariúna).

Sendo assim, foi possível perceber que os percentuais bioacessíveis de ferro e magnésio na amostra B7, obtidas do produtor 1, da cidade de Jaguariúna–SP, foram superiores em relação a amostra B4 fornecida pelo produtor 2, da cidade de Limeira–SP, mostrando que apenas uma parcela desses elementos presentes nesses resíduos, está potencialmente disponível para ser absorvido e utilizado pelo organismo. Além disso, a amostra com um conteúdo menor de fibras solúveis e maiores concentrações de lipídeos, proteínas e fibras insolúveis apresentou maior disponibilidade dos elementos presentes nos resíduos de beterraba.

Bonemann et al. (2021) avaliaram a bioacessibilidade de ferro em tomates. As variedades escolhidas foram paulista, cereja A, italiano, gaúcho e cereja B e três processos diferentes foram escolhidos para avaliar a bioacessibilidade, sendo *in natura*, molho e extrato de tomate utilizando o método padronizado de digestão *in*

in vitro do grupo de pesquisa INFOGEST proposto por Minekus et al. (2014). Os percentuais de ferro bioacessíveis nos tomates *in natura* foram 36% para o paulista, 57% para o cereja A, 49% para o italiano, 98% para o gaúcho e 95% para o cereja B, para os molhos A, B e C foram 38%, 28% e 47% e para os extratos A, B e C foram 62%, 34% e 65%, respectivamente. É possível observar que os resultados obtidos para a amostra B7 do produtor 1 (Jaguariúna) de resíduo de beterraba estão próximos aos valores do tomate paulista *in natura*, molhos A e B e extrato B, enquanto que para a amostra B4 do produtor 2 (Limeira) de resíduo de beterraba todos os resultados foram inferiores aos encontrados por Bonemann et al. (2021).

O ferro não heme é o mais abundante na dieta, pois está presente em diversos alimentos de origem vegetal (vegetais folhosos, grãos inteiros, oleaginosas e sementes) e são consumidos frequentemente pelos seres humanos, mas quando comparado com o ferro heme presente em alimentos de origem animal (vísceras, carne vermelha, peixes e frutos do mar) a bioacessibilidade do ferro não heme é estimada, de maneira geral, entre 5-15%. A baixa bioacessibilidade do ferro não heme pode ser atribuído a várias barreiras inerentes à digestão de minerais, dos quais se destaca a forma química (tendo um percentual bioacessível maior quando está no estado químico ferroso que na forma férrica), a presença de promotores (ácido ascórbico) ou inibidores da absorção do ferro, a presença de compostos conhecidos como fatores antinutricionais como as fibras dietéticas, ácido fítico, taninos, e polifenóis podem ligar-se aos minerais diminuindo e/ou inibindo sua absorção (ROUSSEAU et al., 2019; CILLA et al., 2019; CHIOCCHETTI et al., 2018)

La Fuente et al. (2019) avaliaram a bioacessibilidade de magnésio em vegetais “microgreen” hidropônicos (produzidos de forma suspensa, sem contato com o solo) *Brassicaceae* (brócolis, couve verde crespa, mostarda vermelha e rabanete) pelo método padronizado de digestão *in vitro* do grupo de pesquisa INFOGEST proposto por Minekus et al. (2014). Os vegetais “microgreen” são vegetais imaturos colhidos entre a primeira e terceira semana após a semeadura. Segundo os resultados obtidos pelos autores, o percentual bioacessível do magnésio foi 58,83% no brócolis, 70,26% na couve, 73,41% na mostarda vermelha e 72,42% no rabanete. Os autores observaram que esse alto percentual bioacessível de magnésio nesses vegetais pode estar relacionado com o fato de que eles são jovens e foram produzidos utilizando-se uma solução nutritiva, ao invés de estar em contato com o solo, e mesmo com tempo

de plantio curto (poucas semanas) essa solução nutritiva pôde favorecer o acúmulo de magnésio, e houve uma menor formação de compostos antinutricionais que por muitas vezes vão se formando e acumulando nos vegetais durante o crescimento e maturação. No nosso estudo, talvez tenham sido utilizados vegetais com maior idade de plantio com maior concentração de fibras e fatores antinutricionais.

Os vegetais de um modo geral apresentam em sua composição elevada concentração de magnésio, contudo a bioacessibilidade de magnésio em vegetais maduros é cerca de 30% a 50%. Essa baixa bioacessibilidade também pode estar relacionada com a elevada concentração de compostos antinutricionais como fibras alimentares, fitatos, taninos, polifenóis, oxalatos e outros compostos que podem atuar inibindo ou reduzindo a absorção intestinal de íons divalentes, como o magnésio (ETCHEVERRY; GRUSAK; FLEIGE, 2012).

Foi possível observar, ainda, que o tratamento térmico (cozimento) não gerou diferença significativa entre as frações bioacessíveis dos elementos essenciais presentes nos resíduos de beterraba, quando analisados pelo Teste de Tukey, a 95% de confiança (Tabela 7).

Liu et al. (2019) observaram em seu estudo que o tratamento térmico (cozimento doméstico) em amostras de arroz foi favorável para o aumento do percentual bioacessível de ferro e magnésio. De acordo com os autores, essa melhora no percentual bioacessível pode estar relacionada com as mudanças estruturais do alimento durante o cozimento, em que pode ocorrer degradação proteica, amolecimento das fibras, inativação de compostos antinutricionais como os fitatos, oxalatos, polifenóis, e com essas mudanças os minerais provavelmente ficaram mais solúveis para absorção.

Porém, Rousseau et al. (2020) observaram em seu estudo que o tratamento térmico (cozimento por 30, 60 e 120 minutos em imersão) em amostras de feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*) apresentaram redução nos percentuais bioacessíveis do magnésio, reduzindo de 71 para 58% (feijões frescos cozidos por imersão durante 120 minutos). De acordo com os autores, essa redução pode estar associada com a lixiviação do mineral para a água de cozimento e solubilização da pectina que pode agir como quelante para minerais divalentes como o magnésio.

Pelo que vem sendo observado e discutido em estudos que avaliaram a

influência do processamento térmico na bioacessibilidade dos elementos essenciais é possível perceber que o processamento térmico pode favorecer ou não a bioacessibilidade dos minerais essenciais, pois em alguns casos os minerais podem ser lixiviados mais facilmente para a água de cocção, como no caso do magnésio (ROUSSEAU et al., 2020), enquanto outros minerais como o cálcio, ferro, zinco e até mesmo o magnésio são liberados de possíveis inibidores a partir da ação de uma temperatura branda (LIU et al, 2019).

Os elementos cálcio e zinco não puderam ser quantificados após a simulação da digestão *in vitro*. A disponibilidade desses elementos pode ser influenciada negativamente pela presença de compostos antinutricionais que atuam como inibidores da absorção mineral, além da forma química que o mineral está presente no alimento.

As fibras alimentares solúveis estão presentes em frutas, vegetais e leguminosas formando estruturas da parede celular vegetal e elas têm habilidade de ligar-se com íons divalentes através dos grupos carboxilas (COO⁻) e grupos hidroxilas (OH⁻) e apresentam elevada afinidade com o cálcio e o zinco e formam complexos fibra-mineral insolúveis que não são hidrolisados por enzimas humanas e, conseqüentemente, inibem a absorção desses minerais deixando-os indisponíveis no intestino delgado (ROUSSEAU et al., 2019; GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017). Já, segundo Rousseau et al. (2019) a relação entre as fibras alimentares insolúveis e os minerais é insignificante, não sendo um fator relevante para a inibição ou redução da bioacessibilidade dos mesmos. Além das fibras alimentares, o cálcio pode ligar-se com as proteínas presentes no alimento e quando o alimento é aquecido, pode ocorrer degradação das proteínas e conseqüentemente o cálcio pode ficar indisponível para ser absorvido (MENEZES et al., 2018).

De acordo com Ramírez-Ojeda, Moreno-Rojas e Cámara-Martos (2018) e Santos (2006) outro composto capaz de tornar o cálcio indisponível no trato digestivo é o oxalato que está presente em vegetais, como a beterraba (raiz e folhas). Em sua revisão bibliográfica, Higashijima et al. (2019) levantaram os principais fatores antinutricionais de minerais em alimentos de origem vegetal. Segundo os autores, na literatura já foram verificados valores de ácido oxálico (oxalato) em folha de beterraba que variaram entre 121 - 916 mg/100g do material vegetal, e um consumo simultâneo de cálcio e oxalato pode formar um composto insolúvel (oxalato de cálcio)

no trato gastrointestinal e inibir assim a absorção do mineral.

Fernandez, Jagus e Agüero (2017) avaliaram o teor de compostos antinutricionais em resíduo de beterraba (*in natura*) e encontraram teor médio de oxalato de 823,9 mg/100g de resíduo, o teor médio de taninos foi 8,46 mg/100g de resíduo e o teor médio de fitato foi 3,43 mg/100g de resíduo. De acordo com o que foi apresentado pelos autores, percebe-se que a concentração de oxalato nos resíduos de beterraba é 100 vezes maior que os taninos e fitatos. A beterraba é um dos principais vegetais que apresentam altas concentrações de oxalato, sendo as folhas o principal local de depósito de oxalato no vegetal (FERNANDEZ, JAGUS, AGÜERO, 2017).

Amalraj e Pius (2015) avaliaram a bioacessibilidade de cálcio pelo método de digestão *in vitro* (diálise) e inibidores de absorção. Os autores observaram que o oxalato foi o fator antinutricional que mais afetou negativamente a absorção de cálcio nos vegetais avaliados quando comparado ao fitato, tanino e fibras alimentares. Os autores concluíram que o principal fator antinutricional que pode complexar o mineral cálcio é o oxalato, formando assim o oxalato de cálcio deixando o mineral indisponível para a absorção intestinal, pois os vegetais que apresentaram maiores teores de oxalato tiveram os menores percentuais bioacessíveis.

O zinco tem tendência de estar menos bioacessível quando está em pH entre 5 e 7 (neutro) e pode sofrer precipitação nessa faixa de pH, além disso, o elemento também pode estar ligado às proteínas presentes nos alimentos formando compostos estáveis, ou ligado a compostos como os taninos, polifenóis e fitatos, e essas combinações de fatores também pode causar a redução da bioacessibilidade desse mineral (DRAGO, 2022; BONEMANN et al. 2021; PEIXOTO et al., 2016).

De acordo com Drago (2022) o principal fator que pode influenciar a disponibilidade do zinco é o ácido fítico, principalmente quando estão na forma IP6 ou IP5 (grupos inositol hexafosfato ou pentafosfato). Segundo Rousseau et al. (2019) o ácido fítico (fitato) tem uma maior força de ligação com o zinco quando comparado aos outros elementos essenciais, como o cálcio, ferro e magnésio. Além desses fatores, a presença do mineral cálcio também pode afetar a bioacessibilidade do zinco, quando os fitatos estão presentes no alimento podem inibir a absorção do zinco formando um complexo insolúvel de cálcio-zinco-fitato no intestino que não

conseguirá ser absorvido (DRAGO, 2022; ALEGRÍA-TORÁN; BARBERÁ-SÁEZ; CILLA-TATAY, 2015; ETCHEVERRY; GRUSAK; FLEIGE, 2012).

Afify, El-Beltagi, El-Salam e Omran (2011) avaliaram a bioacessibilidade de zinco pelo método de solubilidade e o teor de fitato em três variedades de sorgo branco *in natura*, germinados e após imersão em água. De acordo com os autores, os teores de fitato foram reduzidos após os processamentos de germinação e imersão, demonstrando que na germinação a fitase endógena pode ser ativada e inibir a ação do fitato, e a imersão em água pode lixiviar o fitato, sendo fatores importantes para a redução de 24,92% do conteúdo de fitato no sorgo e consequentemente a bioacessibilidade do zinco aumentou de 9,73% (*in natura*) para 10,72% (após imersão em água) e 16,94% (após germinação), com isso, observa-se que um dos principais inibidores da absorção de zinco pode ser o fitato.

Theodoropoulos et al. (2018) avaliaram a aplicação de enzima fitase no teor de fitato em bebidas de soja e correlacionaram com bioacessibilidade (diálise e solubilidade) de minerais essenciais. De acordo com os autores, a faixa de solubilidade do zinco aumentou de 22,2% para 89,6%, demonstrando que parte do zinco presente na soja pode estar complexada com o fitato.

Não foram encontrados na literatura trabalhos que correlacionaram a bioacessibilidade de zinco e os fatores antinutricionais em beterraba e seus resíduos. Entretanto, Fernandez, Jagus e Agüero (2017) ao avaliar fatores antinutricionais em resíduos de beterraba observaram que nesses resíduos existe a presença de fitatos, oxalatos, polifenóis e fibras dietéticas que podem inibir ou reduzir a bioacessibilidade de minerais, como o zinco.

Diante do que está sendo relatado na literatura, é possível perceber que em alimentos de origem vegetal os principais inibidores da absorção de minerais no intestino delgado são as fibras alimentares solúveis, o próprio conteúdo proteico presente no alimento, fatores como pH e temperatura também podem influenciar, além de compostos conhecidos como fatores antinutricionais (polifenóis, fitatos, taninos, oxalatos, entre outros) (ROUSSEAU et al., 2019; MENEZES et al., 2018; PEIXOTO et al., 2016).

De acordo com os dados obtidos os minerais cálcio e zinco devem estar

fortemente ligados a outros componentes dos resíduos de beterraba, independe das concentrações dos componentes majoritários nas amostras e não apresentaram solubilidade adequada para a possibilidade de absorção.

4 CONCLUSÃO

A partir da caracterização dos componentes majoritários dos resíduos de beterraba foi possível perceber que eles podem ser considerados como fonte de fibras alimentares, proteínas e cinzas (conteúdo mineral), porém, existem variações entre amostras obtidas de diferentes produtores, o que já era esperado pelas diferenças intrínsecas e extrínsecas relacionada ao cultivo da beterraba.

Os elementos essenciais também variaram entre as amostras obtidas de diferentes produtores, contudo os resíduos de beterraba podem ser considerados fonte de ferro e magnésio, podendo suprir de 73 a 346% da IDR para ferro e 270 a 337% da IDR para magnésio.

A bioacessibilidade dos elementos essenciais nos resíduos de beterraba indicou que magnésio e ferro apresentaram maiores porcentagens bioacessíveis, sendo o magnésio o elemento de maior bioacessibilidade nos resíduos, porém, amostras de diferentes produtores, resultaram em diferentes valores, o que já era esperado considerando as diferenças que podem ocorrer de solo, clima e oferta hídrica. O consumo desses resíduos pode contribuir para o aporte desses elementos, com possibilidade de absorção pelo organismo. O processamento térmico doméstico (cozimento) não influenciou nas frações bioacessíveis do ferro e magnésio.

Não foi possível quantificar a fração bioacessível dos minerais cálcio e zinco a partir do método validado e utilizado no presente estudo, pois os valores obtidos estavam abaixo do limite de quantificação, indicando que esses elementos podem estar presentes nos resíduos de beterraba em formas químicas insolúveis ou complexados a compostos que atuam como fatores antinutricionais.

A partir dos dados obtidos neste estudo sobre a caracterização dos resíduos de beterraba *in natura* e cozidos, de diferentes produtores, com base nos componentes majoritários, elementos essenciais e bioacessibilidade apontam para uma possível utilização das folhas e talos na alimentação humana, com destaque para acréscimo de ingestão de magnésio e ferro, e fibras alimentares. O resíduo de beterraba pode ser

consumido como recheios de tortas e panquecas, como salada e suco, ou como farinha substituindo parte dos ingredientes em formulações de bolos, biscoitos e pães.

Esse aproveitamento de resíduos de origem vegetal, com a possibilidade de emprego como subproduto, pode conferir outra fonte de renda para os produtores, maior valor econômico ao produto vendido (beterraba e seus resíduos), além de reduzir a geração de resíduos alimentares.

ARTIGO 2 – CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E AVALIAÇÃO DE ELEMENTOS ESSENCIAIS E BIOACESSIBILIDADE EM SEMENTE DE ABÓBORA

Daiana Prati Pinheiro da Silva¹, Ana Paula Rebellato¹, Victória Daud do Amaral¹, Juliana Azevedo Lima Pallone¹

¹Departamento de Ciência de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP

O artigo será submetido ao Food Science and Technology International

RESUMO

As sementes de abóbora apresentam elementos essenciais em sua composição, porém, dados sobre a disponibilidade desses elementos não foram encontrados em publicações científicas. Este trabalho objetivou, portanto, verificar o potencial de nutricional de sementes de abóbora e a bioacessibilidade dos elementos essenciais em produtos *in natura* e tostados. Foram avaliadas amostras de cinco estabelecimentos comerciais. Os componentes majoritários foram avaliados para as sementes *in natura* e variaram entre 4,07 g/100g a 5,05 g/100g para umidade, 4,34 g/100g a 5,09 g/100g para cinzas, 31,60 g/100g a 35,86 g/100g para proteínas, 32,54 g/100g a 41,79 g/100g para lipídeos, 12,27 g/100g a 17,07 g/100g para fibras solúveis, 19,86 g/100g a 30,05 g/100g para fibras insolúveis e 35,31 g/100g a 44,32 g/100 para fibra alimentar total, os carboidratos apresentaram concentrações inferiores a 1 g/100g. Os elementos essenciais nas sementes *in natura* variaram entre 27,99 mg/100g a 43,19 mg/100g para o cálcio, 7,20 mg/100g a 8,04 mg/100g para o ferro, 552,30 mg/100g a 794,19 mg/100g para o magnésio e 6,59 mg/100g a 9,83 mg/100g para o zinco. Já nas sementes tostadas, os elementos essenciais variaram entre 23,78 mg/100g a 36,04 mg/100g para o cálcio, 7,02 mg/100g a 7,84 mg/100g para o ferro, 561,23 mg/100g a 623,36 mg/100g para o magnésio e 6,21 mg/100g a 9,08 mg/100g para o zinco. A semente de abóbora pode ser considerada fonte de ferro, magnésio e zinco de acordo com a concentração nas amostras e IDR desses elementos, porém, o percentual bioacessível de ferro e magnésio em semente de abóbora variou entre 16,48-22,45% e 25,38-29,72%, respectivamente. O tratamento térmico não influenciou nas frações

bioacessíveis para os elementos ferro e magnésio. Observou-se que as diferenças na concentração dos componentes majoritários (proteínas, lipídeos, fibras solúveis e insolúveis) podem influenciar a bioacessibilidade de ferro e magnésio nas sementes de abóbora. O cálcio e o zinco não puderam ser quantificados quanto às frações bioacessíveis, indicando que provavelmente estavam ligados com compostos que funcionam como inibidores da absorção mineral ou estavam em formas químicas não solúveis no trato digestivo. A partir da avaliação dos componentes majoritários e dos elementos essenciais bioacessíveis verifica-se um potencial nutricional da semente de abóbora na alimentação humana ou para ser incorporado a outros produtos, como ingredientes alimentares, contribuindo com nutrientes fibras alimentares, proteínas, lipídeos, além de magnésio e ferro bioacessíveis.

Palavras-chave: semente de abóbora, INFOGEST, digestão *in vitro*, bioacessibilidade, minerais em semente de abóbora

1. INTRODUÇÃO

Os vegetais compõem uma dieta saudável e balanceada, sendo fontes de vitaminas, minerais e compostos bioativos. A abóbora cabotiá (*Cucurbita máxima X Cucurbita moschata*) apresenta em sua composição nutricional vitaminas do complexo B, vitamina C, fibra alimentar, carotenóides e minerais como potássio, fósforo, cálcio, sódio, magnésio, manganês e ferro, além de ser fonte de polissacarídeos, óleos vegetais, pectina, peptídeos. Entretanto, cerca de 20% da abóbora é descartada como resíduos alimentares contendo sementes e cascas, porém já se tem o conhecimento de que essas porções deste alimento podem fornecer compostos importantes para o organismo (PALLONE; SILVA, 2021; ANJOS et al., 2017; KONRDÖRFER et al., 2014).

As sementes de abóbora correspondem a aproximadamente 4% do peso da abóbora. Atualmente, as sementes de abóbora torradas, têm sido comercializadas ou preparadas de forma doméstica, para consumo como um petisco (RICO et al, 2020; VERONEZI; JORGE, 2012; TINOCO et al., 2012; XANTHOPOULOU et al. 2009). Porém, por diversas vezes as sementes ainda são descartadas contribuindo, assim, para a geração de resíduos alimentares (PALLONE; SILVA, 2021; ANJOS et al., 2017). Os resíduos alimentares promovem um impacto negativo no meio ambiente, perdas econômicas, além de perdas de nutrientes que poderiam ser utilizados na alimentação humana (KHALID et al., 2019; FAO, 2017; SINGH; PRASAD; AALBERSBERG, 2016; LIPINSKI et al., 2013).

Nesse contexto, porções tradicionalmente não comestíveis, consideradas resíduos de frutas ou vegetais, podem conter nutrientes que são importantes para o bom funcionamento do corpo humano e manutenção da saúde. A utilização desses resíduos pode auxiliar na redução da insegurança alimentar e nutricional. Por isso, estudos estão sendo realizados para avaliar os compostos nutricionais e bioativos presentes em resíduos. Para as sementes de abóbora já foram relatados ácidos graxos (mono e poli- insaturados), proteínas, fibras alimentares, vitamina C, vitamina E, além dos minerais ou elementos essenciais cálcio, magnésio, potássio e ferro (RICO et al., 2020; SINGH; PRASAD, 2018 LAMO; GÓMEZ, 2018; MONTESANO et al. 2018; VERONEZI; JORGE, 2012; PERIČIN et al. 2009; XANTHOPOULOU et al. 2009).

Os minerais são elementos inorgânicos que participam de funções reguladoras nos organismos, atua na prevenção de doenças, ações enzimáticas, produção de energia celular, transporte de oxigênio, formação óssea, entre outras funções. A deficiência de minerais está relacionada com a ocorrência de diversas doenças, entre elas a osteoporose, a anemia ferropriva, retardo no crescimento e desenvolvimento. Por isso é extremamente importante um consumo adequado dos mesmos (PREMAOR; BRONDANI, 2016; SINGH; PRASAD, 2018; TOGNON, 2012; BOEN; PALLONE, 2009).

Porém, apenas o conhecimento sobre a composição dos alimentos não é suficiente para avaliar a sua qualidade nutricional, uma vez que nem todos os nutrientes estão disponíveis para absorção após a digestão no organismo. Sendo necessário então que a disponibilidade seja avaliada. Neste contexto, a avaliação da bioacessibilidade, que corresponde à quantidade de mineral que está potencialmente disponível, após a digestão, para ser absorvida pelo organismo e participar das funções vitais indica a possibilidade de aproveitamento desse tipo de nutriente pelo organismo (ETCHEVERRY; GRUSAK; FLEIGE, 2012; KHOUZAM; POHL; LOBINSKI, 2011).

Para estimar a bioacessibilidade, alguns métodos podem ser empregados. Dentre os modelos de digestão *in vitro* existem os estáticos e dinâmicos. Os estáticos mantêm em cada fase digestiva uma porção constante de alimento, pH, enzimas e eletrólitos. Esses modelos estáticos são utilizados para tentar prever o comportamento da digestão de um determinado alimento no organismo e a partir dos resultados prever a sua bioacessibilidade. Contudo, vários são os métodos que podem ser utilizados, mas fatores, como quantidade de enzimas, pH, tempo em cada etapa da digestão podem variar entre eles, e dessa forma, os resultados não podem ser comparados. Diante dessa falta de padronização de procedimentos, que dificultam comparações de resultados, um grupo de pesquisadores da rede INFOGEST propôs um modelo de digestão *in vitro* padronizado para se estimar a bioacessibilidade em alimentos, sugerindo a utilização das mesmas condições de experimento (enzimas, tempo, pH) para que assim os resultados possam ser comparados em diferentes matrizes alimentares (BRODKORB et al., 2019).

Informações sobre a bioacessibilidade de elementos essenciais como cálcio, ferro, magnésio e zinco em sementes de abóbora ainda não foram relatados em

pesquisas prévias, sendo, portanto, um estudo inédito. Conhecer a possibilidade de aproveitamento desses elementos essenciais pelo organismo permite a melhor utilização da semente como subproduto e sua aplicação para a alimentação humana, além de indicar os possíveis benefícios à saúde quando sementes de abóboras são consumidas.

Assim, o objetivo do presente estudo foi aplicar o método padronizado de digestão *in vitro* proposto INFOGEST 2.0 por Brodkorb et al. (2019) para estimar a bioacessibilidade de elementos essenciais cálcio, ferro, magnésio e zinco em semente de abóbora. Para isso, inicialmente, foi realizada a validação do método de análise por espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS) para quantificação dos teores de cálcio, ferro, magnésio e zinco nas sementes. Foi realizada também a caracterização dos componentes majoritários nas sementes de abóbora *in natura* liofilizada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 EQUIPAMENTOS, VIDRARIAS E REAGENTES

As amostras adquiridas foram moídas em moinho (modelo A11 – Ika, Alemanha) e liofilizadas em liofilizador (LS3000, Terroni, Brasil). Uma balança analítica (modelo AP210-0 – Ohaus, Brasil) foi utilizada para a pesagem das amostras. Um bloco digestor (modelo M242 – Quimis, Brasil) foi utilizado para a mineralização das amostras. Para as determinações dos elementos foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica com chama (FAAS), modelo AAnalyst 200, com uma lâmpada de deutério para correção da radiação de fundo e lâmpadas de cátodo oco (Perkin Elmer, Norwalk, CT, EUA) para a determinação dos elementos avaliados cálcio (422,7 nm), ferro (248,3 nm), magnésio (285,3 nm) e zinco (213,9 nm). Para os ensaios de digestão *in vitro* e estimativa da bioacessibilidade foram utilizados os equipamentos centrífuga refrigerada (Centrífuga Refrigerada SL - 706, SOLAB, Brasil), pHmetro (Digimed DM 22, Brasil), banho metabólico (Dubnoff, MA 093, Marcone, Brasil) e liofilizador (LS3000, Terroni, Brasil). A limpeza das vidrarias utilizadas para a determinação dos elementos foi feita a partir da imersão das mesmas em banho de detergente, seguidas por imersão em banho de ácido nítrico 10% (v/v). Ao final as vidrarias foram enxaguadas com água purificada obtidas a partir do sistema de ultra purificação de água por osmose reversa e troca iônica (Sartorius) e

seca à temperatura ambiente.

Para a caracterização dos componentes majoritários foi utilizada estufa com circulação de ar forçado (modelo 400-3ND Nova Ética, Brasil), agitador de tubos tipo Wagner (modelo MA 160/50/CF – Marconi, Brasil), forno de mufla (modelo 6318M24, Quimis, Brasil), bloco digestor (modelo TE4025, Tecnal, Brasil), destilador de nitrogênio (modelo TE 036-1, Tecnal, Brasil), banho metabólico Dubnoff (modelo MA093, Marcone, Brasil) e bomba a vácuo (modelo 089CAL, Merse, Brasil).

Outras vidrarias foram utilizadas para o desenvolvimento das análises, como balões volumétricos, pipetas (graduadas e volumétricas), frascos plásticos tipo Falcon Startestd), béquers, Erlenmeyers, funis, cadinhos sinterizados, tipo Gooch, cadinhos de porcelana, placas de alumínio.

Foi utilizado ácido nítrico concentrado 65% (Synth, Brasil) e peróxido de hidrogênio 30% (Synth, Brasil) de grau analítico. Soluções padrão de cálcio, ferro, magnésio e zinco (Sigma-Aldrich, EUA), com concentração de 1000mg/L, papel de filtro quantitativo (Nalgon, diâmetro 9 cm) livre de cinzas, papel de filtro qualitativo (Nalgon, Brasil). Bicarbonato de sódio, ácido clorídrico, clorofórmio, metanol, sulfato de sódio, sulfato de potássio, sulfato de cobre, ácido sulfúrico, ácido bórico, vermelho de metila, verde de bromocresol, hidróxido de sódio, fosfato de sódio dibásico, fosfato de sódio monobásico, etanol, acetona, bicarbonato de sódio, celite ácida (Celite acid washed, Sigma – Aldrich, EUA).

As enzimas α -amilase, pepsina, lipase gástrica, pancreatina e sais biliares, utilizadas durante os ensaios de bioacessibilidade, foram adquiridas da Sigma Aldrich (EUA). Na preparação dos fluídos simulados salivar, gástrico e intestinal (SSF, SGF e SIF), foram utilizados ácido clorídrico P.A (HCl) (Synth, Brasil); fosfato de potássio monobásico (KH₂PO₄) (T. J. Baker), cloreto de potássio (KCl) e cloreto de sódio (NaCl) (Merck, Alemanha), bicarbonato de sódio (NaHCO₃), cloreto de magnésio hexahidratado (MgCl₂(H₂O)₆), carbonato de amônio ((NH₄)₂CO₃) e cloreto de cálcio dihidratado (CaCl₂(H₂O)₂) (Sigma Aldrich, EUA), seguindo o protocolo INFOGEST. Soluções de NaOH 5 mol L⁻¹ e HCl 6 mol L⁻¹ foram utilizadas para ajuste do pH.

2.2 AMOSTRAS E PREPARO DE AMOSTRA

As sementes de abóbora foram adquiridas em agosto de 2018 na cidade de Campinas – SP em cinco estabelecimentos diferentes. Aproximadamente 200g de semente de abóbora foram adquiridas de cada estabelecimento. Para as amostras *in natura* cerca de 100g de sementes de abóbora foram moídas e liofilizadas. Já para as amostras tostadas, cerca de 100g de sementes de abóbora foram tostadas por 25 minutos a 180°C, moídas e liofilizadas. As amostras foram nomeadas como SA 1, SA 2, SA 3, SA 4 e SA 5.

Para a validação do método analítico foi escolhida uma amostra de semente de abóbora *in natura*. Para a caracterização dos componentes majoritários foram utilizadas as 5 amostras *in natura*. Para a determinação dos principais elementos essenciais foram avaliadas 5 amostras que foram submetidas a dois tratamentos diferentes *in natura* e tostagem, totalizando 10 amostras.

Para os ensaios de digestão *in vitro*, para estimativa da bioacessibilidade dos elementos essenciais foram escolhidas as duas amostras que apresentaram maiores teores de cinzas (conteúdo mineral) na forma *in natura* e tostada. Considerou-se que estabelecimentos diferentes poderiam apresentar diferenças nos produtos, obtidos de produtores diferentes, que poderiam ter variações nas condições do cultivo da abóbora. Além disso, foram avaliadas amostras tostadas, forma que as sementes são consumidas como petiscos, a fim de verificar o efeito do processamento térmico na bioacessibilidade dos elementos essenciais. As amostras escolhidas foram SA 1 e SA 5.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS SEMENTES DE ABÓBORA

Os componentes majoritários da semente de abóbora liofilizada (*in natura*) foram determinados avaliando-se umidade (IAL 2008), cinzas (IAL 2008), proteínas (N=6,25) (IAL 2008) e fibras (totais, solúveis e insolúveis – método 991.43; AOAC, 2006; PROSKY et al. 1985). Os lipídeos foram determinados pelo método de Bligh & Dyer (1959) e carboidratos por diferença.

2.4 VALIDAÇÃO DO MÉTODO E DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS ESSENCIAIS EM SEMENTE DE ABÓBORA

A mineralização das amostras seguiu o método proposto por Silva et al.,

(2017), com modificações. Uma massa de 0,5g de amostra (semente de abóbora) foi pesada e colocada em tubos de digestão. Um volume de 4 mL de ácido nítrico foi acrescentado em cada tubo. Foi preparado também um “branco” (sem a amostra). Pequenos funis foram deixados na boca de cada tubo para manter o refluxo. Os tubos permaneceram por 2 horas a 110°C para a minearlização das amostras. Após esse período, os tubos foram retirados do bloco e resfriadas a temperatura ambiente. Após estarem frios, um volume de 2 mL de ácido nítrico concentrado e 2 mL de peróxido de hidrogênio foram adicionados e os tubos voltaram para o bloco digestor por mais 2 horas a 130°C para completar a digestão das amostras.

Ao final os tubos foram removidos do bloco, resfriados a temperatura ambiente. O conteúdo dos tubos foi transferido para balões volumétricos de 25 mL e o volume aferido com água ultrapura. As amostras foram filtradas em papel de filtro livre de cinzas e armazenadas em temperatura ambiente em frascos de polipropileno tipo Falcon (Sarstedt, Brasil), para a determinação dos teores de cálcio, ferro, magnésio e zinco. Todas as determinações foram feitas em triplicata.

A determinação dos principais elementos foi feita em espectrômetro de absorção atômica com chama (FAAS), modelo AAnalyst 200. Para tanto, uma alíquota de cada amostra foi introduzida no nebulizador e misturada a uma chama de ar (2,5 L/h) e acetileno (10 L/h) a uma temperatura de 2000°C aproximadamente. Para as análises de cálcio e magnésio foi acrescentado óxido de lantânio a 5%, para reduzir interferentes.

A validação do método analítico foi realizada conforme as recomendações feitas pelos guias de validação do INMETRO (BRASIL, 2018) e da AOAC (AOAC 2016). Para a avaliação da linearidade e sensibilidade foram construídas curvas analíticas para cada elemento avaliado, em cinco níveis de concentração, por padronização externa, em triplicatas independentes. As concentrações foram 0,5; 1,625; 2,75; 3,875; 5 mg/L para cálcio; 0,25; 0,9375; 1,625; 2,3125; 3 mg/L para ferro; 0,025; 0,08125; 0,1375; 0,19375; 0,25 mg/L para magnésio; 0,05; 0,1625; 0,275; 0,3875; 0,5 mg/L para zinco.

A linearidade foi determinada pela equação de regressão linear das curvas analíticas pelo método dos mínimos quadrados, análise de variância (ANOVA) da regressão, os resíduos e o coeficiente de correção linear (r). A sensibilidade foi expressa como coeficiente angular da curva analítica. A ausência de *outliers* foi feita

pelo resíduo de *Jacknife* (BRASIL, 2018).

Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) foram avaliados a partir da avaliação da resposta de 10 brancos da amostra e calculados conforme proposto no guia de validação do INMETRO (BRASIL, 2018). A recuperação foi determinada de acordo com o guia do INMETRO (BRASIL, 2018).

A precisão do método analítico foi avaliada através da repetibilidade e precisão intermediária (inter-dias). A repetibilidade foi avaliada por sete repetições independentes feitas no mesmo dia do procedimento analítico. Os valores de coeficiente de variação (CV) obtidos foram comparados ao coeficiente de variação (CV), calculado conforme AOAC (2016). A precisão intermediária (inter-dias) foi determinada a partir de sete repetições independentes feitas em três dias diferentes pelo mesmo analista e equipamento, os resultados obtidos foram avaliados através da análise de variância (ANOVA) de fator único, adotando-se 95% de nível de confiança.

2.5 ENSAIOS DE DIGESTÃO IN VITRO PARA ESTIMATIVA DA BIOACESSIBILIDADE DE ELEMENTOS ESSENCIAIS EM SEMENTE DE ABÓBORA

A simulação da digestão *in vitro* foi realizada de acordo com Brodkorb et al. (2019), com modificações. Para a fase oral 5g de amostra foram pesadas e adicionado 4 mL de fluido salivar simulado (SSF) aquecido a 37 °C. Em seguida, 25 µL de 0,3M CaCl₂, 750 µL de α-amilase e 225 µL de água foram adicionados e bem misturado. A amostra foi incubada por 2 minutos a 37 °C em um banho metabólico Dubnoff (modelo MA093, Marcone, Brasil). Para a fase gástrica, o bolo obtido da fase oral foi misturado com 8 mL de fluido gástrico simulado (SGF) previamente aquecido a 37 °C. O pH foi ajustado para 3,0 com HCl 6M. Após, um volume de 5 µL de 0,3M CaCl₂, 0,665 mL de solução de pepsina suína e 0,928 µL de água foram adicionados. A amostra foi colocada em banho metabólico e incubada por 2 h em 37 °C. Após as 2h, as amostras ficaram e banho de gelo por 10 min para inativação da pepsina. Para a fase duodenal/intestinal, o quimo gástrico foi misturado com 8 mL previamente aquecido de fluido intestinal simulado (SIF). O pH foi ajustado para 7,0 com NaOH 5M, acrescentou-se então 3 mL de solução biliar e a amostra ficou por 30 min em banho metabólico a 37 °C. Depois desse período, 40 µL de 0,3M de CaCl₂, 5 mL de solução de pancreatina e lipase pancreática (0,25mg/mL) que pode ser aplicada para

amostras com alto teor de lipídeos e 3,160 mL de água foram adicionados à mistura. A amostra foi incubada em banho metabólico por 2h a 37°C. Após as 2h, a amostra foi centrifugada em centrífuga refrigerada (Centrífuga Refrigerada SL - 706, SOLAB, Brasil) por 30 min em temperatura de 4°C a 5700 rpm. O sobrenadante foi transferido para placas de Petri e a amostra foi liofilizada em liofilizador (LS3000, Terroni, Brasil) por 36h. Após esse período, a amostra seca foi transferida para tubos de ensaio e recebeu 6 mL de ácido nítrico concentrado e 2 mL de peróxido de hidrogênio e seguiu para o processo de mineralização. Posteriormente, foi avaliada a concentração dos elementos: cálcio, ferro, magnésio e zinco no produto da digestão, com uso do método validado para semente de abóbora. Foi calculada a concentração e porcentagem de bioacessibilidade de cada um dos elementos essenciais a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Percentual bioacessível (\%)} = \frac{\text{Concentração do elemento na fração bioacessível } \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}}\right)}{\text{Concentração total do elemento na amostra } \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}}\right)} \times 100$$

2.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os resultados obtidos das análises dos componentes majoritários, teor total dos elementos essenciais e bioacessibilidade (em concentração) foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA) de fator único e Teste de Tukey, a 95% de confiança utilizando o programa Statistica 7.0 (Statsoft, Inc., Tulsa, USA).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS SEMENTES DE ABÓBORA

Os componentes majoritários presentes nas sementes de abóbora *in natura* foram avaliados e os resultados estão apresentados na Tabela 1. Foram utilizadas as 5 amostras *in natura* liofilizadas para realizar as análises de composição centesimal.

Tabela 1. Resultados para composição centesimal das sementes de abóbora *in natura* liofilizadas

Teores (g/100g)	Amostras				
	SA 1	SA 2	SA 3	SA 4	SA 5
Umidade	4,60 ± 0,02ab	5,05 ± 0,34a	4,07 ± 0,01c	4,31 ± 0,05bc	4,12 ± 0,06bc

Cinzas	5,09 ± 0,00a	4,34 ± 0,23b	4,59 ± 0,02b	4,42 ± 0,05b	5,09 ± 0,03 ^a
Proteínas	33,73 ± 0,21b	34,14 ± 0,43b	35,86 ± 0,50a	33,76 ± 0,16b	31,60 ± 0,42c
Lipídeos	32,54 ± 1,49 b	41,79 ± 0,13 a	33,28 ± 0,31b	34,00 ± 1,66 b	34,98 ± 1,73 b
Carboidratos**	<1,00 ± 1,49a	<1,00 ± 0,72a	<1,00 ± 1,87a	<1,00 ± 0,64a	<1,00 ± 1,31a
Fibras solúveis	17,07 ± 0,27a	12,27 ± 1,00c	12,33 ± 0,01c	14,27 ± 0,93b	13,04 ± 0,55bc
Fibras insolúveis	19,86 ± 0,31c	23,03 ± 0,76b	28,18 ± 1,39a	30,05 ± 0,10a	24,07 ± 1,22b
Fibras totais	36,93 ± 0,58bc	35,31 ± 1,76c	40,51 ± 1,38b	44,32 ± 0,83a	37,11 ± 1,77bc

Valores expressos como média (N=3) ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si ($p < 0,05$) para amostras *in natura* coletadas em diferentes estabelecimentos pelo Teste de

Tukey, a 95% de confiança. **Teores de carboidratos foram calculados a partir da diferença dos outros componentes majoritários (umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e fibras totais).

Com base nos dados apresentados na Tabela 1, o maior teor de umidade foi encontrado na amostra SA 2 e o menor foi na amostra SA 3. A maior parte das amostras apresentou diferença significativa para os valores obtidos para este parâmetro. Sant'anna (2005) avaliou a umidade em semente de abóbora (*Curcubita pepo*) proveniente do estado de Santa Catarina e o valor médio encontrado foi de 4,30 g/100g, já Anjos (2017) avaliou a umidade em semente de abóbora (*Curcubita moschata*) do estado de Pernambuco e o valor médio encontrado foi de 4,46 g/100g. Devi, Prasad e Palmei (2018) avaliaram a umidade em semente de abóbora (*Curcubita máxima*) provenientes da Índia e o valor estimado foi de 5,56 g/100g. Jacinto et al. (2020) avaliaram o teor de umidade em farinha de semente de abóbora (*Curcubita máxima*) e o valor médio obtido pelos autores foi 5,20 g/100g. As amostras utilizadas neste estudo, provenientes do estado de São Paulo, apresentaram teores de umidade próximas aos teores encontrados pelos outros autores. Santangelo (2006) avaliou umidade em semente de abóbora cabotiá (*Cucurbita máxima X Cucurbita moschata*) provenientes do Estado do Rio de Janeiro e o teor médio foi 8,41 g/100g. A variedade de abóbora, tempo de processamento e forma de preparo podem influenciar o teor total de umidade nas sementes de abóbora (VIEIRA et. al, 2021), contudo de um modo geral, a umidade variou entre 4 g/100g até 8 g/100g.

O teor de cinzas presente nas sementes de abóbora foram superiores nas

amostras SA 1 e SA 5 e o menor teor foi encontrado na amostra SA 2 e também apresentaram diferença significativa entre si. Em um estudo para avaliar a composição centesimal de semente de abóbora (*Curcubita máxima*), Silva (2015) encontrou o teor médio de cinzas de 3,80 g/100g. Já Anjos (2017) encontrou o teor médio de cinzas de 4,21 g/100g para semente de abóbora (*Curcubita moschata*). Sant'anna (2005) encontrou o teor de 3,21 g/100g de cinzas em semente de abóbora (*Curcubita pepo*). Devi, Prasad e Palmei (2018) avaliou a cinzas em semente de abóbora (*Curcubita máxima*) e o valor estimado foi 6,90 g/100g. Santangelo (2006) avaliou o teor de cinzas em semente de abóbora cabotiá (*Cucurbita máxima X Cucurbita moschata*) e de acordo com o autor, o teor médio foi 4,32 g/100g. Percebe-se então que as sementes de abóbora apresentam teores de cinzas diferentes, e essas diferenças existentes podem ser explicadas pelo fato de que as abóboras foram cultivadas em solos diferentes, são diferentes variedades de abóbora, e, provavelmente, a oferta nutricional durante o desenvolvimento do vegetal também foi diferente e com isso a composição dos elementos minerais nas sementes podem sofrer alterações durante a maturação do fruto e desenvolvimento das sementes (JACINTO et al., 2020).

O maior teor de proteínas foi encontrado na amostra SA 3 e o menor foi na SA 5 e apresentou diferença significativa entre as amostras. O trabalho apresentado por Sant'anna (2005) encontrou uma concentração de 28,98 g/100g de proteínas nas sementes de abóbora (*Curcubita pepo*). Anjos (2017) avaliou proteínas em semente de abóbora (*Curcubita moschata*) e o teor foi 32,20 g/100g. Devi, Prasad e Palmei (2018) determinaram proteínas em semente de abóbora (*Curcubita máxima*) e o valor estimado foi 28,90 g/100g. Santangelo (2006) quantificou proteínas em semente de abóbora cabotiá (*Cucurbita máxima X Cucurbita moschata*) e o teor médio foi 26,79 g/100g. Assim sendo, pelo teor médio de proteínas encontrados nas amostras utilizadas neste estudo, é possível considerar as sementes de abóbora como fontes de proteínas (SANT'ANNA, 2005). Pelas informações contidas na RDC nº269 a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteínas para um adulto é de 50g (BRASIL, 2005), dessa forma, um consumo de 100g de semente de abóbora pode suprir 60% da IDR de proteínas. Os valores de proteínas foram semelhantes aos demais trabalhos citados, e assim como no caso do teor de cinzas, as diferenças no teor de proteínas podem estar relacionadas com a variedade de abóbora avaliada e a região de produção das mesmas, pois o nitrogênio é depositado nas sementes durante a maturação do

vegetal e a concentração e oferta desse nutriente no solo pode sofrer variações (JACINTO et al. 2020).

No caso dos lipídeos, o maior teor foi obtido para a amostra SA 4 e o menor foi para a amostra SA 1 e também apresentaram diferenças significativas entre si. Sant'anna (2005) avaliou lipídeos em semente de abóbora (*Curcubita pepo*) e o teor encontrado foi de 38,95 g/100g. Já Anjos (2017) também avaliou o teor de lipídeos em semente de abóbora (*Curcubita moschata*) e o teor encontrado foi 35,94 g/100g. Silva (2015) encontrou o teor de 38,10 g/100g de lipídeos em semente de abóbora (*Curcubita maxima*). Devi, Prasad e Palmei (2018) avaliaram o teor de lipídeos em semente de abóbora (*Curcubita maxima*) e o valor estimado foi 31,75 g/100g. Jacinto et al (2020) avaliaram o conteúdo de lipídeos em farinha de semente de abóbora (*Curcubita maxima*) e o teor obtido foi 29,50 g/100g. Santangelo (2006) avaliou o teor de lipídeos em semente de abóbora cabotiá (*Cucurbita máxima X Cucurbita moschata*) e o teor médio encontrado foi 32,26 g/100g. Dessa forma é possível perceber que os teores de lipídios presente nas sementes dos autores citados e das amostras deste estudo se assemelham. O teor de lipídeos nas sementes podem sofrer variações de acordo com a maturação do fruto, pois mesmo após a colheita as sementes continuam se desenvolvendo até atingirem sua maturação fisiológica em que o teor de lipídeos está no seu máximo (VERONEZI; JORGE, 2012). As sementes são conhecidas por serem importantes fontes de lipídeos na dieta e os lipídeos são essenciais na digestão, na absorção e no transporte de carotenóides, licopeno e vitaminas lipossolúveis (CORREA GIL; PICCOLI; STEFFENS, 2019).

As fibras solúveis estavam presentes em maior teor na amostra SA 1 e menor teor na amostra SA 2 e apresentaram diferença significativa entre si. Sant'anna (2005) avaliou o conteúdo de fibras solúveis em semente de abóbora (*Curcubita pepo*) em pó e o autor encontrou um teor de 4,20 g/100g. Fortes et al. (2020) avaliaram fibras solúveis em farinha de semente de abóbora (*Curcubita moschata*) e de acordo com os autores, o teor médio obtido foi 3,54 g/100g. Já o maior teor para as fibras insolúveis foi na amostra SA 4 e o menor na SA 1 e houve diferença significativa entre as amostras. Sant'anna (2005) avaliou o conteúdo de fibras insolúveis em semente de abóbora (*Curcubita pepo*) em pó e o autor encontrou um teor de 16,55 g/100g. Fortes et al. (2020) avaliaram fibras insolúveis em farinha de semente de abóbora (*Curcubita moschata*) e de acordo com os autores, o teor médio obtido foi 21,84 g/100g. Santangelo (2006) quantificou apenas fibras insolúveis em semente de

abóbora cabotiá (*Cucurbita máxima X Cucurbita moschata*) e o resultado médio foi 29,50 g/100g.

Quando se compara as fibras totais (alimentares) a amostra que apresentou o maior conteúdo foi a SA 4 e o menor foi a amostra SA 2 e houve diferença estatística. Anjos et al. (2017) avaliou o conteúdo de fibra alimentar bruta em semente de abóbora (*Curcubita moschata*) e o teor total foi 20,31 g/100g. Silva (2015) quantificou o teor de fibra alimentar em semente de abóbora (*Curcubita maxima*) e o valor foi 32,95 g/100g. Boschi (2015) avaliou o conteúdo de fibra alimentar em semente de abóbora (*Curcubita pepo*) e o teor médio obtido foi 32,67 g/100g. Pelos dados obtidos para o conteúdo de fibras solúveis, insolúveis e totais presentes nas sementes de abóboras utilizadas no presente estudo, percebe-se que os teores estão acima dos teores encontrados pelos outros autores. Essa diferença pode estar relacionada com o local de produção e variedade da abóbora. De acordo com Jacinto et al. (2020) e Vale et al. (2019) fatores como a composição do solo, clima regional, cultivar (variedade) da abóbora, processamento da semente e métodos de armazenamento podem ser responsáveis pelas diferenças dos componentes majoritários presentes na semente de abóbora.

As fibras alimentares apresentam diversas funções benéficas no organismo, pois colaboram para a prevenção de doenças intestinais, auxiliam no tratamento de obesidade, além de reduzir a incidência de doenças cardiovasculares. Segundo a legislação vigente no Brasil (BRASIL, 2012), para um alimento ser considerado “fonte de fibra alimentar” ou “alto teor de fibra”, é necessário que em sua composição tenha um teor de 6g de fibras por 100g de porção do alimento, sendo assim, pode-se concluir que as sementes de abóbora são fontes de fibras (CARVALHO; NACHTIGALL; GARCIA; NATEL, 2021).

O teor de carboidratos nas sementes de abóbora *in natura* apresentaram concentrações inferiores a 1 g/100g de semente. Santangelo (2006) realizou a caracterização dos componentes majoritários em semente de abóbora cabotiá (*Cucurbita máxima X Cucurbita moschata*), e de acordo com os resultados obtidos, foram encontrados apenas traços de carboidratos nas sementes, assim como no presente estudo, o teor de carboidratos foi baixo. Isso pode ser explicado pela elevada concentração dos demais componentes majoritários, principalmente lipídeos, sendo uma das principais fontes de reserva das sementes.

Diante dos dados apresentados, foi possível constatar o potencial nutricional

das sementes de abóbora avaliadas neste estudo uma vez que as amostras apresentaram quantidades importantes de proteínas, lipídeos, fibras alimentares. Diversos estudos já são encontrados na literatura apontando a utilização da semente de abóbora em alimentos como biscoitos do tipo “*cookies*”, pães e bolos, utilização do óleo extraído da semente, além de ser consumida como petisco, após torra.

3.2 VALIDAÇÃO DO MÉTODO E AVALIAÇÃO DE CÁLCIO, FERRO, MAGNÉSIO E ZINCO EM SEMENTE DE ABÓBORA

Para os parâmetros de linearidade e sensibilidade foram construídas curvas analíticas de 5 concentrações diferentes para cada elemento onde estão apresentadas as faixas lineares de trabalho. Os valores de concentração para a construção da curva analítica de cada elemento e os parâmetros das curvas podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Concentrações e curvas analíticas de cada elemento

Elemento	Concentrações das curvas (mg/L)	Equação de regressão	R ²
Cálcio	0,5; 1,625; 2,75; 3,875; 5	$y = 0,0499x - 0,0051$	0,99
Ferro	0,25; 0,9375; 1,625; 2,3125; 3	$y = 0,0364x - 0,0027$	0,99
Magnésio	0,025; 0,08125; 0,1375; 0,19375; 0,25	$y = 0,7289x + 0,01$	0,99
Zinco	0,05; 0,1625; 0,275; 0,3875; 0,5	$y = 0,7289x + 0,01$	0,99

A ANOVA da regressão para as curvas analíticas obtidas para cada elemento demonstrou que as regressões são significativas. Além disso, observa-se que não há falta de ajuste para os modelos, indicando assim, linearidade dos mesmos e a porcentagem de variação (R²) é adequada para a representação dos dados (APÊNDICE A). Os resíduos foram avaliados através do teste *Jacknife* e os valores encontrados estão distribuídos de forma aleatória no eixo X e assim, livres de tendência (APÊNDICE B).

A precisão foi avaliada pelos parâmetros de repetibilidade e precisão intermediária (inter-dias) para as análises dos elementos essenciais em semente de abóbora. Para a repetibilidade, as concentrações médias encontradas dos elementos

estão dispostas na Tabela 3.

Tabela 3. Concentração média dos elementos essenciais para análise da repetibilidade da semente de abóbora

Repetições	Concentração média (mg/100g)			
	Cálcio	Ferro	Magnésio	Zinco
1	27,95	7,76	539,09	7,46
2	29,59	7,70	522,97	6,99
3	29,44	7,94	522,30	7,24
4	27,58	7,67	536,28	7,14
5	28,25	7,60	535,35	7,36
6	29,24	7,61	509,32	7,46
7	28,50	7,68	525,68	7,41
Média	28,65	7,71	527,28	7,29
Desvio Padrão	0,78	0,11	9,67	0,17
Coefficiente de Variação (%)	2,73	1,40	1,83	2,30
Coefficiente de Variação AOAC (%)	3,41	4,15	2,20	4,18

*CV AOAC= $\frac{1}{2}$ e 2 vezes o valor de $C^{-0,15}$ (onde C é a concentração média do mineral)

De acordo com o Guia de Validação da AOAC (2016) os valores de referência para os coeficientes de variação (CV) adequados para a aceitação da repetibilidade deve estar entre a metade e duas vezes o valor de $C^{-0,15}$ (onde C é a concentração média do mineral). Diante do apresentado na Tabela 3, os coeficientes de variação estão dentro da faixa especificada nos valores de referência, podendo assim assumir que há repetibilidade no método de determinação dos elementos em semente de abóbora.

Tabela 4. Análise de variância para avaliação da precisão intermediária (inter-dias) para análise de cálcio, ferro, magnésio e zinco em semente de abóbora.

Elemento	Fonte da variação	SQ	Gl	MQ	F	valor-P	F crítico
----------	-------------------	----	----	----	---	---------	-----------

	Entre dias	151,82747	2	75,91	0,20	0,82	3,63
Cálcio	No mesmo dia	6036,267	16	377,27			
	Total	6188,0945	18				
	Entre dias	4,15	2	2,07	0,09	0,92	3,63
Ferro	No mesmo dia	385,38	16	24,09			
	Total	389,53	18				
Magnésio	Entre dias	302856,06	2	151428,03	1,98	0,17	3,59
	No mesmo dia	1300106,82	17	76476,87			
	Total	1602962,88	19				
	Entre dias	15,637483	2	7,82	1,24	0,32	3,74
Zinco	No mesmo dia	88,602326	14	6,33			
	Total	104,23981	16				

SQ = soma dos quadrados, GI = graus de liberdade, MQ = média da soma dos quadrados.

A precisão intermediária (inter-dias) foi realizada em 3 diferentes dias, pelo mesmo analista e nas mesmas condições de experimento. O p-valor é avaliado nesse caso para saber se a análise de variância foi significativa ou não. Para tanto, o p-valor encontrado para a precisão intermediária (inter-dias) pode ser maior ou menor que 0,05. No caso dos elementos avaliados todos os valores de p-valor foram superiores a 0,05, além do F calculado (Fcal) foram menores que o F tabelado (Ftab) e os valores estão apresentados na tabela 4. Sendo assim, é possível considerar que não houve variação significativa nas concentrações dos elementos entre os dias de análise, com isso, a precisão intermediária (inter-dias) foi considerada adequada.

Na tabela 5 estão dispostos os limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ) do método analítico. Os limites de detecção e quantificação foram considerados adequados, pois os valores estão abaixo dos valores de concentrações esperadas para

os elementos avaliados. O método analítico proposto para a determinação dos elementos em semente de abóbora utiliza uma massa de amostra de 0,5g, e uma diluição de 25 vezes do extrato obtido. Nessas condições os valores de concentrações esperados para os elementos nas amostras são 28,65 mg/100g de cálcio, 7,71 mg/100g de ferro, 527,28 mg/100g de magnésio e 7,29 mg/100g de zinco em semente de abóbora. Com isso, o método demonstrou estar adequado para a determinação desses elementos nas amostras em questão.

A recuperação dos elementos foi avaliada em semente de abóbora para cálcio, ferro, magnésio e zinco e os resultados estão dispostos na tabela 5. A fortificação realizada na semente de abóbora foi feita em 25% e 50% do valor esperado para o cálcio e magnésio, 50% e 100% do valor esperado para o ferro e zinco e os valores obtidos estão apresentados na Tabela 5, com valores de recuperação expressos em porcentagem (%) (APÊNDICE C, TABELA 2).

Tabela 5. Recuperação, limites de detecção e quantificação para os elementos em semente de abóbora.

Elemento	Cálcio	Ferro	Magnésio	Zinco
Recuperação (%)	104,3 – 105,2	97,9 – 98,1	100,7 – 100	107,9 – 108,7
Limite de detecção (mg/L)	0,17	0,06	0,01	0,02
Limite de quantificação (mg/L)	0,57	0,20	0,04	0,07
Limite de quantificação (mg/100g)	2,85	0,19	0,36	1,02

Os resultados obtidos para as análises de cálcio, ferro, magnésio e zinco em semente de abóbora estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6. Quantificação dos elementos essenciais em semente de abóbora *in natura* e tostada

Amostras	Cálcio (mg/100g)	Ferro (mg/100g)	Magnésio (mg/100g)	Zinco (mg/100g)
SA 1 – <i>in natura</i>	31,69 ± 0,55 aB	7,20 ± 0,18 Ac	643,91 ± 3,39 aB	9,83 ± 0,06 aA
SA 1 – Tostada	26,59 ± 1,08 a	7,02 ± 0,04 a	611,40 ± 9,51 a	9,08 ± 0,09 a
SA 2 – <i>in natura</i>	28,76 ± 1,75 aBC	7,69 ± 0,13 aB	552,30 ± 3,42 aC	7,06 ± 0,03 aD
SA 2 – Tostada	24,02 ± 0,98 a	7,84 ± 0,07 a	578,75 ± 14,09 a	6,98 ± 0,09 a
SA 3 – <i>in natura</i>	27,99 ± 1,51 aC	8,04 ± 0,03 aA	558,05 ± 26,19 aC	6,59 ± 0,12 aE
SA 3 – Tostada	23,78 ± 0,56 a	7,84 ± 0,01 a	566,69 ± 24,24 a	6,21 ± 0,07 a
SA 4 – <i>in natura</i>	28,17 ± 1,08 aC	7,79 ± 0,06 aAB	794,19 ± 10,60 aA	7,22 ± 0,09 aC
SA 4 – Tostada	29,18 ± 2,83 a	7,79 ± 0,16 a	561,23 ± 6,33 a	8,03 ± 0,01 a
SA 5 – <i>in natura</i>	43,19 ± 0,85 aA	7,35 ± 0,06 aC	623,72 ± 16,19 aB	9,03 ± 0,34 aB
SA 5 – Tostada	36,04 ± 2,36 a	7,46 ± 0,19 a	623,36 ± 2,29 a	8,88 ± 0,25 a

Valores expressos como média ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si para diferente tratamento térmico da amostra (*in natura* e tostada) pelo Teste de Tukey, a 95% de confiança. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para amostras coletadas em diferentes estabelecimentos (1 a 5) pelo Teste de Tukey, a 95% de confiança.

Pelos dados apresentados na Tabela 6, observa-se que entre os elementos essenciais analisados na semente de abóbora, o magnésio foi o que apresentou maior teor em todas as amostras, seguido pelo cálcio, já os elementos ferro e zinco apresentaram teores similares entre todas as amostras. Ao se realizar a análise estatística, foi possível perceber que os teores de todos os elementos essenciais (Ca, Fe, Mg e Zn) nas amostras *in natura* dos diferentes estabelecimentos apresentaram diferença significativa entre si pelo Teste de Tukey, a 95% de confiança.

Os elementos essenciais nas sementes *in natura* variaram entre 27,99 mg/100g

43,19 mg/100g para o cálcio, 7,20 mg/100g a 8,04 mg/100g para o ferro, 552,30 mg/100g a 794,19 mg/100g para o magnésio e 6,59 mg/100g a 9,83 mg/100g para o zinco. Dentre as amostras de semente de abóbora *in natura* a amostra SA 5 apresentou o maior teor de cálcio, a amostra SA 3 apresentou o maior teor de ferro, a amostra SA 4 apresentou o maior teor de magnésio e a amostra SA 1 apresentou o maior teor de zinco.

Já nas sementes tostadas, os elementos essenciais variaram entre 23,78 mg/100g a 36,04 mg/100g para o cálcio, 7,02 mg/100g a 7,84 mg/100g para o ferro, 561,23 mg/100g a 623,36 mg/100g para o magnésio e 6,21 mg/100g a 9,08 mg/100g para o zinco. Dentre as amostras de semente de abóbora tostadas, a amostra SA 5 apresentou o maior teor de cálcio e magnésio, as amostras SA 2 e SA 3 apresentaram os maiores teores de ferro, a amostra SA 1 apresentou o maior teor de zinco.

Devi, Prasad e Palmei (2018) avaliaram elementos essenciais em semente de abóbora (*Curcubita maxima*). Os resultados foram 335,60 mg/100g para magnésio, 25,70 mg/100g para cálcio, 16,10 mg/100g para ferro e 9,07 mg/100g para zinco. Łoźna et al. (2020) avaliaram elementos essenciais em diversas castanhas e sementes, dentre elas a semente de abóbora. Os autores utilizaram a mineralização a partir da incineração das amostras (cinzas) e posterior solubilização ácida e a quantificação dos elementos foi realizada a partir da espectrometria de absorção/emissão atômica com chama. Os teores médios para a semente de abóbora foram 50,1 mg/100g, 4,77 mg/100g, 253,9 mg/100g e 9,12 mg/100g, para cálcio, ferro, magnésio e zinco foram, respectivamente.

Dessa forma, observa-se que, tanto nos estudos citados como nos resultados obtidos neste estudo, o magnésio foi o principal elemento presente na semente de abóbora, seguido pelo cálcio, enquanto o ferro e o zinco que apresentaram teores relativamente próximos, porém menores que os demais elementos. As sementes podem apresentar uma grande variação em sua composição química, pois são formadas já no final do ciclo do fruto, além de que a composição nutricional das sementes é determinada tanto pela capacidade intrínseca de armazenamento do embrião como por processos que ocorrem em outras partes da planta, sendo dependentes de fatores genéticos e ambientais. Vale ressaltar que os fatores relacionados às condições de cultivo que mais podem influenciar a composição química das sementes são a disponibilidade de água, temperatura, fertilidade do solo e práticas de cultivo (GALLARDO et al. 2008).

Sendo assim, é possível que, embora todas as sementes de abóbora tenham sido adquiridas em estabelecimentos da região de Campinas-SP, elas tenham sido cultivadas em diversas regiões, que apresentam fatores ambientais distintos como solos, com diferente proporção de minerais disponíveis, temperaturas ambientais diferentes, variáveis práticas de cultivo e disponibilidade de água.

Diante da composição mineral da semente de abóbora é possível perceber que existe um potencial nutritivo podendo ser utilizado na alimentação humana, reduzindo assim a geração de resíduos alimentares. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de minerais essenciais para adultos. A IDR para o cálcio é de 1000 mg, para o ferro é 14 mg, para o magnésio é 260mg e para o zinco é 7 mg (BRASIL, 2005). Considerando-se os maiores teores obtidos para esses elementos na semente de abóbora tostada, uma porção de 100g forneceria, aproximadamente, 4% da IDR para cálcio, 56% da IDR para ferro, 240% da IDR para magnésio e 130% da IDR para zinco.

De acordo com a Portaria nº27 (BRASIL, 1998) um alimento pode ser considerado como fonte de um mineral quando tiver no mínimo 15% da IDR de referência para o mineral por 100g de amostra, sendo assim a semente de abóbora pode ser considerada fonte de ferro, magnésio e zinco. Essa correlação é importante, pois demonstra o potencial nutricional desses elementos na semente de abóbora, podendo ser incorporado a outros alimentos ou comercializado como já vem sendo feita e assim, continuar agregando valor à produção de abóbora.

Pela Tabela 6, foi ainda possível comparar as determinações quantitativas dos elementos essenciais nas amostras *in natura* e tostadas, e assim, avaliar a influência do processamento térmico sobre esses elementos essenciais na semente de abóbora. Por meio da realização da análise estatística pelo Teste de Tukey, a 95% de confiança, observou-se que não houve diferença significativa na concentração dos elementos essenciais entre as amostras, *in natura* e tostadas, uma vez que todas as amostras apresentaram o valor de $p > 0,05$.

Vieira et al. (2021) avaliaram a influência de dois tratamentos térmicos (secagem em estufa e micro-ondas) na concentração de elementos essenciais em semente de abóbora. O processamento térmico na estufa foi realizado em temperatura de 60°C por 24 horas e o processamento térmico em micro-ondas foi realizado por 3 minutos a 82°C. De acordo com os autores, o processamento térmico não influenciou no conteúdo total dos elementos essenciais.

Naves et al. (2010) também analisou o efeito de diferentes processamentos térmicos sobre os mesmos elementos essenciais em semente de abóbora. No entanto, as sementes foram submetidas ao cozimento em água em ebulição por 5, 10 e 15 minutos e ao cozimento no vapor por 10 minutos. Através da análise estatística pelo Teste de Tukey, a 95% de confiança, foi constatado pelos autores que os processamentos térmicos não ocasionaram diferenças significativas nos teores de magnésio, cálcio e zinco das amostras.

De acordo com o que vem sendo apresentado nos estudos citados e o que foi observado no presente estudo, o processamento térmico das sementes de abóbora não alteram o conteúdo dos elementos essenciais.

3.3 ENSAIOS DE DIGESTÃO IN VITRO E BIOACESSIBILIDADE DE ELEMENTOS ESSENCIAIS

Para a estimativa da bioacessibilidade dos elementos essenciais foram escolhidas duas amostras na forma *in natura* e tostada. Considerou-se que estabelecimentos diferentes adquiriram sementes de diferentes solos e outras variações referentes ao cultivo da abóbora. Além de avaliar se o processamento térmico poderia influenciar a bioacessibilidade dos mesmos. As duas amostras escolhidas foram SA1 e SA5 que apresentaram os maiores teores de cálcio e zinco. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Bioacessibilidade de cálcio, ferro, magnésio e zinco em semente de abóbora *in natura* e tostada liofilizado.

Bioacessibilidade de elementos essenciais em semente de beterraba						
	Ca B*	Fe B*	Fe	Mg B*	Mg	Zn B*
	(mg/100g)	(mg/100g)	(%)	(mg/100g)	(%)	(mg/100g)
SA 1 – <i>in natura</i>	<LQ	1,62 ± 0,12aA	22,4	163,44 ± 5,27aA	25,4	<LQ
SA 1 – tostada	<LQ	1,16 ± 0,08bA	16,5	160,40 ± 10,68aA	26,3	<LQ
SA 5 – <i>in natura</i>	<LQ	1,50 ± 0,11abA	20,4	179,73 ± 11,42aA	28,8	<LQ
SA 5 –		1,68 ±		185,25		

tostada	<LQ	0,19aA	22,5	±16,05aA	29,7	<LQ
---------	-----	--------	------	----------	------	-----

<LQ – menor que limite de quantificação (LQ do método para Ca = 2,85 mg/100g; LQ do método para Zn = 1,02 mg/100g) *B=concentração bioacessível. (%) – porcentagem de bioacessibilidade. Valores expressos como média ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si para diferentes estabelecimentos pelo Teste de Tukey, a 95% de confiança. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si para diferente processamento térmico (*in natura* e tostada) pelo Teste de Tukey a 95% de confiança.

Os dados obtidos indicam que apesar da semente de abóbora apresentar alta concentração de alguns elementos, a bioacessibilidade estimada após a simulação da digestão *in vitro* (INFOGEST 2.0) de cálcio e zinco foi muito baixa, com valores de concentração abaixo do limite de quantificação de cada um dos elementos. Os elementos ferro e magnésio apresentaram porcentagens de bioacessibilidade que variaram de 16,48% a 22,45% e 25,38% a 29,72%, respectivamente.

Ainda pelos dados da Tabela 7, foi possível perceber que as amostras SA 1 e SA 5 apresentaram diferença significativa entre os estabelecimentos para a fração bioacessível de ferro. Já para a fração bioacessível de magnésio não houve diferença significativa entre os estabelecimentos pelo Teste de Tukey, a 95% de confiança.

Ao se observar e comparar as Tabelas 1, 6 e 7 nota-se que a amostra SA 1 e SA 5 utilizadas no ensaio de bioacessibilidade apresentaram o mesmo teor de cinzas (5,09 g/100g), porém a concentração e distribuição média dos elementos essenciais foram diferentes, mas relativamente próximas (Tabela 6). A amostra SA 1 apresentou maior conteúdo de proteínas (33,73 g/100g) e fibras solúveis (17,07 g/100g), porém menor conteúdo de lipídeos (32,54 g/100g) e fibras insolúveis (19,86 g/100g). Já a amostra SA 5 apresentou um conteúdo maior de lipídeos (34,98 g/100g) e fibras insolúveis (24,07 g/100g), mas menor conteúdo de proteínas (31,60 g/100g) e fibras solúveis (13,04 g/100g). As fibras alimentares totais nas duas amostras foram próximas (36,93 g/100g e 37,11 g/100g para SA 1 e SA 5, respectivamente). Portanto, maiores concentrações de proteínas e fibras solúveis parecem ter influenciado positivamente a bioacessibilidade de ferro e maior concentrações de lipídeos e fibras insolúveis indicaram maior bioacessibilidade de magnésio.

Contudo quando se observou as frações bioacessíveis, conforme apresentado na Tabela 7, a amostra SA 5 apresentou frações bioacessíveis superiores para o magnésio tanto na amostra *in natura*, quanto na amostra tostada. Já para o ferro, a

amostra SA 5 tostada apresentou maior fração bioacessível, porém a amostra SA 1 *in natura* apresentou maior fração bioacessível. Essas observações indicam que as diferenças existentes nos componentes majoritários (proteínas, lipídeos, fibras solúveis e insolúveis) podem influenciar a bioacessibilidade dos elementos essenciais presentes nas sementes de abóbora. Para o cálcio e o zinco a forma química insolúvel ou ligação com algum fator antinutricional impediram a liberação da matriz durante a simulação da digestão *in vitro*.

Souza et al. (2021) avaliaram a bioacessibilidade de elementos essenciais em cinco cereais matinal industrializados (dois de farinha de milho, um de farinha integral e dois de chocolate) pelo modelo de digestão *in vitro* padronizado pelo grupo INFOGEST proposto por Minekus et. al. (2014). Segundo os autores, a bioacessibilidade do ferro foi 41% para o cereal tradicional (a base de milho) A, 4% para o cereal tradicional B, 3% para o cereal integral, 1% para o cereal de chocolate A e 4% para o cereal de chocolate B. Essa variação existente na bioacessibilidade entre os cereais pode estar relacionada com a composição do cereal e os aditivos utilizados. Contudo, diante do que foi encontrado pelos autores, exceto para o cereal matinal tradicional A de farinha de milho, é possível perceber que a semente de abóbora apresentou bioacessibilidade superior para o ferro, quando comparados com os demais cereais matinal.

De acordo com Corte-Real e Bohn (2018), os minerais divalentes, como o ferro, quando em pH próximos ao neutro e levemente alcalino podem se complexar com ácidos biliares, ácidos orgânicos, polissacarídeos e ácidos graxos. O ferro não heme apresenta baixa bioacessibilidade, entre 5-15%, e isso pode ser atribuído a diversas barreiras ligadas à digestão do alimento. A forma química que o mineral está presente no alimento pode influenciar, sendo mais solúvel quando está no estado químico ferroso comparado com a forma férrica, a presença de promotores, como ácido ascórbico, ou inibidores da absorção do ferro que são conhecidos como compostos antinutricionais, dentre eles as fibras alimentares, ácido fítico (fitato), taninos, e polifenóis que podem ligar-se aos minerais diminuindo e/ou inibindo sua absorção, além desses fatores citados, pode ocorrer também formação de micelas entre os ácidos graxos livres e minerais divalentes e com isso podem ser formados “sabões” insolúveis e impedir a absorção desses minerais (ROUSSEAU et al., 2019; CILLA et al., 2019; CHIOCCHETTI et al., 2018; CORTE-REAL; BOHN, 2018).

Gwala et al. (2020) investigaram a bioacessibilidade de magnésio em amendoim *in natura* e cozido em água por 60 e 120 minutos. Além do processamento térmico os autores também avaliaram os amendoins com e sem casca. O modelo padronizado de digestão *in vitro* utilizado foi do grupo INFOGEST proposto por Minekus et al. (2014). De acordo com os resultados obtidos pelos autores, o percentual bioacessível do magnésio nas amostras variou entre 80% para a amostra *in natura* com casca e 66% para a amostra com casca e cozida por 120 minutos. Já as amostras descascadas, apresentaram um percentual bioacessível entre 80% para a amostra *in natura* e 55% para a amostra cozida por 120 minutos. Os autores concluíram que a retirada da casca pode ter favorecido a lixiviação do magnésio. Percebe-se que os percentuais bioacessíveis da semente de abóbora foi quase 3 vezes menor que os percentuais encontrados para o amendoim. Essa diferença existente entre os percentuais bioacessíveis pode ser explicada pela própria diferença existente nos componentes majoritários do amendoim e da semente de abóbora, além da presença de compostos antinutricionais que são capazes de se ligar ao magnésio e reduzir ou inibir sua absorção intestinal.

A bioacessibilidade do magnésio pode ser influenciada negativamente pela presença de ácido fítico (fitato) nos alimentos de origem vegetal, como as sementes. Geralmente em alimentos vegetais a presença de magnésio é sempre elevada, porém o conteúdo de ácido fítico também é elevado, sendo esse o principal fator da redução da absorção do magnésio (CORTE-REAL; BOHN, 2018; GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017; LOPEZ; LEENHARDT; COUDRAY; REMESY, 2002).

Ainda pelos dados apresentados na Tabela 7, foi possível observar que a tostagem das sementes não gerou diferença significativa entre as frações bioacessíveis dos elementos presentes nas sementes de abóbora quando analisados pelo Teste de Tukey, a 95% de confiança.

Rousseau et al. (2019) produziram uma revisão bibliográfica sobre fatores que podem afetar a bioacessibilidade mineral em alimentos de origem vegetal. Os autores puderam verificar que, de um modo geral, o processamento térmico tende a favorecer (aumentar) a bioacessibilidade mineral, pois pela ação do calor pode ocorrer degradação proteica, aumento da permeabilidade da parede celular, mudança na estrutura das fibras alimentares, ativação de enzimas endógenas, alterando assim

esses aspectos da matriz vegetal e, conseqüentemente, liberando o elemento para ser absorvido. Entretanto, a presença de fatores antinutricionais termicamente estáveis em alimentos de origem vegetal, como a semente de abóbora, podem se ligar com os elementos essenciais e formar complexos que deixam os elementos essenciais indisponíveis para a absorção e mesmo com o processamento térmico não é possível liberar esse mineral.

Os elementos cálcio e zinco não puderam ser quantificados, vários são os fatores antinutricionais que podem influenciar negativamente a bioacessibilidade desses elementos. Em alimentos de origem vegetal as fibras solúveis estão presentes em estruturas da parede celular vegetal e têm habilidade de ligar-se com íons divalentes pelos grupos carboxilas (COO^-) e hidroxilas (OH^-) livres e acabam reduzindo e/ou inibindo a absorção de minerais como o cálcio e o zinco. Esses complexos insolúveis (fibra-mineral) não são hidrolisados por enzimas humanas e, com isso, o cálcio e o zinco ficam indisponíveis no intestino delgado para ser absorvidos. A relação entre as fibras alimentares insolúveis e os minerais é insignificante, não sendo um fator relevante para a inibição ou redução da bioacessibilidade de minerais (ROUSSEAU et al., 2019; GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017).

Alguns fatores extrínsecos podem influenciar negativamente a bioacessibilidade do cálcio. Dentre eles, a quantidade de cálcio presente no alimento, oxalato, fosfolipídios, ácido graxo livre (lipídeos) e ácido fítico são alguns compostos que podem se ligar ao cálcio e deixá-lo indisponível para absorção (LOPEZ; LEENHARDT; COUDRAY; REMESY, 2002). O cálcio também pode ligar-se com as proteínas presentes no alimento e quando passa por aquecimento pode degradar as proteínas e conseqüentemente o cálcio fica indisponível para ser absorvido (MENEZES et al., 2018).

O zinco quando está em pH entre 5 e 7 tem a tendência de estar menos bioacessível podendo sofrer precipitação dentro dessa faixa de pH. Além disso, compostos como os taninos, polifenóis e fitatos podem atrapalhar a bioacessibilidade do zinco (BONEMANN et al. 2021; PEIXOTO et al., 2016). Entre os elementos essenciais, o zinco tem uma maior afinidade com o ácido fítico (fitato) quando comparado com o cálcio, ferro e magnésio (ROUSSEAU et al. 2019). A presença do

cálcio também pode afetar a bioacessibilidade do zinco, quando os fitatos estão presentes no alimento, pois pode-se formar um complexo insolúvel de cálcio-zinco-fitato no intestino que não conseguirá ser absorvido (ETCHEVERRY; GRUSAK; FLEIGE, 2012).

Pelo que vem sendo discutido na literatura, é possível perceber que em alimentos de origem vegetal os principais inibidores da absorção de minerais no intestino delgado são as fibras alimentares solúveis, as proteínas e os ácidos graxos (lipídeos) presentes nos alimentos, fatores como pH e temperatura também podem influenciar, além de compostos conhecidos como fatores antinutricionais (polifenóis, fitatos, taninos, oxalatos, entre outros) (ROUSSEAU et al., 2019; CORTE-REAL; BOHN, 2018; MENEZES et al., 2018; PEIXOTO et al., 2016).

De acordo com Lopez, Leenhardt, Coudray e Remesy (2002), aproximadamente 80% do fósforo presente nas sementes estão na forma de ácido fítico (mio-inositol fosfato) carregados negativamente, sendo muito comum a formação de complexos insolúveis com minerais divalentes (Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} e Zn^{2+}). Sendo assim, por não ser possível a quantificação do cálcio e zinco, provavelmente eles devem estar fortemente ligados a outros componentes da semente de abóbora, independente das concentrações dos componentes majoritários nas amostras e não apresentaram solubilidade adequada para a possibilidade de absorção.

4 CONCLUSÃO

A partir da caracterização dos componentes majoritários de semente de abóbora foi possível perceber que a semente pode ser considerada fonte de fibras alimentares, proteínas, lipídeos, contudo, existem variações entre amostras obtidas de diferentes estabelecimentos. Os teores de elementos essenciais também variaram entre as amostras obtidas de diferentes estabelecimentos. A semente de abóbora tostada poderia ser considerada fonte de ferro, magnésio e zinco, fornecendo 56% da IDR para ferro, 240% da IDR para magnésio e 130% da IDR para zinco.

Contudo a bioacessibilidade dos elementos essenciais na semente de abóbora indicou que apenas o magnésio e ferro apresentaram porcentagens bioacessíveis, sendo o magnésio o mineral de maior bioacessibilidade, porém, amostras de diferentes estabelecimentos, resultaram em diferentes valores, o que já era esperado considerando as diferenças que podem ocorrer de solo, clima e oferta hídrica.

Concluiu-se, ainda, que as diferenças existentes nos componentes majoritários (proteínas, lipídeos, fibras solúveis e insolúveis) podem influenciar a bioacessibilidade de ferro e magnésio, de forma diferente. Não foi possível quantificar a fração bioacessível dos elementos cálcio e zinco pelo método validado e utilizado no presente trabalho, pois os valores obtidos estavam abaixo do limite de quantificação.

O consumo da semente de abóbora pode contribuir para o aporte de ferro e magnésio, com possibilidade de absorção pelo organismo. Contudo, o processamento térmico doméstico (tostagem) não alterou as frações bioacessíveis dos elementos essenciais.

A partir dos dados obtidos neste estudo sobre a caracterização da semente de abóbora *in natura* e tostada, de diferentes estabelecimentos, com base nos componentes majoritários, elementos essenciais e bioacessibilidade apontam para uma possível utilização das sementes de abóbora na alimentação humana, com destaque para acréscimo de ingestão de magnésio e ferro, e fibras alimentares, proteínas e lipídeos.

A semente de abóbora tostada pode ser consumida como petisco, “snacks”, ou como farinha substituindo parte dos ingredientes em formulações de bolos, biscoitos e pães. Esse aproveitamento pode conferir outra fonte de renda para os produtores, para indústrias processadoras de abóbora, além de reduzir a geração de resíduos alimentares.

DISCUSSÃO GERAL

Ao longo da cadeia produtiva de alimentos existem diversos pontos críticos possíveis de ocorrência de algum desperdício ou perda. Os pontos críticos apresentados no presente trabalho estão relacionados com as porções de alimentos de origem vegetais não consumidas tradicionalmente, que podem ser deixados no próprio local de produção após a colheita (folhas e talos de beterraba) ou não utilizado pelo consumidor final (sementes de abóbora). É fato a necessidade de aproveitamento integral de alimentos, sempre que possível, com base no conceito de resíduo zero (*waste zero*), uma vez que a população mundial tem aumentado, porém a produção de alimentos não consegue acompanhar esse aumento populacional. Além disso, a geração de resíduos de produtos vegetais que poderiam ser consumidos implica em perda de recursos naturais e econômicos, utilizados para a produção de alimentos e compostos de interesse nutricional (KIM; RUNDLE-THIELE; KNOX; BURKE; BOGOMOLOVA, 2020; SCHANES; DOBERNIG; GÖZET, 2018).

Algumas estratégias estão sendo desenvolvidas para reduzir o desperdício de alimentos. A utilização de partes não convencionais (sementes, folhas e talos) como ingrediente alimentar ou produto alimentício é uma delas (KIM; RUNDLE-THIELE; KNOX; BURKE; BOGOMOLOVA, 2020). De acordo com observações realizadas na revisão bibliográfica de Augustin et al. (2020) resíduos vegetais contêm proteínas, lipídeos, fibras alimentares, minerais e outros compostos bioativos que podem ser aplicados como ingredientes alimentares naturais, aditivos ou suplementos com alto valor nutricional. Os dados levantados na revisão bibliográfica publicada como capítulo de livro no presente estudo, indicam compostos bioativos e nutricionais nas sementes de abóbora e resíduos de beterraba, além de apresentar possíveis aplicações dos mesmos na alimentação humana.

Porém existem poucas informações sobre a composição nutricional dos resíduos de beterraba e semente de abóbora, sendo, portanto, um assunto relevante a ser estudado. Dessa forma, na primeira etapa do presente estudo foi realizada a caracterização dos componentes majoritários presentes nos resíduos de beterraba e semente de abóbora *in natura*. As amostras foram liofilizadas, como forma de conservação no período de estocagem.

Os resultados da caracterização dos componentes majoritários apresentaram

alguns pontos em comum entre os resíduos de beterraba e semente de abóbora, enquanto outros pontos divergentes foram observados nos resultados obtidos das análises.

Foi possível verificar que tanto os resíduos de beterraba quanto a semente de abóbora *in natura* apresentaram elevada concentração de fibras alimentares (acima de 40 g/100g de resíduo). As fibras insolúveis foram superiores, quando comparadas com as fibras solúveis, tanto na semente de abóbora quanto no resíduo de beterraba. A partir desses resultados, ambos podem ser considerados como alimentos com “alto teor de fibras” de acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 1998) em que sugere a alegação quando se tem pelo menos 6 g de fibras alimentares em 100g de alimento.

Os resultados também apontaram alto teor de proteínas (acima de 20 g/100g) tanto nos resíduos de beterraba quanto nas sementes de abóbora e de acordo com a RDC nº269 (BRASIL, 2005) a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína para adultos é de 50g e dessa forma, percebe-se que a partir do consumo de 100g de resíduos de beterraba é possível suprir aproximadamente 45% da IDR de proteínas e um consumo de 100g de semente de abóbora pode suprir até 60% da IDR de proteínas. Os carboidratos, tanto nos resíduos de beterraba quanto na semente de abóbora, estavam abaixo de 1 g/100g.

Dessa forma, o consumo dos resíduos de beterraba e semente de abóbora pode colaborar para um aporte nutricional, melhorando a ingestão de fibras alimentares e proteínas da dieta.

Entretanto, dentre os pontos de divergência observados, o teor de lipídeos foi aproximadamente 15 vezes maior na semente de abóbora. Fortes et al. (2020) e Vale et al. (2019) apresentaram em seus trabalhos que as sementes de abóbora são conhecidas pela elevada presença de lipídeos em sua composição, principalmente ácidos graxos mono e poli-insaturados, e de acordo com os autores os resultados para o conteúdo lipídico nas sementes ficam em torno de 35 g/100g, valores muito próximos aos encontrados no presente estudo, sendo portanto, o próprio tipo de alimento o responsável pela diferença.

O teor de cinzas (conteúdo mineral) foi em torno de 4 vezes maior nos resíduos de beterraba, quando comparado com a semente de abóbora. A partir da

observação de outros estudos que caracterizaram farinha de resíduo de beterraba e farinha de semente de abóbora foi possível perceber essa diferença no conteúdo mineral. Silva et al (2015) avaliou o conteúdo de cinzas em semente de abóbora *in natura* e o valor médio foi 5,36 g/100g e Gouvea et al. (2020) avaliou o conteúdo de cinzas em farinha de resíduo de beterraba *in natura* e o valor médio foi 15,29 g/100g. Essa diferença no teor de cinzas pode estar relacionada com as características intrínsecas do vegetal em absorver e armazenar os minerais durante o seu desenvolvimento, além da oferta nutricional do solo durante a produção vegetal.

De acordo com os resultados observados na primeira etapa do presente estudo, percebe-se o potencial nutritivo presente nos resíduos de beterraba e nas sementes de abóbora a partir da elevada concentração de fibras alimentares, proteínas, cinzas e lipídeos.

Na segunda etapa do presente estudo, foi realizada a validação e aplicação de um método analítico por espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS) para a quantificação dos elementos essenciais (cálcio, ferro, magnésio e zinco) presentes nos resíduos de beterraba e semente de abóbora. Os parâmetros avaliados foram Limite de Detecção (LD) e Quantificação (LQ), Linearidade e Sensibilidade, Repetibilidade e Precisão Intermediária (inter-dias) e Recuperação.

Todos os parâmetros de validação se mostraram adequados. O LD e LQ apresentaram concentrações menores que os elementos avaliados. Os valores de R^2 , F calculado da curva analítica, e a equação de regressão, indicaram que as análises realizadas foram apropriadas para a quantificação dos elementos avaliados. Os gráficos de resíduos padronizados da regressão linear (Apêndice B) ficaram livres de tendências devido à distribuição aleatória dos valores no eixo x.

Foi possível aplicar o mesmo processo de mineralização por via úmida (ácido nítrico e peróxido de hidrogênio) para a determinação dos elementos essenciais nas diferentes matrizes. Contudo foi preciso ajustar a massa de amostra utilizada para as amostras de resíduo de beterraba, pois houve a formação de espuma no início da mineralização, sendo necessário reduzir a massa de amostra e manter um curto período sem aquecimento.

Tanto a repetibilidade quanto a precisão intermediária (inter-dias), apresentaram valores de coeficiente de variação (CV) menores que 10%. Para a

precisão intermediária (inter-dias) foi possível avaliar que os resultados de p-valor foram superiores a 0,05 para todos os elementos avaliados, além do F_{tab} (F crítico) foi maior que F calculado para cada elemento. Os valores de recuperação atenderam aos critérios de aceitação estabelecidos pelos guias de validação da AOAC e INMETRO (AOAC, 2016; BRASIL, 2018). Sendo assim, o emprego do método analítico para determinação dos elementos essenciais por FAAS, foi considerado adequado através dos resultados satisfatórios obtidos para todos os parâmetros de validação avaliados.

Dos elementos essenciais avaliados nos resíduos de beterraba (*in natura* e cozido) o magnésio e o cálcio foram os elementos majoritários nas amostras. Já o ferro e o zinco variaram de acordo com a amostra, mas apresentaram concentrações semelhantes, exceto as amostras de resíduo de beterraba do produtor 2. Nesse caso, a média para o ferro foi quase 5 vezes maior que a média do produtor 1. Pelos resultados apresentados, os resíduos de beterraba apresentaram diferença estatística quando se avaliou os produtores de diferentes regiões geográficas, contudo o tratamento térmico não influenciou no teor total dos elementos essenciais. Os resíduos de beterraba podem ser considerados como fonte de cálcio, ferro, magnésio e zinco, e um consumo de 100g de resíduo de beterraba pode suprir 57 a 78% da IDR para cálcio, 73 a 346% da IDR para ferro, 270 a 337% da IDR para magnésio e 53 a 97% da IDR para zinco (BRASIL, 2005, BRASIL, 1998).

Já nas sementes de abóbora (*in natura* e tostadas) o magnésio foi o elemento essencial majoritário em todas as amostras, seguido pelo cálcio, similar ao observado para resíduos de beterraba. Os elementos ferro e zinco variaram de acordo com as amostras, contudo as concentrações foram similares. Os resultados demonstraram que as amostras obtidas de diferentes estabelecimentos apresentaram diferença estatística, para a concentração dos elementos essenciais, porém, quando se avaliou o tratamento térmico (tostagem) não houve influência no teor total dos elementos essenciais. As sementes de abóbora podem ser consideradas como fonte de ferro, magnésio e zinco e um consumo de 100g de sementes de abóbora tostada podem fornecer 56% da IDR para ferro, 240% da IDR para magnésio e 130% da IDR para zinco (BRASIL, 2005, BRASIL, 1998).

Pelo apresentado na segunda etapa do estudo, uma possível explicação para as diferenças existentes no conteúdo total dos elementos essenciais, tanto nos resíduos

de beterraba quanto nas sementes de abóbora, pode estar relacionada com fatores ligados à região e período do ano que o vegetal foi produzido, oferta nutricional presente no solo, oferta hídrica, maturação do vegetal, além de outros possíveis fatores intrínsecos e extrínsecos relacionados ao cultivo do vegetal podem ter influenciado o depósito mineral nos resíduos de beterraba e semente de abóbora (JACINTO et al, 2020; VALE et al, 2019; GRZEGORZEWSKI; CIEĆKO; SZOSTEK, 2017; GALLARDO et al. 2008; CALDEIRA et al, 1999).

Na terceira etapa do estudo, foi realizada a estimativa da bioacessibilidade dos elementos essenciais (cálcio, ferro, magnésio e zinco) aplicando o modelo de digestão *in vitro* padronizado INFOGEST 2.0 proposto por Brodkorb et al. (2019).

As amostras escolhidas de resíduos de beterraba foram B7 – produtor 1 e B4 – produtor 2 na forma *in natura* e cozidas. Os percentuais bioacessíveis de minerais para os resíduos de beterraba variaram de 8,7% a 32,7% para o ferro e de 16,4% a 45,2% para o magnésio, para as amostras *in natura* e cozidas, respectivamente. Pelos resultados avaliados, foi possível perceber que os percentuais bioacessíveis foram superiores na amostra B7 (*in natura* e cozida), obtidas do produtor 1, da cidade de Jaguariúna – SP, tanto para o ferro quanto para o magnésio quando comparada com a amostra B4 (*in natura* e cozida), obtidas do produtor 2, da cidade de Limeira – SP. Pela análise estatística dos diferentes produtores foi possível perceber que para as frações bioacessíveis de magnésio houve diferença entre as amostras, contudo o mesmo não foi observado para o ferro.

As amostras de semente de abóbora escolhidas foram SA 1 e SA 5 na forma *in natura* e tostada. As porcentagens bioacessíveis para a semente de abóbora variaram de 16,48% a 22,45% para o ferro e de 25,38% a 29,72% para o magnésio, para as amostras *in natura* e tostadas, respectivamente. A amostra SA 5 de semente de abóbora apresentou percentuais bioacessíveis superiores para o magnésio quando comparada com a amostra SA 1 e a amostra SA 5 tostada apresentou percentual bioacessível superior para o ferro quando comparada com a amostra SA 1, porém a amostra SA 1 *in natura* apresentou maior percentual bioacessível para o ferro. Pela análise estatística dos diferentes estabelecimentos foi possível perceber que para as frações bioacessíveis de ferro houve diferença entre as amostras, contudo o mesmo não foi observado para o magnésio.

Essas diferenças nos percentuais bioacessíveis nas amostras, tanto do resíduo

de beterraba quanto na semente de abóbora, demonstra que apenas parte dos elementos essenciais presentes nos alimentos está potencialmente disponível após a digestão para serem absorvidos e utilizados pelo organismo. Além disso, os componentes majoritários também podem influenciar favorecendo ou inibindo a disponibilidade dos elementos essenciais presentes nos alimentos.

O ferro não heme é o mais abundante da dieta e estão presente em vegetais folhosos, grãos inteiros, oleaginosas e sementes, entretanto a bioacessibilidade do ferro não heme é estimada entre 5-15%, percebe-se que os percentuais bioacessíveis para os dois tipos de amostras avaliadas na terceira etapa do estudo está próxima ao que é esperado para o ferro de origem vegetal. Essa baixa bioacessibilidade pode ser atribuída à forma química do ferro presente no alimento, à presença de promotores (ácido ascórbico) ou inibidores da absorção do ferro, a presença de compostos conhecidos como fatores antinutricionais como as fibras alimentares, proteínas, lipídeos, ácido fítico, taninos, e polifenóis podem ligar-se aos minerais diminuindo e/ou inibindo sua absorção (ROUSSEAU et al., 2019; CILLA et al., 2019; CHIOCCHETTI et al., 2018; CORTE-REAL; BOHN, 2018)

Os alimentos de origem vegetal apresentam elevada concentração de magnésio, porém a bioacessibilidade estimada do magnésio em alimentos vegetais fica em torno de 30% a 50%, percebe-se que as amostras de resíduo de beterraba e semente de abóbora apresentaram percentuais bioacessíveis próximos ao esperado. Essa baixa bioacessibilidade pode ter relação com a elevada presença de compostos antinutricionais em alimentos de origem vegetal como fibras alimentares, ácido fítico, taninos, polifenóis, oxalatos e outros compostos que podem atuar inibindo ou reduzindo a absorção intestinal de íons divalentes, como o magnésio (CORTE-REAL; BOHN, 2018; GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017; LOPEZ; LEENHARDT; COUDRAY; REMESY, 2002; ETCHEVERRY; GRUSAK; FLEIGE, 2012).

Quando o cozimento foi avaliado nos resíduos de beterraba e a tostagem avaliada nas sementes de abóbora, nenhuma amostra apresentou diferença estatística nas frações bioacessíveis dos elementos ferro e magnésio. Entretanto, quando o percentual bioacessível foi observado, percebeu-se que nas amostras de resíduo de beterraba os percentuais bioacessíveis para o elemento ferro foi superior em 15% nas duas amostras (B4 e B7) que passaram pelo processo de cozimento. Já nas duas amostras de semente de abóbora (SA 1 e SA 5) quando observado o percentual

bioacessível para o elemento magnésio os percentuais bioacessíveis foram 3% superior nas amostras que passaram pelo processo de tostagem. Isso pode ser um indicativo de que nesses casos específicos o processamento térmico doméstico pode ter favorecido a liberação desses elementos, deixando-os mais disponível para serem absorvidos (ROUSSEAU et al., 2020; ROUSSEAU et al., 2019). Contudo, como não houve diferença estatística, não é possível afirmar que foi pelo tratamento térmico esse aumento no percentual.

Os elementos cálcio e zinco não puderam ser quantificados, tanto no resíduo de beterraba quanto na semente de abóbora, isso pode estar relacionado com a forma química insolúvel ou ligação com algum fator antinutricional impediram a liberação da matriz durante a simulação da digestão *in vitro*. As frações bioacessíveis dos dois elementos em todas as amostras estavam abaixo do limite de quantificação (LQ do método para Ca = 2,85 mg/100g; LQ do método para Zn = 1,02 mg/100g). Dessa forma, observa-se que apesar de elevadas concentrações desses dois elementos essenciais no resíduo de beterraba e semente de abóbora após a simulação da digestão *in vitro* (INFOGEST 2.0) não foi possível estimar a bioacessibilidade.

Diversos fatores podem influenciar negativamente a bioacessibilidade de elementos essenciais. Os principais fatores que já foram relatados que podem inibir ou reduzir a absorção do cálcio e zinco são as fibras alimentares, a presença de oxalatos, fitatos, taninos, polifenóis, fosfolipídios, ácidos graxos livres, altas concentrações de proteínas tanto nas sementes de abóbora quanto nos resíduos de beterraba (ROUSSEAU et al., 2019; MENEZES et al., 2018; CORTE-REAL; BOHN, 2018; MENEZES et al., 2018; GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017; FERNANDEZ, JAGUS, AGÜERO, 2017; PEIXOTO et al., 2016; LOPEZ; LEENHARDT; COUDRAY; REMESY, 2002).

CONCLUSÃO GERAL

A caracterização dos compostos majoritários dos resíduos de beterraba demonstrou que eles podem ser considerados fonte de fibras alimentares, proteínas e cinzas, e as sementes de abóbora podem ser consideradas fonte de fibras alimentares, proteínas e lipídeos. Porém, foi observado que existem variações nesses componentes majoritários e isso pode estar condicionado às diferenças existentes entre os produtores.

A partir da quantificação dos elementos essenciais os resíduos de beterraba poderiam ser considerados como fonte de cálcio, ferro, magnésio e zinco, e um consumo de 100g de resíduo de beterraba poderia suprir 57 a 78% da IDR para cálcio, 73 a 346% da IDR para ferro, 270 a 337% da IDR para magnésio e 53 a 97% da IDR para zinco. As sementes de abóbora poderiam ser consideradas fonte de ferro, magnésio e zinco, poderiam fornecer 56% da IDR para ferro, 240% da IDR para magnésio e 130% da IDR para zinco a partir do consumo de 100g de semente de abóbora tostada. Assim como para os componentes majoritários, o teor médio dos elementos essenciais também sofreu alterações de acordo com o produtor e/ou estabelecimento que a amostra foi adquirida.

Entretanto ao se avaliar a bioacessibilidade dos elementos essenciais nos resíduos de beterraba e na semente de abóbora apenas o magnésio e o ferro estavam bioacessíveis, sendo o magnésio o mineral de maior bioacessibilidade. As amostras de diferentes produtores e diferentes estabelecimentos apresentaram diferentes valores. Isso já era esperado, pois podem existir diferenças de solo, clima e oferta hídrica que podem influenciar no depósito mineral nos vegetais. Contudo, o consumo do resíduo de beterraba e semente de abóbora pode contribuir para o aporte de ferro e magnésio, com possibilidade de absorção pelo organismo.

Os minerais cálcio e zinco não puderam ser quantificados em nenhuma das amostras, pois a fração bioacessível, tanto nos resíduos de beterraba quanto na semente de abóbora, estava abaixo do limite de quantificação do método validado e utilizado no presente estudo. Isso pode representar que os elementos em questão estão em formas químicas insolúveis e/ou ligados a compostos conhecidos como fatores antinutricionais que agem como inibidores da absorção mineral.

A partir da caracterização dos resíduos de beterraba (*in natura* e cozidos), de diferentes produtores, com base nos componentes majoritários, elementos essenciais e bioacessibilidade apontam para uma possível utilização das folhas e talos de beterraba na alimentação humana, com destaque para acréscimo de ingestão de magnésio e ferro, e fibras alimentares. As folhas e talos de beterraba podem ser consumidos em recheios de tortas e panquecas, salada ou suco, e na forma de farinha substituindo parte dos ingredientes em bolos, biscoitos e pães.

A partir da caracterização da semente de abóbora *in natura* e tostada, de diferentes estabelecimentos, com base nos componentes majoritários, elementos essenciais e bioacessibilidade apontam para uma possível utilização das sementes de abóbora na alimentação humana, com destaque para acréscimo de ingestão de magnésio e ferro, e fibras alimentares, proteínas e lipídeos. A semente de abóbora tostada já vem sendo consumida como petisco, “snacks”, mas também é possível a utilização da farinha da semente de abóbora para substituir parte dos ingredientes em formulações de bolos, biscoitos e pães.

Esse aproveitamento de partes não convencionais dos alimentos como possível subproduto, pode conferir agregar valor ao produto de origem vegetal, ser outra fonte de renda para os produtores, diminuir a insegurança nutricional e alimentar, além de contribuir para a redução dos resíduos alimentares.

REFERÊNCIAS

- ABDO, E.; EL-SOHAIFY, S.; SHALTOUT, O.; ABDALLA, A.; ZEITOUN, A. Nutritional Evaluation of Beetroots (*Beta vulgaris L.*) and Its Potential Application in a Functional Beverage. **Plants**, v. 9, n. 12, p. 1752, 10 dez. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/plants9121752>.
- AFIFY, A. E. M. R.; EL-BELTAGI, H. S.; EL-SALAM, S. M. A.; OMRAN, A. A. Bioavailability of Iron, Zinc, Phytate and Phytase Activity during Soaking and Germination of White Sorghum Varieties. **Plos One**, v. 6, n. 10, p. 1-7, 7 out. 2011. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0025512>.
- ALEGRÍA-TORÁN, A.; BARBERÁ-SÁEZ, R.; CILLA-TATAY, A. Bioavailability of minerals in foods. **Handbook Of Mineral Elements In Food**, p. 41-67, 24 abr. 2015. John Wiley & Sons, Ltd. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118654316.ch3>.
- ALMANAQUE DO CAMPO. Beterraba. 2019. Disponível em: <<http://www.almanaquedocampo.com.br/verbete/exibir/117>>. Acesso em: 30 jan. 2019.
- AMALRAJ, A.; PIUS, A. Bioavailability of calcium and its absorption inhibitors in raw and cooked green leafy vegetables commonly consumed in India – An in vitro study. **Food Chemistry**, v. 170, p. 430-436, mar. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.031>.
- ANJOS, C. N. *et al.* Desenvolvimento e aceitação de pães sem glúten com farinhas de resíduos de abóbora (*Cucurbita moschata*). *Arquivos de Ciências da Saúde*, v. 24, n. 4, p.58-62, 22 dez. 2017. Faculdade de Medicina de São Jose do Rio Preto - FAMERP. <http://dx.doi.org/10.17696/2318-3691.24.4.2017.870>.
- AOAC (2006). Association of Official Analytical Chemists International. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 2006.
- AOAC (2016). Association of official analytical chemists international. Appendix F: Guidelines for standard method performance requirements.

AUGUSTIN, M.A.; SANGUANSRI, L.; FOX, E.M.; COBIAC, L.; COLE, M.B.. Recovery of wasted fruit and vegetables for improving sustainable diets. **Trends In Food Science & Technology**, v. 95, p. 75-85, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.010>.

BABARYKIN, D.; SMIRNOVA, G.; PUNDINSH, I.; VASILJEVA, S.; KRUMINA, G.; AGEJCHENKO, V. Red Beet (*Beta vulgaris*) Impact on Human Health. **Journal Of Biosciences And Medicines**, v. 07, n. 03, p.61-79, 2019. Scientific Research Publishing, Inc.. <http://dx.doi.org/10.4236/jbm.2019.73007>.

BENEVIDES, C. M. J. *et al.* Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n. 2, p.67-79, 10 fev. 2015. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/san.v18i2.8634679>.

BILDANOVA, L.L.; SALINA, E.A.; SHUMNY, V.K. Main properties and evolutionary features of antifreeze proteins. **Russ J Genet Appl Res** 3, 66–82 (2013). <https://doi.org/10.1134/S207905971301005X>

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BOEN, T. R.; PALLONE, J. A. L. Folic acid, iron and zinc contents in chosen food products prepared with fortified flours. **Cereal Chemistry**, v.86, n.6, p.695-700, 2009.

BONEMANN, D. H.; LUCKOW, A. C. B.; PEREIRA, C. C.; SOUZA, A. O.; CADORE, S.; NUNES, A. M.; VIEIRA, M. A.; RIBEIRO, A. S. Determination of total concentration and bioaccessible fraction of metals in tomatoes and their derivatives by MIP OES. **Journal Of Food Composition And Analysis**, v. 96, p. 103716, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103716>.

BOSCHI, K. **Caracterização das propriedades químicas e antioxidantes da semente, germinados, flores, polpa e folha desenvolvida de abóbora (*Cucurbita pepo L.*)**. 2015. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Qualidade e Segurança Alimentar, Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança, 2015.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 269, de**

22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005.** Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, 23 de setembro de 2005. Seção 1, p.368-369

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Orientações sobre Validação de Métodos de Ensaio Químicos, DOQ-CGCRE-008**, 2018, 20 p.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998.** Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). 1998.

BRODKORB, A. et al. INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. *Nature Protocols*, v. 14, n. 4, p.991-1014, 18 mar. 2019. **Springer Nature**. <http://dx.doi.org/10.1038/s41596-018-0119-1>.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; PEREIRA, J. C.; DELLA-FLORES, J. B.; SANTOS, E. M. 1999. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acácia mearnsii* de Wild no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, 1999.

CÁMARA-MARTOS, F., OBREGÓN-CANO, S., MESA-PLATA, O., CARTEA-GONZÁLEZ, M. E., HARO-BAILÓN, A. Quantification and in vitro bioaccessibility of glucosinolates and trace elements in *Brassicaceae* leafy vegetables. **Food Chemistry**, 339, 127860. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.127860>

CARVALHO, K. C. M.; NACHTIGALL, A. M.; GARCIA, C. J. A. D.; NATEL, A. S. Características bromatológicas e terapêuticas da farinha de resíduos de abóbora: revisão sistemática. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 1-9, 2 abr. 2021. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13749>.

CHHIKARA, N.; KUSHWAHA, K.; SHARMA, P.; GAT, Y.; PANGHAL, A. Bioactive

compounds of beetroot and utilization in food processing industry: a critical review.: A critical review. **Food Chemistry**, v. 272, p. 192-200, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.022>.

CHIOCCHETTI, G.; FERNANDES, E. N.; WAWER, A.; FAIRWEATHER-TAIT, S.; CHRISTIDES, T. *In Vitro* Iron Bioavailability of Brazilian Food-Based by-Products. **Medicines**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 45, 16 maio 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/medicines5020045>.

CILLA, A.; BARBERÁ, R.; LÓPEZ-GARCÍA, G.; BLANCO-MORALES, V.; ALEGRÍA, A.; GARCIA-LLATAS, G. Impact of processing on mineral bioaccessibility/bioavailability. **Innovative Thermal And Non-Thermal Processing, Bioaccessibility And Bioavailability Of Nutrients And Bioactive Compounds**, [S.L.], p. 209- 239, 2019. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-814174-8.00007-x>.

CORREA GIL, Y. D. L. A.; PICCOLI, C.; STEFFENS, C. Aproveitamento integral de alimentos: avaliação físico-química de bolos à base de abóbora de pescoço (*Cucurbita moschata*). **Revista Da Associação Brasileira De Nutrição - RASBRAN**, 10(1), 109–116. Recuperado de <https://rasbran.com.br/rasbran/article/view/1177>

CORTE-REAL, J.; BOHN, T. Interaction of divalent minerals with liposoluble nutrients and phytochemicals during digestion and influences on their bioavailability – a review. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 252, p. 285-293, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.113>.

COSTA, A. P. D. **Aproveitamento de resíduos de cenoura e beterraba da indústria de minimamente processados para elaboração de ingredientes funcionais**. 2015. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

COZZOLINO, S. M. F. **Deficiências de minerais. Estudos avançados**, v. 21, n. 60, p. 119-126, 2007.

COZZOLINO, S. M. F. Biodisponibilidade de minerais. **Revista de Nutrição**, v. 10, n. 2, p. 87- 98, jun. 1997. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-52731997000200001>.

CROCETTI, A. et al. Determinação da composição centesimal a partir de dois métodos de secagem para a produção da farinha de beterraba (*Beta vulgaris*, L. – Família *Amaranthaceae*). **Visão Acadêmica**, v. 17, n. 4, mar. 2017. ISSN 1518-8361. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/academia/article/view/51359>>. Acesso em: 17 dez. 2021. Doi: <https://dx.doi.org/10.5380/acd.v17i4.51359>.

CUCO, R. P.; CARDOZO-FILHO, L.; SILVA, C. Simultaneous extraction of seed oil and active compounds from peel of pumpkin (*Cucurbita maxima*) using pressurized carbon dioxide as solvent. **The Journal Of Supercritical Fluids**, v. 143, p.8-15, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2018.08.002>.

CUCO, R. P.; MASSA, T. B.; POSTAUE, N.; CARDOZO-FILHO, L.; SILVA, C.; IWASSA, I. J. Oil extraction from structured bed of pumpkin seeds and peel using compressed propane as solvent. **The Journal Of Supercritical Fluids**, v. 152, p. 1-7, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104568>.

CZECH, A.; STĘPNIOWSKA, A.; WIĄCEK, D.; SUJAK, A.; GRELA, E. R. The content of selected nutrients and minerals in some cultivars of *Cucurbita maxima*. **British Food Journal**, v. 120, n. 10, p.2261-2269, out. 2018. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/bfj-10-2017-0599>.

DAHDOUH, S.; GRANDE, F.; ESPINOSA, S. N.; VINCENT, A.; GIBSON, R.; BAILEY, K.; KING, J.; RITTENSCHÖBER, D.; CHARRONDIÈRE, U. R. Development of the FAO/INFOODS/IZINCG Global Food Composition Database for Phytate. **Journal Of Food Composition And Analysis**, v. 78, p. 42-48, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2019.01.023>.

DAIUTO, É.R.; VIEITES, R.L.; PIGOLI, D.R.; CARVALHO, L.R.. Estabilidade de Minerais em Hortaliças Submetidas a Diferentes Métodos de Cozimento. **Nativa**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 102-108, 25 jun. 2015. Revista Nativa. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v03n02a05>.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R.. **Química de Alimentos** Fennema. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DEAN, J. R., MA, R. **Atomic Absorption, Atomic Emission and Inductively Coupled**

Plasma Spectroscopies in Food Analysis. In ÖTLEŞ, S. (Ed.), Handbook of Food Analysis Instruments, 525 p., 2008.

DEL-VECHIO, G. *et al.* Efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita spp.*) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p.369-376, abr. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542005000200014>.

DHIMAN, A. K; BAVITA, K.; ATTRI, S.; RAMACHANDRAN, P. Preparation of pumpkin powder and pumpkin seed kernel powder for supplementation in weaning mix and cookies. **International Journal Of Chemical Studies**, India, v. 6, n. 5, p.167-175, 10 ago. 2018.

DRAGO, Silvina Rosa. Minerals. **Nutraceutical And Functional Food Components**, [S.L.], p. 153-181, 2022. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-323-85052-0.00009-x>.

ELINGE, M. C.; MUHAMMAD, A.; ATIKU F. A.; ITODO, U. A.; PENI J. I.; SANNI M. O.; MBONGO N. A. Proximate, Mineral and Anti-nutrient Composition of Pumpkin (*Cucurbita pepo L*) Seeds Extract. **International Journal Of Plant Research**, [S.L.], v. 2, n. 5, p. 146-150, 1 dez. 2012. Scientific and Academic Publishing. <http://dx.doi.org/10.5923/j.plant.20120205.02>.

ETCHEVERRY, P.; GRUSAK, M. A.; FLEIGE, L. E. Application of in vitro bioaccessibility and bioavailability methods for calcium, carotenoids, folate, iron, magnesium, polyphenols, zinc, and vitamins B6, B12, D, and E. **Frontiers In Physiology**, v. 3, p.1-22, 2012. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2012.00317>.

EUROPEAN COMMISSION. Waste framework directive: by-products. 2021. Disponível em: < https://ec.europa.eu/environment/waste/framework/by_products.htm>. Acesso em: 06 mai., 2021.

FAO, Organização das Nações Unidas para a alimentação e agricultura. **Desperdício de alimentos**. 2017. Elaborada por Carlos Antônio Ferraro Biasi. Disponível em: <http://www.abrasnet.com.br/pdf/Apresesnt_FAO.pdf>. Acesso: 20 aug. 2021.

FERNANDEZ, M. V; JAGUS R. J; AGÜERO, M. V; Evaluations and characterization of

nutritional, microbiological and sensory properties of beet greens; **Acta Scientific**; Acta Scientific Nutritional Health; 1; 3; 7-2017; 37-45

FORTES, R. R.; BRIGAGÃO, T. C. S.; LOURENÇO, C. O.; CARVALHO, E. E. N.; TAVANO, O. L.; GARCIA, J. A. D.; NACHTIGALL, A. M.; BOAS, B. M. V. Caracterização física e química de farinha de arroz, farinhas de cascas de abacaxi e banana e farinha de sementes de abóbora. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 9, p. 1-17, 23 ago. 2020. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7293>.

FRANZOSI, D.; DANELUZ, H. C.; BARATTO, I. Níveis de desperdício de partes não convencionais de produtos utilizados diariamente em um restaurante no sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, São Paulo, v. 12, n. 69, p.66- 75, jan/fev. 2018.

FREITAS, C. J.; VALENTE, D. R.; CRUZ, S. P. Caracterização física, química e sensorial de biscoitos confeccionados com farinha de semente de abóbora (FSA) e farinha de semente de baru (FSB) para celíacos. **Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 9, n. 4, p.1003-1018, 5 dez. 2014. Universidade de Estado do Rio de Janeiro.

GHARIBZAHEDI, S. M. T.; JAFARI, S. M. The importance of minerals in human nutrition: bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. **Trends In Food Science & Technology**, v. 62, p. 119-132, abr. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.017>.

GIL, Y. L. A. C.; PICCOLI, C.; STEFFENS, C. Aproveitamento integral de alimentos: avaliação físico-química de bolos à base de abóbora de pescoço (*Cucurbita moschata*). **Rasbran - Revista da Associação Brasileira de Nutrição**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 109-116, jan.-jun. 2019

GOMES, A. P. O.; FERREIRA, M. A.; CAMARGO, J. M.; ARAËJO, M. O.; MORTOZA, A. S.; MOTA, J. F.; COELHO, A. S. G.; CAPITANI, C. D.; COLTRO, W. K. T.; BOTELHO, P. B.. Organic beet leaves and stalk juice attenuates HDL-C reduction induced by high-fat meal in dyslipidemic patients: a pilot randomized controlled trial. **Nutrition**, [S.L.], v. 65, p. 68-73, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2019.03.004>.

GOUVEA, I. F. S.; MACIEL, M. P. R.; CARVALHO, E. E. N.; BOAS, B. M. V.;

NACHTIGALL, A. M. Caracterização física e química de farinha de talo de beterraba. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 15814-15823, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n3-452>.

GRZEGORZEWSKI, K.; CIEĆKO, Z.; SZOSTEK, R.. Influence of mineral fertilization on the yield and macroelement content in sugar beet. **Acta Agrophysica**, S.I., v. 24, n. 2, p. 221-237, 2017.

GWALA, S.; KYOMUGASHO, C.; WAINAINA, I.; ROUSSEAU, S.; HENDRICKX, M.; GRAUWET, T. Ageing, dehulling and cooking of Bambara groundnuts: consequences for mineral retention and in vitro bioaccessibility. **Food & Function**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 2509-2521, 2020. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c9fo01731c>.

HAIJHOSSEINI, S.; SETORKI, M.; HOOSHMADI, Z. The antioxidant activity of *Beta vulgaris* leaf extract in improving scopolamine-induced spatial memory disorders in rats. **Avicenna J Phytomed**, Iran, v. 7, n. 5, p. 417-425, jul. 2017.

HERNANDES, N. K., **Aplicação de baixas doses de radiação gama para extensão da vida útil de beterraba vermelha (*Beta vulgaris ssp. vulgaris L.*)**, cv. Early Wonder, minimamente processada. Tese (doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia. 90p – 2006.

HERNANDES, N. K.; CONEGLIAN, R. C. C.; GODOY, R. L. O.; VITAL, H. C.; FREIRE JUNIOR, M. Testes sensoriais de aceitação da beterraba vermelha (*Beta vulgaris ssp. vulgaris L.*), cv. Early Wonder, minimamente processada e irradiada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S.L.], v. 27, p. 64-68, ago. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20612007000500011>.

HIGASHIJIMA, N. S.; LUCCA, A.; REBIZZ, L. R. H.; REBIZZI, L. M. H. Fatores antinutricionais na alimentação humana. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 27, p. 1-16, 10 dez. 2019. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/san.v27i0.8653587>.

IBGE.INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2017. Censo Agro Resultados Preliminares. Disponível <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.htm?localidade=0&tema=76409> em Acesso em 29 de janeiro de 2019.

IAL.INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** - São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008 p. 1020

JACINTO, G.; STIEVEN, A.; MACIEL, M. J.; SOUZA, C. F. V. Effect of potato peel, pumpkin seed, and quinoa flours on sensory and chemical characteristics of gluten-free breads. **Brazilian Journal of Food Technology**, 23, e2019169. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.16919>

JUN, H.; LEE, C.; SONG, G.; KIM, Y. Characterization of the pectic polysaccharides from pumpkin peel. **Lwt - Food Science And Technology**, v. 39, n. 5, p. 554-561, jun. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2005.03.004>

KASSA, H. **Study on The Effect of Traditional Cooking of Leafy Vegetables on the Content of Vitamin C, Essential Minerals and Antioxidant Activity**. 2016. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Food Science And Nutrition Program, Addis Ababa University School Of Graduate Studies, Addis Ababa, Ethiopia, 2016.

KHALID, S.; NASEER, A.; SHAHID, M.; SHAH, G. M.; ULLAH, M. I.; WAQAR, A.; ABBAS, T.; IMRAN, M.; REHMAN, F. Assessment of nutritional loss with food waste and factors governing this waste at household level in Pakistan. **Journal Of Cleaner Production**, v. 206, p.1015-1024, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.138>.

KHOUZAM, R. B.; POHL, P.; LOBINSKI, R. Bioaccessibility of essential elements from white cheese, bread, fruit and vegetables. **Talanta**, v. 86, p.425-428, out. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2011.08.049>.

KIEWLICZ, J.; RYBICKA, I. Minerals and their bioavailability in relation to dietary fiber, phytates and tannins from gluten and gluten-free flakes. **Food Chemistry**, v. 305, p. 1-6, fev. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125452>.

KORNDÖRFER, K.; MACIEL, M. J.; SOUZA, C. F. V. Determinação de minerais em hortaliças orgânicas e convencionais cultivadas no Vale do Taquari, RS. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 9, n. 1, p.1637-1646, 30 jul. 2015. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/rbta.v9n1.1448>.

KORUS, A. Changes in the content of minerals, B-group vitamins and tocopherols in processed kale leaves. **Journal Of Food Composition And Analysis**, v. 89, p. 1-7, jun. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103464>.

KREUTZ, D. H.; WEIZENMANN, M.; MACIEL, M. J.; SOUZA, C. F. V. de. Avaliação das Concentrações de Nitrato e Nitrito em Hortaliças Produzidas em Cultivos Convencional e Orgânico na Região do Vale do Taquari – RS. **Unopar Cient Ciênc Biol Saúde**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 105-110, 2012.

KRIMER-MALELEVIĆ, V.; MAĐAREV-POPOVIĆ, S.; VALTAG, Ž.; RADULOVIĆ, L.; PERIČIN, D.. Phenolic Acids in Pumpkin (*Cucurbita pepo L.*) Seeds. **Nuts And Seeds In Health And Disease Prevention**, p. 925-932, 2011. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-375688-6.10109-4>.

KUMARI, N.; SINDHU, S. C. Nutrient and mineral compositions of developed value added cookies incorporating germinated pumpkin seed powder. **International Journal Of Chemical Studies**, Haryana, v. 7, n. 3, p.4583-4586, abr. 2019.

LAFUENTE, B.; LÓPEZ-GARCÍA, G.; MAÑEZ, V.; ALEGRÍA, A.; BARBERÁ, R.; CILLA, A. Evaluation of the Bioaccessibility of Antioxidant Bioactive Compounds and Minerals of Four Genotypes of *Brassicaceae* Microgreens. **Foods**, [S.L.], v. 8, n. 7, p. 250, 9 jul. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/foods8070250>.

LAMO, B.; GÓMEZ, M. Bread Enrichment with Oilseeds. A Review. **Foods**, v. 7, n. 11, p. 191-204, 20 nov. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/foods7110191>.

LASTA, H. F. B. **Potencial antioxidante dos extratos dos resíduos de beterraba vermelha (*Beta vulgaris L.*) obtidos a alta e a baixa pressão**. 2017. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

LAZARTE, C. E.; CARLSSON, N.; ALMGREN, A.; SANDBERG, A.; GRANFELDT, Y. Phytate, zinc, iron and calcium content of common Bolivian food, and implications for mineral bioavailability. **Journal Of Food Composition And Analysis**, v. 39, p. 111-119, maio 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2014.11.015>.

LIANGPANTH, T.; SASANATAYART, R. Effect of Thermal Treatments on Antioxidant Properties of Pumpkin Flesh and Their Stability during in-vitro Gastrointestinal Digestion. **Food And Applied Bioscience Journal**, Thailand, p.118-130, mar. 2019.

LIMA, P. M.; RUBIO, F. T. V.; SILVA, M. P.; PINHO, L. S.; KASEMODEL, M. G. C.; FAVARO-TRINDADE, C. S.; DACANAL, G. C.. Nutritional Value and Modelling of Carotenoids Extraction from Pumpkin (*Cucurbita Moschata*) Peel Flour By-Product. **International Journal Of Food Engineering**, v. 15, n. 5-6, p. 1-15, 13 mar. 2019. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/ijfe-2018-0381>.

LIMA, P. C.; SOUZA, B. S.; SANTINI, A. T.; OLIVEIRA, D. C. Aproveitamento agroindustrial de resíduos provenientes do abacaxi “pérola” minimamente processado. **Holos**, v. 2, p.122-136, 29 ago. 2017. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2017.5238>.

LIPINSKI, B. et al. Reducing Food Loss and Waste. World Resources Institute Working Paper, Installment 2 of Creating a Sustainable Food Future World Resources Institute, Washington, DC (2013) Disponível online em: <https://www.wri.org/research/reducing-food-loss-and-waste>. Acesso em: 14 out. 2021.

LIU, K.; ZHENG, J.; WANG, X.; CHEN, F. Effects of household cooking processes on mineral, vitamin B, and phytic acid contents and mineral bioaccessibility in rice. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 280, p. 59-64, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.053>.

LOPES, J. M.; GARCÊZ, R. W.D.; SILVA, L. B.; SILVA, R. C.; DOMINGUES, A. M.; SILVA, A. X.; DAM, R. S.F.. Committed effective dose due to consumption of fruits and vegetables peels: analysis on cancer risk increase.:Analysis on cancer risk increase. **Radiation Physics And Chemistry**, v. 167, p. 1-6, fev. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.03.047>

LOPEZ, H.W.; LEENHARDT, F.; COUDRAY, C.; REMESY, C. Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition?. **International Journal of Food Science & Technology**, 37: 727-739. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00618.x>

LORIZOLA, I.; FURLAN, C.; PORTOVEDO, M.; MILANSKI, M.; BOTELHO, P.; BEZERRA, R.; SUMERE, B.; ROSTAGNO, M.; CAPITANI, C. Beet Stalks and Leaves

(*Beta vulgaris L.*) Protect Against High-Fat Diet-Induced Oxidative Damage in the Liver in Mice. **Nutrients**, v. 10, n. 7, p. 872, 5 jul. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/nu10070872>.

LOUZADA, M. L. C. et al. Impact of ultra-processed foods on micronutrient content in the Brazilian diet. **Revista de Saúde Pública**, v. 49, p.1-8, 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-8910.2015049006211>

ŁOZNA K.; STYCZYNSKA M.; HYLA J.; BIENKIEWICZ M.; FIGURSKA-CIURA D.; BIERNAT J.; BRONKOWSKA M. *Mineral composition of tree nuts and seeds*. **J. Elem.**, 25(2): 745 - 756. DOI: 10.5601/jelem.2019.24.4.1915

MACIEL, M. P. R.; GOUVEA, I. F. S.; CIRILLO, M. A.; BOAS, B. M. V.; NACHTIGALL, A. M. Estudo da mistura de farinhas de talos de beterraba, flocos de aveia e farinha de trigo e sua influência sob a cor de biscoitos tipo cookies. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 20622-20636, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n4-295>.

MARTIN-RIOS, C.; DEMEN-MEIER, C.; GÖSSLING, S.; CORNUZ, C. Food waste management innovations in the foodservice industry. **Waste Management**, [S.L.], v. 79, p. 196- 206, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.033>.

MENEZES, E. A.; OLIVEIRA, A. F.; FRANÇA, C. J.; SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A.. Bioaccessibility of Ca, Cu, Fe, Mg, Zn, and crude protein in beef, pork and chicken after thermal processing. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 240, p. 75-83, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.090>.

MILLER, D.D. *et al.* An *in vitro* method for estimation of iron availability from meals. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 34, p. 2248-2256, 1981

MILLER, D. D., RUTZKE, M. A. **Atomic Absorption Spectroscopy, Atomic Emission Spectroscopy, and Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry**. New York: Springer Science Business Media, 602p., 2010.

MINEKUS, M. *et al.* A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food – an international consensus. **Food Funct.**, v. 5, n. 6, p.1113-1124, 2014. Royal Society of

Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c3fo60702j>.

MISHRA, S.; SHARMA, K. Development of pumpkin peel cookies and its nutritional composition. **Journal Of Pharmacognosy And Phytochemistry**, Rajasthan, v. 8, n. 4, p. 370- 372, 09 jun. 2019.

MONTEIRO, A. B. **Valor nutricional de partes convencionais e não convencionais de frutas e hortaliças**. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

MONTESANO, D.; ROCCHETTI, G.; PUTNIK, P.; LUCINI, L. Bioactive profile of pumpkin: an overview on terpenoids and their health-promoting properties. : an overview on terpenoids and their health-promoting properties. **Current Opinion In Food Science**, v. 22, p. 81-87, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2018.02.003>.

MOORE, P.H. Sugarcane and Sugarbeet. **Encyclopedia Of Applied Plant Sciences**, p. 273-280, 2017. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-394807-6.00007-1>.

NIZIOŁ-ŁUKASZEWSKA, Z.; GAWĘDA, M. Influence of cultivar on the content of selected minerals in red beet roots (*Beta vulgaris L.*). **Folia Horticulturae**, v. 28, n. 2, p. 143-150, 1 dez. 2016. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/fhort-2016-0017>.

NOMKONG, R. F.; EJOH, R. A.; DIBANDA, R. F.; GABRIEL, M. N. Bioavailability of Iron and Related Components in Cooked Green Leafy Vegetables Consumed in Cameroon. **Food And Nutrition Sciences**, v. 10, n. 09, p. 1096-1111, 2019. Scientific Research Publishing, Inc.. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2019.109079>.

OLIVEIRA, L. C. P. **Utilização de polpa e resíduos de beterraba para o aproveitamento tecnológico na formulação de iogurte concentrado**. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, 2017. Cap. 3.

PALLONE, J. A. L.; SILVA, D. P. P. Potencial nutricional e bioativo de resíduos de vegetais no contexto de “waste zero” e agregação de valor: uma revisão sistemática. **Agricultura e Agroindústria no Contexto do Desenvolvimento Rural Sustentável**, [S.L.], p. 316-331, 2021. Editora Científica Digital. <http://dx.doi.org/10.37885/210805824>.

PARFITT, J.; BARTHEL, M.; MACNAUGHTON, S. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. **Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1554, p.3065-3081, 27 set. 2010. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2010.0126>.

PATEL, S.; RAUF, A. Edible seeds from *Cucurbitaceae* family as potential functional foods: immense promises, few concerns. : Immense promises, few concerns. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 91, p. 330-337, jul. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopha.2017.04.090>.

PEIXOTO, R. R.A.; DEVESA, V.; VÉLEZ, D.; CERVERA, M. L.; CADORE, S. Study of the factors influencing the bioaccessibility of 10 elements from chocolate drink powder. **Journal Of Food Composition And Analysis**, [S.L.], v. 48, p. 41-47, maio 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2016.02.002>.

PEREIRA, G. I. S. et al. Avaliação química da folha de cenoura visando ao seu aproveitamento na alimentação humana. **Cienc. Agrotec.**, Lavras, v. 27, n. 4, p.852-857, jul./ago. 2003.

PEREIRA, A. M.; BONEMANN, D. H.; SCHERDIEN, S. H.; ÁVILA, B. P.; ANTUNES, I. F.; RIBEIRO, A. S.; GULARTE, M. A. Evaluation of total and bioaccessible concentration of minerals in creole beans. **Journal Of Food Composition And Analysis**, [S.L.], v. 94, p. 1-9, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103622>.

PERIČIN, D.; KRIMER, V.; TRIVIĆ, S.; RADULOVIĆ, L. The distribution of phenolic acids in pumpkin's hull-less seed, skin, oil cake meal, dehulled kernel and hull. **Food Chemistry**, v. 113, n. 2, p. 450- 456, mar. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.079>.

PREMAOR, M. O.; BRONDANI, J. E. Nutrição e saúde óssea: a importância do cálcio, fósforo, magnésio e proteínas. **Revista da Amrigs**, Porto Alegre, v. 60, n. 3, p.253-263, jul./set. 2016.

PRIORI, D.; VALDUGA, E.; VILLELA, J. C. B.; MISTURA, C. C.; VIZZOTTO, M.; VALGAS, R. A.; BARBIERI, R. L.. Characterization of bioactive compounds, antioxidant activity and minerals in landraces of pumpkin (*Cucurbita moschata*) cultivated in Southern

Brazil. **Food Science And Technology**, v. 37, n. 1, p.33-40, 21 jul. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.05016>.

PROSKY, L. et al.; Determination of total dietary fibre in foods and food product: collaborative study. **Journal Association off Analytical Chemistry**, 1985, Chapter 68, p. 677.

RAMÍREZ-OJEDA, A.M.; MORENO-ROJAS, R.; CÁMARA-MARTOS, F.. Mineral and trace element content in legumes (lentils, chickpeas and beans): bioaccessibility and probabilistic assessment of the dietary intake. **Journal Of Food Composition And Analysis**, [S.L.], v. 73, p. 17-28, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2018.07.007>.

REBELLATO, A. P. et al. Iron in fortified biscuits: A simple method for its quantification, bioaccessibility study and physicochemical quality. **Food Research International**, v. 77, p.385-391, nov. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.028>.

REBELLATO, A. P. et al. Effect of different iron compounds on rheological and technological parameters as well as bioaccessibility of minerals in whole wheat bread. **Food Research International**, v. 94, p. 65-71, abr. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.01.016>.

RICO, X.; GULLÓN, B.; ALONSO, J. L.; YÁÑEZ, R. Recovery of high value-added compounds from pineapple, melon, watermelon and pumpkin processing by-products: an overview. : An overview. **Food Research International**, v. 132, p. 1-21, jun. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109086>.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Update on natural food pigments - A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. **Food Research International**, v. 124, p. 200-205, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.028>.

RODRIGUEZ-RAMIRO, I.; DELL'AQUILA, C.; WARD, J.L.; NEAL, A.L.; BRUGGRABER, S.F.A.; SHEWRY, P.R.; FAIRWEATHER-TAIT, S.. Estimation of the iron bioavailability in green vegetables using an in vitro digestion/Caco-2 cell model. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 301, p. 125292, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125292>.

ROJAS, V. M.; MARCONI, L. F. C. B.; GUIMARÃES-INÁCIO, A.; LEIMANN, F. V.; TANAMATI, A.; GOZZO, Â. M.; FUCHS, R. H. B.; BARREIRO, M. F.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. Formulation of mayonnaises containing PUFAs by the addition of microencapsulated chia seeds, pumpkin seeds and baru oils. **Food Chemistry**, v. 274, p. 220-227, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.015>.

ROUSSEAU, S.; KYOMUGASHO, C.; CELUS, M.; YEASMEN, N.; HENDRICKX, M. E.; GRAUWET, T. Zinc bioaccessibility is affected by the presence of calcium ions and degree of methylesterification in pectin-based model systems. **Food Hydrocolloids**, v. 90, p. 206-215, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.019>.

ROUSSEAU, S.; KYOMUGASHO, C.; CELUS, M.; HENDRICKX, M. E. G.; GRAUWET, T. Barriers impairing mineral bioaccessibility and bioavailability in plant-based foods and the perspectives for food processing. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition**, v. 60, n. 5, p. 826-843, 11 jan. 2020. InformaUK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2018.1552243>.

SAHUQUILLO, A.; BARBERÁ, R.; FARRÉ, R. Bioaccessibility of calcium, iron and zinc from three legume samples. **Food/Nahrung**, v. 47, n. 6, p. 438-441, 2003.

SALEHI, F.; AGHAJANZADEH, S. Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: a review. : A review. **Trends In Food Science & Technology**, v. 95, p. 162-172, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.011>.

SANCHES, V. L. **Estudo da bioaccessibilidade e biodisponibilidade de elementos metálicos em leite e bebidas à base de soja**. 2018. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

SANCHEZ-MORITO, N; PLANELLS, E.; ARANDA, P; LLOPIS, J. Influence of magnesium deficiency on the bioavailability and tissue distribution of iron in the rat. **The Journal Of Nutritional Biochemistry**, v. 11, n. 2, p. 103-108, fev. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0955-2863\(99\)00076-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0955-2863(99)00076-5).

SANDBERG, A.; AHDERINNE, R.. HPLC Method for Determination of inositol Tri-, Tetra-, Penta-, and Hexaphosphates in Foods and Intestinal Contents. **Journal Of Food Science**, v. 51, n. 3, p.547-550, maio 1986. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365->

2621.1986.tb13875.x.

SANTOS, M. A. T.. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócoli, couve-flor e couve. *Ciência e Agrotecnologia*, 2006, 30.2: 294-301.

SCHANES, K.; DOBERNIG, K.; GÖZET, B. Food waste matters - A systematic review of household food waste practices and their policy implications. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 182, p. 978-991, maio 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.030>.

SERDAROGLU M.; KAVUSAN H.S.; IPEK G.; OZTURK B. Avaliação da qualidade de rissóis de carne de bovino formulados com polpa e sementes de abóbora secas. *Korean J Food Sci Anim Resour*. 2018; 38: 1–13.

SHARMA, A. *et al.* Comparative evaluation of physico-chemical attributes of different portions of *C. moschata* and *C. maxima* species of pumpkin. **International Journal Of Chemical Studies**, India, v. 6, n. 2, p.3209-3213, fev. 2018.

SILVA, J. B. et al. Biscoitos enriquecidos com farinha de semente de abóbora como fonte de fibra alimentar. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 7, n. 4, p.174-184, 2015.

SILVA, L. M. M.; SOUSA, F. C.; FEITOSA, M. K. S. B.; CRUZ, C. S. A.; SOUSA, E. P. Qualidade físico-química de farinha da semente de abóbora desidratada em estufa a 40°C. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 5, p. 154-159, dez. 2011.

SILVA, J. G. S.; ORLANDO, E. A.; REBELLATO, A. P.; PALLONE J. A. L. Optimization and validation of a simple method for mineral potential evaluation in citrus residue. **Food Analytical Methods**, 10 (6) (2017), pp. 1899-1908, <http://dx.doi.org/10.1007/s12161-016-0748-3>

SINGH, P.; PRASAD, S. Determination of ascorbic acid and its influence on the bioavailability of iron, zinc and calcium in Fijian food samples. **Microchemical Journal**, v. 139, p.119-124, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2018.02.019>.

SINGH, P.; PRASAD, S.; AALBERSBERG, W. Bioavailability of Fe and Zn in selected

legumes, cereals, meat and milk products consumed in Fiji. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 207, p.125-131, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.029>.

SINHA, K.; KHARE, V. Review on: Antinutritional factors in vegetable crops. **The Pharma Innovation Journal**, Indi, v. 12, n. 6, p. 353-358, nov. 2017.

SKOOG, D. A., HOOLER, F. J., NIEMAN, T. A. Principles of instrumental analysis. **Florida: Saunders Colege Publishing**, 700p., 1998.

SOUZA, A. O.; SILVA, E. N.; PEREIRA, C. C.; CADORE, S.; RIBEIRO, A. S.; VIEIRA, M. A. Characterization of the Bioaccessibility of Minerals from Commercial Breakfast Cereals by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP OES). **Analytical Letters**, [S.L.], v. 54, n. 18, p. 2874-2882, 26 mar. 2021. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00032719.2021.1899196>.

SOUZA, M. M. P.; MATTANNA, P. Desenvolvimento de produtos enriquecidos com farinha de talos de beterraba. **Revista Eletrônica Bociências, Biotecnologia e Saúde**, Curitiba, v. 20, p.16-26, ago. 2018

STORCK, C. R. et al. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: prova nutricional, exame na alimentação e análise sensorial de preparações. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 3, p.537- 543, mar. 2013.

SULIBURSKA, J.; KREJPCIO, Z. Evaluation of the content and bioaccessibility of iron, zinc, calcium and magnesium from groats, rice, leguminous grains and nuts. **Journal Of Food Science And Technology**, [S.L.], v. 51, n. 3, p. 589-594, 29 set. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-011-0535-5>.

TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011. 161 p.

TALAN, A.; TIWARI, B.; YADAV, B.; TYAGI, R.D.; WONG, J.W.C.; DROGUI, P.. Food waste valorization: energy production using novel integrated systems. **Bioresource Technology**, v. 322, p. 124538, fev. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124538>

THEODOROPOULOS, V. C. T.; TURATTI, M. A.; GREINER, R.; MACEDO, G. A.; PALLONE, J. A. L. Effect of enzymatic treatment on phytate content and mineral bioaccessibility in soy drink. **Food Research International**, [S.L.], v. 108, p. 68-73, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.018>.

TINOCO, L. P. N. et al. Perfil de Aminoácidos de Farinha de Semente de Abóbora. *Unopar Cient Ciênc Biol Saúde*, v. 3, n. 14, p.149-153, abr. 2012.

TIVELLI S. W. et al. **Beterraba: do plantio à comercialização**, Campinas: Instituto Agrônomo, 2011. 45p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 210)

TOGNON, A. L. **Quantificação e avaliação da bioaccessibilidade in vitro de micro e macroelementos em frutas, hortaliças e cereais**. 2012. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade de São Paulo - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, São Carlos, 2012.

VALE, C. P.; LOQUETE, F. C. C.; ZAGO, M. G.; CHIELLA, P. V.; BERNARDI, D. M. Composição e propriedades da semente de abóbora. **Fag Journal Of Health (Fjh)**, [S.L.], v. 1, n. 4, p. 79-90, 20 dez. 2019. Centro Universitario da Fundacao Assis Gurgacz - Fag Journal Of Health. <http://dx.doi.org/10.35984/fjh.v1i4.95>.

VERONEZI, C. M.; JORGE, N. Aproveitamento de sementes de abóbora (*Cucurbita sp*) como fonte alimentar. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p.113-124, jan. 2012.

VIEIRA, K. H.; LIMA, F. R.; MELO, R.; PEREIRA, K. C.; OLIVEIRA, C. D.; MENDES, C. F.; PINTO, N. A. V. D.; SOUZA, P. M. Caracterização da farinha de semente de abóbora obtida por secagem em micro-ondas e estufa. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 22267-22283, 2021. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n3-100>.

VON MASSOW, M.; PARIZEAU, K.; GALLANT, M.; WICKSON, M.; HAINES, J.; MA, D. W. L.; WALLACE, A.; CARROLL, N.; DUNCAN, A. M.. Valuing the Multiple Impacts of Household Food Waste. **Frontiers In Nutrition**, [S.L.], v. 6, p. 1-17, 4 set. 2019. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fnut.2019.00143>.

XANTHOPOULOU, M. N.; NOMIKOS, T.; FRAGOPOULOU, E.; ANTONOPOULOU, S. Antioxidant and lipoxygenase inhibitory activities of pumpkin seed extracts. *Food Research International*, v. 42, n. 5-6, p.641-646, jun. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2009.02.003>.

XIA, Q. *et al.* Minerals in vitro bioaccessibility and changes in textural and structural characteristics of uncooked pre-germinated brown rice influenced by ultra-high pressure. *Food Control*, v. 71, p. 336-345, 2017.

APÊNDICE A

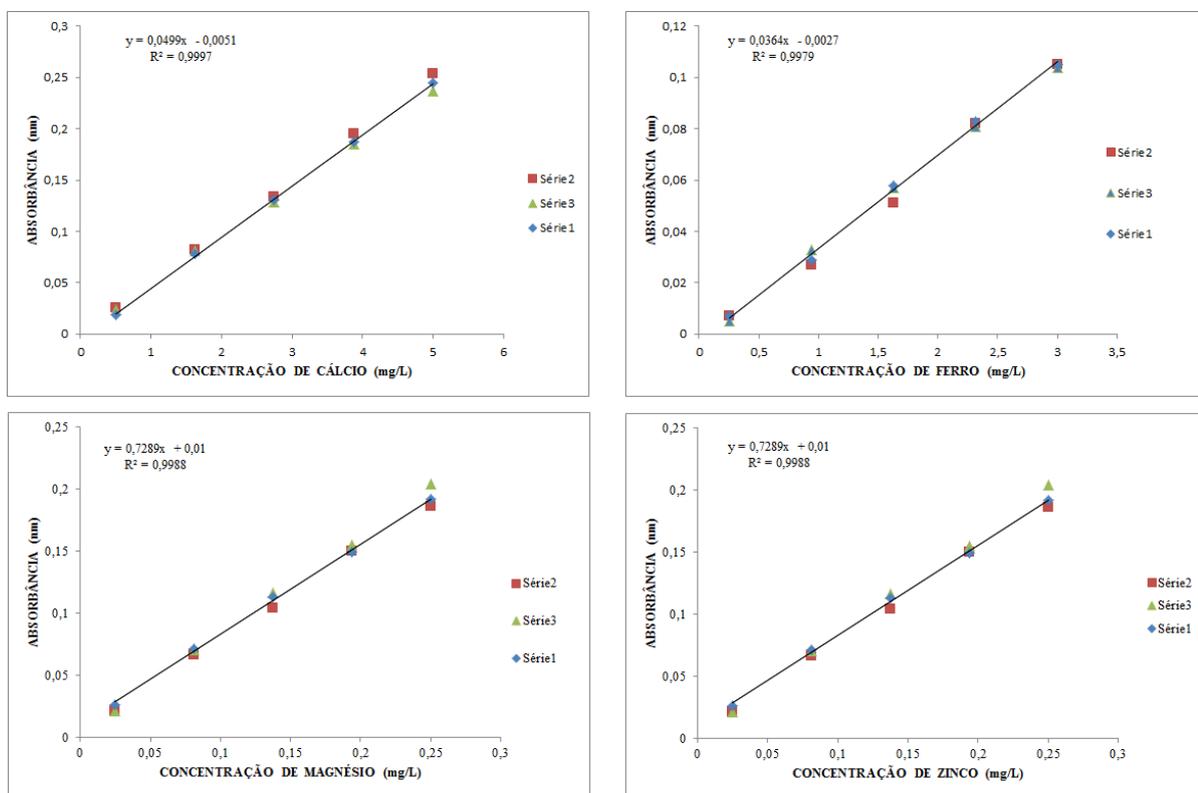


Figura 1. Curvas analíticas e equações de regressão para determinação de cálcio, ferro, magnésio e zinco

APÊNDICE B

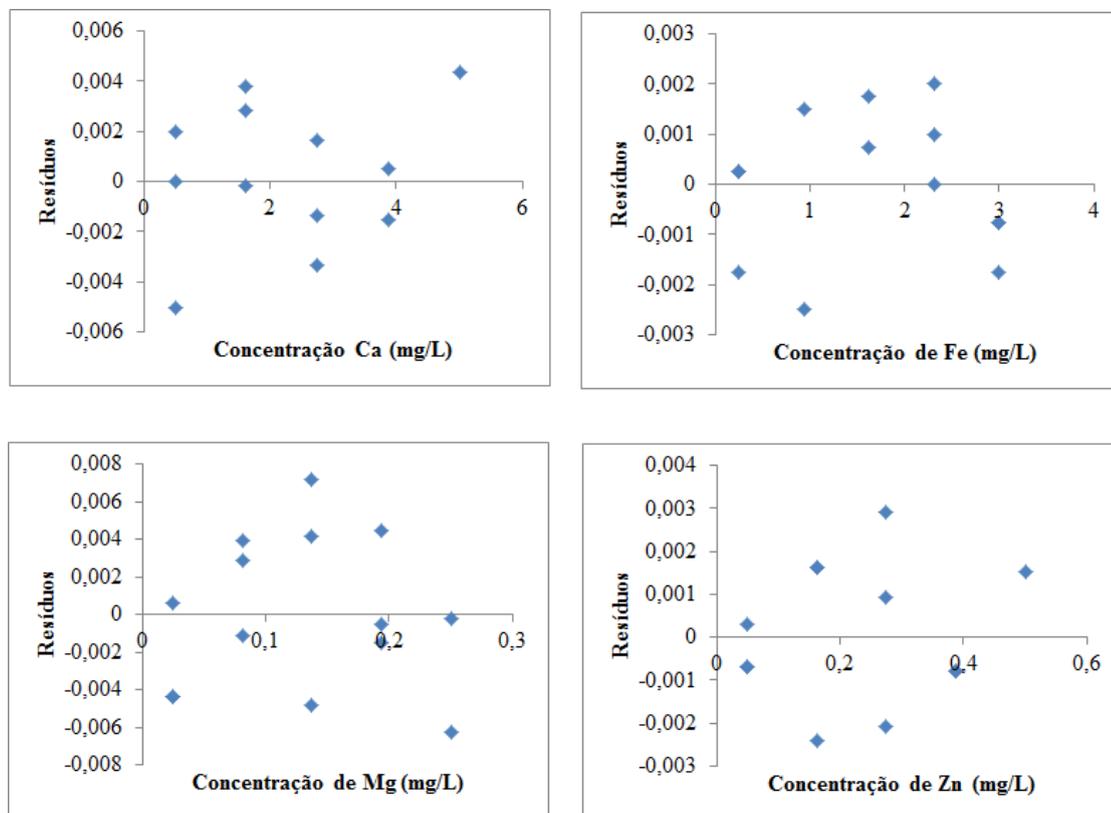


Figura 2. Gráficos de resíduos para os elementos cálcio, ferro, magnésio e zinco

APÊNDICE C

Tabela 1. Avaliação da recuperação nas amostras de resíduo de abóbora.

Mineral	Concentração Inicial (mg/L)*	Concentração adicionada (mg/L)	Concentração na amostra fortificada (mg/L)*	Recuperação (%)*
Cálcio	300,16	75,00	378,42	104,29
	300,16	150,00	458,05	105,20
Ferro	75,73	37,00	112,01	97,85
	75,73	75,00	150,04	98,12
Magnésio	5245,66	1311,00	6565,89	100,67
	5245,66	2622,00	7870,39	100,07
Zinco	65,28	32,00	99,81	107,89
	65,28	65,00	135,90	108,65

*Valores médios

Tabela 2. Avaliação da recuperação nas amostras de resíduos de beterraba.

Mineral	Concentração Inicial (mg/L)*	Concentração adicionada (mg/L)	Concentração na amostra fortificada (mg/L)*	Recuperação (%)*
Cálcio	3839,23	480,00	4319,32	100,00
	3839,23	960,00	4784,75	99,00
Ferro	110,25	55,00	163,98	98,00
	110,25	110,00	217,16	97,00
Magnésio	5512,13	689,00	6212,73	102,00
	5512,13	1378,00	6942,78	103,00
Zinco	31,99	32,00	63,19	98,00
	31,99	64,00	89,55	90,00

*Valores médios