Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas
Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos
Curso de Bacharelado em Química

Trabalho de Conclusão de Curso

Avaliação da Contaminação e Perdas de Constituintes Durante o Cozimento da Lentilha e da Ervilha

Júlia Chagas Martin

Pelotas, 2023

Júlia Chagas Martin

Avaliação da Contaminação e Perdas de Constituintes Durante o Cozimento da Lentilha e da Ervilha

Monografia apresentada referente ao curso de Bacharelado em Química da Universidade Federal de Pelotas, com requisito para a obtenção do título de Bacharel em Química.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Schwingel Ribeiro

Pelotas, 2023

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia de conclusão de curso com obtenção do grau de Bacharel em Química pela Universidade Federal de Pelotas

Avaliação da Contaminação e Perdas de Constituintes Durante o Cozimento da Lentilha e da Ervilha

Elaborado por
Júlia Chagas Martin

Data da defesa: 11/05/2023
Comissão examinadora:

Prof. Dr. Anderson Schwingel Ribeiro (Orientador)
Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

Profª. Drª. Adriane Medeiros Nunes
Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

Profª. Drª. Mariana Antunes Vieira (Convidada)
Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, Odilon e Lisandra, por todo o suporte durante a graduação. Pelo incentivo de nunca desistir, por estarem comigo nos melhores e piores momentos e por não medirem esforços para fazer com que meu sonho fosse realizado.

Ao meu irmão Murilo, por todos os momentos que esteve ao meu lado, me ajudando no que fosse preciso e compartilhando conhecimentos. Por todas as vezes que foi meu ouvinte, tanto para bons acontecimentos quanto para reclamações.

À minha filha de quatro patas Cacau, por ser meu porto seguro e estar comigo sempre. Por todas as vezes em que cheguei em casa cansada e fui recebida com muito amor e carinho.

Ao meu companheiro Felipe, por todos os momentos bons compartilhados comigo. Por estar sempre ao meu lado me incentivando e sabendo lidar com meus dias ruins e tornando-os melhores. Por não medir esforços para que meu sonho fosse realizado.

Às minhas amigas e irmãs, Flávia, Diovana e Yris, por aguentarem minhas manhãs de mau humor e fazerem meu dia melhor. Por todo apoio e por todos os anos de amizade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Anderson pela oportunidade de realização deste trabalho e por todo conhecimento compartilhado.

À Daisa, ao Charlie, à Yasmin e à Jéssica, por terem me acolhido tão bem e terem corrido contra o tempo para que este trabalho fosse possível. Por toda paciência e conhecimentos compartilhados.

Aos demais colegas do LabMeQui, por toda ajuda e conhecimento. E por ter sido recebida e tratada tão bem.

Aos amigos que fiz na universidade, por todos os momentos bons que de alguma forma ou outra tornaram meu dia melhor. Por toda ajuda compartilhada em dias de prova e trabalhos.

À Universidade Federal de Pelotas e aos órgãos de fomento pelo suporte financeiro.

Por fim, à todos que de alguma forma ou outra contribuíram para a realização deste trabalho e minha formação acadêmica, muito obrigado.

MARTIN, Júlia Chagas. **Avaliação da Contaminação e Perdas de Constituintes Durante o Cozimento da Lentilha e da Ervilha**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharelado em Química) - Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2023.

RESUMO

Ricas em vitaminas, fibras, proteínas, minerais e compostos bioativos, as leguminosas estão presentes na dieta humana há milhares de anos. Possuem uma diversidade de elementos essenciais para o bom funcionamento do nosso organismo. Porém, a grande maioria dessas leguminosas, passa por tratamentos térmicos como o cozimento, antes de serem consumidas. Esses processos podem afetar o teor de minerais presentes nos alimentos, visto que há uma migração dos mesmos para a água na qual os alimentos são submetidos, e isso pode ocasionar problemas no nosso corpo. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a contaminação e perdas de constituintes durante o cozimento da lentilha e da ervilha, através de uma determinação multielementar de Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn nas amostras de água de cocção e molho da lentilha e ervilha. Para tal propósito, foi utilizado a decomposição ácida com sistema de refluxo como método de preparo de amostras, aplicando condições mais adequadas. A técnica utilizada para a quantificação dos elementos foi a Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Induzido por Micro-ondas (MIP OES). Após as amostras passarem pelo pré tratamento e processo de cozimento, foi observado a presença de alguns elementos nas amostras de água analisadas, afirmando a perda de minerais. Essas perdas podem ser justificadas pela solubilidade dos elementos, que quando submetidos ao processo de lixiviação, os íons solúveis migram do alimento para a água. O K se apresentou o elemento majoritário em todas as amostras de água analisadas, pelo fato de estar presente em maiores quantidades no solo e assim sendo absorvidos para a planta e posteriormente para o alimento. Nas amostras de água de cocção da ervilha, água de cocção da lentilha e água de molho da lentilha, as concentrações de K variaram de 85,2 a 139,3 mg kg^{-1}, 925 a 1.361 mg kg^{-1} e 1.951 a 2.200 mg kg^{-1}, respectivamente. Além disso, as leguminosas são ricas em compostos fenólicos que desempenham um papel fundamental no nosso organismo, agindo como antioxidantes e anti-inflamatórios. Logo, o teor desses compostos pode ser alterado quando submetemos os alimentos a processos térmicos. Assim, foram analisados por Espectrofotometria de Absorção Molecular (UV-Vis), utilizando o reagente Folin-Cicalteu, as amostras de água de cocção e de molho da ervilha e lentilha. Onde a amostra de água de molho da lentilha apresentou maior teor de compostos fenólicos com 336,6 mg/100g de GAE. Outro fator importante é a análise do teor de umidade em amostras de alimentos, a fim de verificar padrões de identidade. Nas análises realizadas para determinar o teor de umidade, a amostra B de lentilha cozida, apresentou maior teor que as demais analisadas com 85,8%.

Palavras-chave: Água de cocção; água de molho; compostos polifenólicos; decomposição ácida; leguminosas; MIP OES.

Lista de Figura

Figura 1 Reação de redução do molibdênio, elemento presente no reagente Folin-Ciocalteau, pelo ácido gálico……..……..……... 18

Figura 2 Desenho esquemático do sistema de refluxo (dedo frio), onde A: dedo frio, B: tubo de digestão e C: dedo frio acoplado ao tubo digestor……...……. 20

Figura 3 Desenho esquemático do sistema de refluxo com auxílio de dedo frio acoplado ao tubo de decomposição, onde 1: entrada de água; 2: saída de água; 3: encaixe de politetrafluoretileno (PTFE); 4: ranhura para alívio da pressão e 5: frasco de reação……...……... 20

Figura 4 Instrumento de MIP OES e seus principais componentes…… 23

Figura 5 Espectrofotômetro de Absorção Molecular na região Ultravioleta e Visível (UV-Vis)..... 24

Figura 6 Diagrama esquemático de um espectrofotômetro……..… 25

Figura 7 Amostra de lentilha *in natura* ……..……..... 28

Figura 8 Amostra de ervilha congelada……. 28

Lista de Tabelas

Tabela 1 Parâmetros operacionais do MIP OES para determinação multielementar……. 27

Tabela 2 Valores encontrados para teor de umidade……... 31

Tabela 3 Teor de polifenóis totais nas amostras da água de cocção da ervilha, expressos em mg/100g de GAE……... 32

Tabela 4 Teor de polifenóis totais nas amostras da água de cocção e água de molho da lentilha, expressos em mg/100g de GAE……. 32

Tabela 5 Parâmetros de mérito para Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn, obtidos por MIP OES…….. 34

Tabela 6 Concentrações totais de Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn em amostras de água do cozimento de três diferentes marcas de ervilha em mg kg $^{-1}$…….. 36

Tabela 7 Concentrações totais de Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn em amostras de água do cozimento de três diferentes marcas de lentilha em mg kg $^{-1}$…….. 42

Tabela 8 Concentrações totais de Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn em amostras de água de molho de três diferentes marcas de lentilha em mg kg $^{-1}$……..….. 46

Lista de Abreviaturas e Siglas

a	Inclinação da curva de calibração
AAS	Espectrometria de Absorção Atômica, do inglês *Atomic Absorption Spectrometry*
F AAS	Espectrometria de Absorção Atômica em Chama, do inglês *Flame Atomic Absorption Spectrometry*
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, do inglês *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
GF AAS	Espectrometria de Absorção Atômica em Forno de Grafite, do inglês *Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry*
IDR	Ingestão Diária Recomendada
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ICP MS	Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado, do inglês *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*
ICP OES	Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado, do inglês *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*
LD	Limite de detecção, do inglês *Limit of detection*
MIP OES	Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Induzido por Microondas, do inglês *Microwave Induced Plasma Optical Emission Spectrometry*
PTFE	Politetrafluoroetileno
R	Coeficiente de correlação linear
RSD	Desvio-padrão relativo, do inglês *Relative standard deviation*
SD	Desvio-padrão, do inglês Standard deviation
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, do inglês *United States Department of Agriculture*
UV	Ultravioleta
VIS	Visível

Sumário

1. Introdução.....12

2. Revisão bibliográfica.....13

2.1. Leguminosas..... 13

2.2. Processo de cocção e pré-tratamento..... 14

2.3. Fatores antinutricionais..... 15

2.4. Elementos essenciais e não essenciais..... 16

2.5. Teor de umidade.....17

2.6. Compostos fenólicos.....17

2.7. Determinação elementar e Técnicas analíticas..... 18

2.7.1 Preparo de amostras..... 18

2.7.2. Técnicas de espectrometria atômica para análise elementar.....21

2.7.3. Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Induzido por Micro-ondas (MIP OES)..... 22

2.7.4. Espectrofotometria de Absorção Molecular (UV-Vis).....24

3. Objetivo.....25

3.1. Objetivo Geral.....25

3.2. Objetivos Específicos.....25

4. Materiais e Métodos.....26

4.1. Materiais.....26

4.2. Reagentes..... 26

4.3. Instrumentação.....26

4.4. Amostras..... 28

4.5. Preparo da amostra.....29

4.6. Análise do teor de umidade.....29

4.7. Análise de teor de compostos fenólicos.....30

4.8. Parâmetros de mérito..... 30

4.8.1. Faixa Linear de trabalho e linearidade.....31

5. Resultados e Discussões..... 31

5.1. Análise de teor de umidade..... 31

5.2. Análise de compostos fenólicos..... 32

5.3. Parâmetros de mérito..... 33

5.4. Determinação da concentração total em água do cozimento da ervilha..... 35

5.5. Determinação da concentração total em água do cozimento da lentilha..... 41

5.6. Determinação da concentração total em água do molho da lentilha..... 45

6. Conclusão..... 48

7. Referências Bibliográficas..... 48

1. Introdução

As leguminosas fazem parte de uma família de plantas, conhecidas como *Fabacea* e estão presentes na dieta humana há milhares de anos (Iqbal et al., 2006; FAO, 2019). São consideradas excelentes fontes de proteínas, vitaminas, minerais e fibras, de acordo com o ponto de vista nutricional.

Conhecidas como excelentes fontes de proteínas, a lentilha e a ervilha apresentam diversos minerais em sua composição, os quais são essenciais para as funções fisiológicas do corpo. Os elementos que podem ser encontrados nessas leguminosas são o Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P e Zn (Karakoy et al., 2012; Kumar&Pandey, 2020). Porém, as leguminosas como ervilha e lentilha, ao passarem por um tratamento térmico como o cozimento, antes do consumo, podem liberar íons solúveis para a água de cocção através do processo de lixiviação, acarretando na perda desses nutrientes nos alimentos a serem ingeridos.

Essa água de cocção, também conhecida como "aquabafa", extrai os nutrientes presentes nos alimentos, logo, possui alto teor de proteínas, vitaminas e minerais, podendo ser prejudicial a saúde se ingerida, visto que acarretaria em diversos tipos de doenças como pressão alta, anemia, enfraquecimento dos ossos e músculos, entre outro (Zoroddu et al., 2019).

E sendo assim, se faz cada vez mais necessário o desenvolvimento de métodos analíticos simples e de baixo custo para a determinação elementar na água de cocção de alimentos. A utilização da decomposição ácida com sistema de refluxo, se apresenta a alternativa mais viável dentre os métodos de preparo de amostras, pois possui simplicidade, menor custo, além de evitar perdas de elementos e reagente por volatilização (Oreste et al., 2013).

Além disso, as leguminosas também são ricas em compostos fenólicos que desempenham um papel fundamental no nosso organismo, agindo como antioxidantes e anti-inflamatórios. Esses compostos fenólicos podem ser divididos em quatro classes: flavonoides, estilbenos, lignanos e ácidos fenólicos. Leguminosas como a ervilha e a lentilha, se destacam devido a presença de flavonoides. Porém, em decorrência dos tratamentos térmicos que as leguminosas são submetidas, o teor de compostos fenólicos pode sofrer alterações. A técnica de Espectrofotometria de Absorção Molecular (UV-Vis) se destaca neste tipo de análise, pois quantifica um complexo azul, formado através da reação dos polifenóis presentes nas amostras com o reagente específico do complexo redox Folin-Ciocalteu (Hudz

et al., 2019).

Já para a determinação elementar, a Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Induzido por Micro-ondas se destaca dentre as demais. É uma técnica multielementar que apresenta boa sensibilidade para grande número de elementos, segura e de baixo custo, pelo fato da operação do plasma não necessitar da utilização de gases caros e inflamáveis (Agilent Technologies, 2015).

O presente estudo, é um seguimento do estudo realizado por Silva, (2023), onde foram analisadas as concentrações totais dos metais em amostras de lentilha cozida e ervilha cozida. Porém, vista a importância dos benefícios nutricionais que o consumo correto da lentilha e ervilha podem trazer para a saúde humana e que as mesmas podem sofrer alterações na sua composição quando submetidas ao processo de cocção, devido às características dos elementos como solubilidade dos íons presentes nesses alimentos, o presente estudo tem como objetivo avaliar as perdas de constituintes presentes na água, após o cocção da lentilha e ervilha.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Leguminosas

As leguminosas são culturas de plantas da família *Fabaceae*, podem ser formadas por cerca de 19.000 espécies e fazem parte do nosso cotidiano, através da dieta a milhares de anos (Iqbal et al., 2006; Ojeda, 2016; FAO, 2019). São ricas em proteínas, fibras, vitaminas e aminoácidos e por isso desempenham um papel fundamental na dieta humana, pois auxilia na redução e/ou prevenção de doenças cardiovasculares, câncer, diabetes, obesidade, entre outras. Ajuda também na diminuição dos níveis de colesterol e regula os níveis de glicose no sangue, através do seu efeito hipocolesterolêmico (Joshi et al., 2017; Ojeda, 2016; FAOSTAT, 2022).

Com o passar dos anos as proteínas de origem animal estão sendo cada vez mais substituídas por proteínas vegetais, por serem consideradas a fonte mais acessível e barata de ingestão de proteínas, seja por questões culturais e/ou econômicas (Iqbal et al., 2006; Joshi et al., 2017).

As leguminosas ainda possuem uma capacidade de fixação biológica de nitrogênio nas plantas, através de um sistema de rotação, que tem como objetivo a conservação do solo. O

mesmo se baseia no cultivo de determinadas culturas em um sistema de rotação com outras culturas, gerando assim benefícios para cultivos orgânicos, como a melhora na fertilização e a redução da utilização de fertilizantes nitrogenados (Farooq et al., 2017; Jezierny et al., 2020).

A lentilha (*Lens Culinária Medik*) é uma das leguminosas mais antigas e é originárias principalmente do Canadá. Apresenta elevado valor nutritivo por ser rica em proteínas, vitaminas, fibras, carboidratos, compostos oxidantes e minerais como Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P e Zn. É considerada uma fonte de proteína de origem vegetal mais acessível e barata quando comparada com as de origem animal e por isso está presente na dieta humana há muitos anos (Ojeda et al., 2018; Karakoy et al., 2012; Iqbal et al., 2006; FAO, 2019). Apesar de diversos fatores que podem influenciar na qualidade da lentilha como genótipo, clima, solo e sistema de cultivo, sua composição varia de 21 a 31% de proteína (Nleya et al., 2004; Bhaty, 1988; Joshi et al., 2017).

A ervilha (*Pisum Sativum L.)* também é considerada uma leguminosa mais antiga, sendo cultivada desde 6.000 aC e é originária do Oriente Médio (FAO, 2019; Grant et al., 2003). São consideradas boas fontes de fibras, carboidratos, vitaminas como tiamina, riboflavina e niacina e minerais como Ca, Fe, K, Mg, Mn, P e Zn. É uma excelente fonte de proteínas, podendo variar de 21,2 a 32,9%, dependendo da influência de fatores ambientais e genéticos (Kumar&Pandey, 2020; Nascimento, 2016). As ervilhas podem ser consumidas de diversas maneiras, porém a ervilha congelada ganha destaque, devido a vida da população mundial estar baseada na praticidade, assim a maioria das pessoas optam por alimentos congelados que requerem um menor tempo de preparo, além da pronta disponibilidade em casa (Carvalho, 2007; Yonny et al., 2018).

2.2. Processo de cocção e pré-tratamento

O processo de cocção nada mais é que o processo de cozimento na qual alguns alimentos são submetidos antes do consumo. Existem diversos métodos de cocção, dentre eles a ebulição, que consiste em cozinhar os alimentos, em líquido abundante, a uma temperatura de 100 ºC. Porém esse processo pode acarretar em perdas de nutrientes hidrossolúveis do alimento para a água (Lee et al., 1981). Essa água de cocção, também conhecida como “aquabafa” e se apresenta com alto teor de proteínas, vitaminas e minerais, porém na maioria das vezes essa água de cocção dos alimentos é descartada, porém um fato curioso é que ela

pode ser reutilizada como, por exemplo, em algumas receitas veganas, substituindo a clara do ovo (Zoroddu et al., 2019).

A perda de nutrientes pode estar relacionada com o processo de lixiviação, que ocorre quando o alimento que está sendo cozido interage com a água de cocção em altas temperaturas e pressão. Isso faz com que os íons solúveis em água presente no alimento, migrem para a água de cocção, deixando os alimentos menos nutritivos (Mohammad et al., 2011).

Fatores como solubilidade e pH influenciam mais a migração de elementos do alimento para a água de cocção. O solo onde as plantas desses alimentos nascem e crescem, também está ligado a essa influência, uma vez que os íons presentes no solo podem se mover para a planta e posteriormente para o alimento (Duarte, 2019).

Diversos estudos sobre o efeito do processo de cocção na perda de nutrientes de alimentos são encontrados na literatura, porém a grande maioria analisa os alimentos crus e cozidos e não a água de cocção.

Alguns alimentos ainda passam por um processo de pré tratamento, onde são deixados de molho por um determinado tempo, com o objetivos de eliminar antinutrientes e sujeiras que os mesmos podem possuir. É um método bastante comum na culinária doméstica, na qual é utilizado também para reduzir a dureza dos grãos. Porém esse processo pode influenciar também na perda de nutrientes essenciais e não essenciais dos alimentos, uma vez que a remoção parcial desses nutrientes junto com compostos nitrogenados formados, acarreta na degradação química da proteína nos nutrientes solúveis em água (Huma et a., 2008; Onayemi et al., 1986).

2.3. Fatores antinutricionais

O consumo de leguminosas, incluindo lentilhas e ervilhas, trazem benefícios para a saúde humana, devido ao seu elevado teor de nutrientes, conforme já citado anteriormente. Porém, as leguminosas podem apresentar compostos antinutricionais, que são compostos naturais que afetam a utilização dos nutrientes no organismo humano, principalmente proteínas, vitaminas e minerais que se ligam a esses compostos, o que faz com que reduza sua absorção no trato gastrointestinal (Ojeda, 2016).

Os principais compostos antinutricionais encontrados nas leguminosas são o ácido fítico, os compostos fenólicos (taninos condensados), os oxalatos e os inibidores de protease e

amilase. Por formar complexos insolúveis de minerais-fitato, o ácido fítico tem efeito inibitório na absorção de minerais como Fe, Zn, Ca e Mg (Ojeda, 2016). Os compostos fenólicos afetam a digestibilidade das proteínas e a disponibilidade de vitaminas e minerais, como principalmente o Fe e o Ca (Joshi et al., 2017; Ojeda, 2016). Os oxalatos também podem afetar a disponibilidade de minerais, eles se ligam aos cátions metálicos divalentes como Ca, Mg e Fe. Já os inibidores de protease e amilase, reduzem a digestibilidade das proteínas e carboidratos (Ojeda, 2016).

Contudo, é possível que ocorra a redução ou até mesmo a eliminação, desses fatores antinutricionais, através de pré tratamento como imersão, cozimento, germinação e descascamento (Ojeda, 2016; Ramírez-Cárdenaz et al., 2008; Wang et al., 2008).

2.4. Elementos essenciais e não essenciais

Elementos essenciais são os elementos mais importantes e necessários para o bom funcionamento do organismo humano. São responsáveis por desempenhar funções como a ativação de reações enzimáticas, regulação da função celular, crescimento e manutenção. Eles podem ser classificados como macrominerais, que são o P, K, Na, Mg e Ca, e microminerais/oligoelementos, que são o Mn, Fe, Cu, Zn, Se, Co e Mo (Mlyniec et al., 2014; Karakoy et al., 2012).

Elementos não essenciais são os elementos que não desempenham nenhuma função biológica conhecida no organismo como o As, Cd, Cr, Hg e Pb. Porém, a presença desses elementos no organismo humano, mesmo que em baixas concentrações, é tóxica, podendo ocasionar disfunções renais e hepáticas e doenças como o câncer (Shaheen et al., 2020; Khaneghah et al., 2020).

A principal fonte de ingestão desses elementos essenciais e não essenciais é através de alimentos (Fowler et al., 2015). Assim, leguminosas como lentilha e ervilha são exemplos de alimentos ricos em minerais, o que torna fundamental a importância de obter informações das concentrações totais, que esses alimentos podem perder durante processos térmicos realizados antes do consumo.

A falta ou deficiência dos elementos essenciais no organismo, podem ser prejudiciais à saúde, logo, esse desequilíbrio na concentração pode causar distúrbios metabólicos e danos aos órgãos, o que pode acarretar em doenças crônicas. Diante disso, existe uma Ingestão Diária Recomendada (IDR) para esses elementos que são essenciais, na qual é baseada em

valores estudados de acordo com gêneros e idades, que sejam suficientes para cobrir perdas desses elementos (Massabni, 2006).

2.5. Teor de umidade

Ter conhecimento sobre a composição centesimal dos alimentos na qual ingerimos é de grande importância, para uma avaliação dos nutrientes ingeridos. Dentre os parâmetros físico-químicos, a umidade de um alimento representa a água contida no mesmo, podendo ser encontrada como umidade de superfície, que se refere a água livre (parte externa do alimento) ou como umidade de absorção, que se refere a água ligada (parte interna do alimento). A umidade de absorção é a maior parte de umidade presente nos alimentos e pode ser facilmente removida sob aquecimento (Freiria, 2018)

2.6. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são estruturas químicas que apresentam hidroxilas e anéis aromáticos, nas formas simples ou como polímeros, e estão presentes em pouca quantidade em alimentos de origem vegetal. São originários do metabolismo secundário das plantas, atuando no crescimento e reprodução das mesmas (Vizzoto et al., 2010).

Atua também como antioxidante devido suas estruturas químicas possuírem propriedades redutoras e essa ação pode ser dividida em primárias e secundárias. Os antioxidantes primários são compostos que atuam no retardamento ou inibição do processo de oxidação por meio de inativação de radicais, já os antioxidantes secundários atuam na desaceleração do processo de autoxidação, através da complexação de íons metálicos (Luzia et, al, 2009).

Esses compostos fenólicos podem ser determinados através de diversos métodos. Porém o reagente Folin-Ciocalteau ganha destaque na maioria dos estudos encontrados na literatura. Ele é uma mistura de ácidos fosfomolibídico e fosfotúngstico, na qual o molibdênio e o tungstênio se apresentam em estado oxidativo 6^+, o que resulta na formação do complexo $Na_2MoO_4 \cdot H_2O$ de coloração amarela. Esse complexo formado quando em contato com agentes redutores como os compostos fenólicos, ocasiona a formação dos complexos molibdênio-tungstênio $[(PMoW_{11}O_4)^{4-}]$ de coloração azul, onde os metais se apresentam em estado oxidativo entre 5^+ e 6^+. Diante dessa mudança de coloração, a quantificação do teor

das espécies redutoras presentes nas água de cocção e molho é possível através da espectrofotometria e de um padrão como o ácido gálico, caracterizado por ser um ácido fenólico (Rodrigues, 2012; Hudz et al., 2019).

Na Figura 1, é apresentada a desprotonação do padrão fenólico em meio básico, ocasionando a formação ânion fenolato, onde a partir disto, o reagente Folin-Ciocalteau reage com o ânion formado, fazendo com que o molibdênio presente no reagente, sofra redução e o meio reacional altere a cor de amarelo para azul (Oliveira et al., 2009).

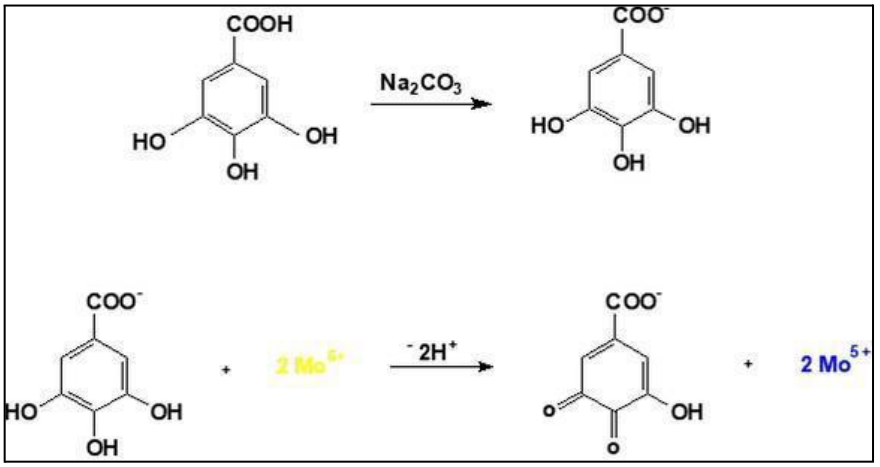

Figura 1. Reação de redução do molibdênio, elemento presente no reagente Folin-Ciocalteau, pelo ácido gálico. Fonte: Oliveira et al., 2009.

2.7. Determinação elementar e Técnicas analíticas

2.7.1 Preparo de amostras

A grande maioria das técnicas analíticas que visam uma análise elementar, requerem a introdução de amostras no equipamento de análise na forma de uma solução aquosa. Assim, a fim de romper ligações e estruturas cristalinas, é necessário realizar a diluição ou dissolução total ou parcial das amostras, para que os analitos sejam liberados em solução e a análise seja possível (Oliveira, 2003).

A etapa de preparo de amostra é a mais importante dentre toda a sequência analítica (Oliveira, 2003; Krug, 2004). A partir disto, se faz necessário a realização de métodos de preparo de amostras que forneçam bons resultados em pouco tempo, com mínima contaminação e que sejam de baixo custo de reagentes e menor geração de resíduos.

Os métodos de preparo de amostras podem ser divididos: em decomposição por via seca e decomposição por via úmida. A decomposição por via seca se baseia na eliminação da matéria orgânica através da oxidação proveniente do oxigênio do ar, o que resulta em resíduos inorgânicos (cinzas) solúveis em alguns ácidos. Porém, este método pode apresentar algumas desvantagens como perdas de elementos de volatilização e riscos de contaminação. A decomposição por via úmida consiste na utilização de um agente oxidante juntamente com uma fonte de energia. Esse agente oxidante pode ser ácidos como HNO_3, HCl, H_2SO_4, $HClO_4$, HF ou uma mistura deles como o H_2O_2.

As decomposições podem ser realizadas tanto em sistemas abertos como chapa de aquecimento, mufla e bloco digestor, quanto em sistemas fechados como sistema de alta pressão e forno micro-ondas (Oliveira, 2003; Korn et al., 2008). Quando comparado a decomposição ácida em sistemas fechados, a decomposição ácida em sistemas abertos pode apresentar desvantagens como perda de elementos e reagentes por volatilização, elevado tempo de decomposição, maior quantidade de reagente e maior risco de contaminação. Por isso, a utilização de sistemas fechados vem sendo cada vez mais empregada, a fim de evitar esses problemas. Um exemplo é a decomposição assistida por radiação micro-ondas, que vem ganhando cada vez mais destaque, pela sua eficiência na decomposição de amostras devido a vantagens como a utilização de temperaturas superiores às de ebulição dos ácidos, baixo risco de perda de elementos através da volatilização, baixo risco de contaminação e por utilizar menos reagentes que as demais técnicas (Oliveira, 2003). Porém, a decomposição assistida por radiação micro-ondas, pode apresentar limitações quanto ao seu elevado custo e a quantidade de massa de amostra, que deve ser pequena para que a pressão interna não se eleve e cause risco de explosão de frascos (Krug, 2016).

Sendo assim, é importante o desenvolvimento de métodos analíticos que sejam eficientes e acessíveis aos laboratórios, de baixo custo e simplicidade, como por exemplo, a digestão ácida com sistema de refluxo. No ano de 2013, Ferreira et al., apresentaram uma alternativa aos métodos convencionais chamada de sistema de refluxo com dedo frio, no qual se baseia na decomposição ácida com aquecimento em bloco digestor. O dedo frio nada mais é que um tubo de vidro inserido dentro dos tubos de digestão, onde é adicionado água dentro do dedo frio para resfriar a parte superior do tubo, com o intuito de causar o refluxo e a condensação das espécies voláteis, como é possível observar na Figura 2.

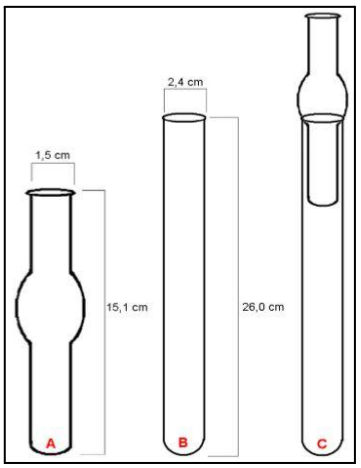

Figura 2. Desenho esquemático do sistema de refluxo (dedo frio), onde A: dedo frio, B: tubo de digestão e C: dedo frio acoplado ao tubo digestor.
Fonte: Adaptado de Ferreira et al., 2013.

Porém, o sistema de refluxo (dedo frio) não permite um refluxo contínuo de água, isso influencia na condensação, uma vez que ao decorrer do processo a água não ficaria fria. Outro inconveniente que o dedo frio apresenta é que não há alívio da pressão, o que pode acarretar em projeções para fora do tubo. (Oreste et al., 2013).

Assim, no ano de 2013, Oreste e colaboradores, desenvolveram um novo sistema de refluxo, apresentado na Figura 3, com recirculação de água contínua e um encaixe de politetrafluoretileno (PTFE) e uma ranhura lateral para alívio da pressão, a fim de contornar esses inconvenientes e diminuir as contaminações pelo ambiente.

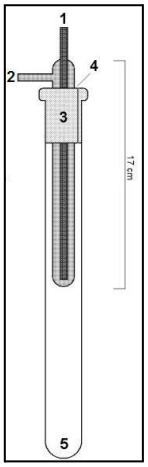

Figura 3. Desenho esquemático do sistema de refluxo com auxílio de dedo frio acoplado ao tubo de decomposição, onde 1: entrada de água; 2: saída de água; 3: encaixe de politetrafluoretileno (PTFE); 4: ranhura para alívio da pressão e 5: frasco de reação.

Fonte: Adaptado de Oreste et al., 2013.

O novo sistema possui uma recirculação de água contínua que mantém a água a 15 ºC por um banho termostatizado, causando o aumento do resfriamento da superfície do tubo e a condensação de espécies voláteis e de ácidos que possam ser utilizados, assim, isentando a necessidade de reposição de reagentes durante a decomposição. Em virtude de todos esses fatores positivos como simplicidade, baixo custo, menor consumo de reagentes, mínimo risco de contaminação e explosão e por evitar perda de elementos por volatilização, o sistema de refluxo com dedo frio, se tornou uma alternativa viável aos sistemas convencionais. (Oreste et al., 2013).

Além disso, o sistema se mostrou eficiênciente também para diversos tipos de amostras, como matrizes orgânicas e inorgânicas, e vem sendo cada vez mais aplicado em matrizes alimentares como amostras de arroz (Oliveira et al., 2016), feijão (Pereira et al., 2018), leite em pó (Oreste et al., 2016), erva mate (Pereira et al., 2016), entre outras.

2.7.2. Técnicas de espectrometria atômica para análise elementar

É de extrema importância definir a melhor técnica analítica, conhecendo não só a aplicação, como as vantagens e desvantagens que a mesma pode apresentar. Existem diversas técnicas analíticas para determinação elementar como a Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (F AAS) ou em Forno de Grafite (GF AAS) ou de Emissão Atômica em Chama (F AES), a Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES) e a Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP MS) (Skoog, 2002; Amorim et al., 2008; Holler et al., 2009).

A técnica de Espectrometria de Absorção Atômica com Chama (F AAS) consiste na determinação de elementos na faixa de mg/L, é a técnica mais simples, apresenta vantagens como menor tempo de análise, boa precisão, fácil manuseio e baixo custo e desvantagens como o uso de gases inflamáveis e baixa sensibilidade, quando comparada a outras técnicas de determinação elementar. Já a Espectrometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite (GF AAS) consiste na determinação de elementos na faixa de µg/L, por apresentar vantagens como alta sensibilidade e baixos volumes de amostra. Esta técnica pode apresentar desvantagens também, dentre elas o elevado tempo para análise e alto custo dos tubos de grafite (Krug et al., 2006; Agilent Technologies, 2016).

As técnicas de Espectrometria de Emissão Atômica, baseiam-se na capacidade dos átomos ou íons emitirem radiações em específico comprimento de onda, quando são excitados (Skoog, 2009). A técnica de Espectroscopia de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES) consiste na determinação de elementos na faixa de µg/L a mg/L, porém assim como as demais, também apresenta vantagens e desvantagens. A possibilidade de análise multielementar de maneira simultânea e a ampla faixa linear de trabalho são umas de suas vantagens, já o elevado custo por utilizar um plasma de argônio de consumo acima de 15 L/min e menor sensibilidade quando comparado ao GF AAS e ICP-MS são suas desvantagens (Agilent Technologies, 2016).

A técnica que possui maior sensibilidade e capacidade de determinar isótopos, dentre as técnicas multielementares é a Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS). Porém, a mesma apresenta diversas desvantagens como seu alto custo e sua alta possibilidade de interferências como entupimento nos cones de amostragem na interface do equipamento, que podem ser formados de depósitos de resíduos, oriundos das soluções com consideráveis concentrações de sólidos dissolvidos.

2.7.3. Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Induzido por Micro-ondas (MIP OES)

As técnicas descritas anteriormente são técnicas bastante vantajosas para análise elementar, porém a grande maioria requer a utilização de gases caros para a manutenção do plasma como, por exemplo, o argônio. Isso faz com que as mesmas se tornem inconvenientes quando se visa metodologias de baixo custo.

A Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Induzido por Micro-ondas (MIP OES), se torna uma alternativa mais viável nesse caso. A técnica utiliza um plasma de nitrogênio sustentado por uma fonte de micro-ondas, onde esta fonte é produzida através de um magnetron que opera a 2,45 MHz. Um pequeno fluxo momentâneo de argônio é utilizado para a ignição do plasma, que se alterna de forma automática para o nitrogênio, onde se mantém de modo contínuo durante toda a operação. O nitrogênio utilizado é oriundo do ar atmosférico, no qual é obtido através de um gerador de nitrogênio (Agilent Technologies, 2014).

O instrumento de MIP OES é formado por um sistema de introdução de amostras, uma fonte de excitação, um plasma, um sistema óptico e um sistema eletrônico para processamento de dados, conforme apresentado na Figura 4 (Jankowski & Reszke, 2010).

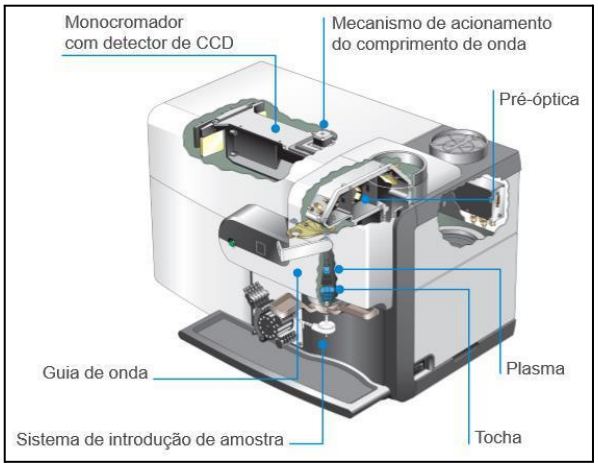

Figura 4. Instrumento de MIP OES e seus principais componentes.
Fonte: Agilent, 2016.

O funcionamento do MIP OES se inicia em um sistema de introdução de amostra que consiste em uma bomba peristáltica, que leva a solução até o nebulizador, onde no nebulizador, esse líquido será convertido em aerossol. O plasma emite uma radiação que é dirigida a um detector de dispositivo de carga acoplada de amplo alcance e baixo ruído. Essa radiação emitida pelo plasma é característica do nitrogênio e dos elementos que compõem a amostra. O detector que recebe a radiação mede simultaneamente os espectros e o sinal de fundo, mantendo uma boa precisão e melhorando os limites de detecção. O instrumento possui ainda um computador, com a finalidade de controlar o instrumento e obtenção dos resultados (Agilent Technologies, 2016).

Logo, a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Induzido por Micro-ondas (MIP OES), se apresenta como a de menor custo quando comparada com as demais, e de maior segurança, pelo fato de não necessitar de gases inflamáveis. Ela possui também sensibilidade superior à técnica de F AAS, pelo fato do plasma de nitrogênio atingir a temperatura de aproximadamente 5000 K. A técnica de MIP OES pode ser aplicada em amostras ambientais, alimentícias, entre outras (Agilent, 2016; Agilent, 2015).

2.7.4. Espectrofotometria de Absorção Molecular (UV-Vis)

A Espectrofotometria UV-Vis é uma técnica analítica utilizada para determinar a presença e/ou concentrações de um determinado analito de interesse, baseando-se sempre em medidas de absorção/trasmissão de radiação eletromagnética nas regiões ultravioleta e visível do espectro. Ela mede a quantidade de luz absorvida pela amostra, ao mesmo tempo que associa com a concentração do analito presente na solução. A espectroscopia de absorção na região UV-Vis possui vasta aplicação na característica de espécies orgânicas e inorgânicas, visto que cada composto possui um comprimento de onda específico da molécula e a absorção de energia dependerá dessa estrutura eletrônica molecular (Júnior et al., 2013). Na Figura 5 é apresentado um espectrômetro de absorção na região do UV-Vis.

Figura 5. Espectrofotômetro de Absorção Molecular na região Ultravioleta e Visível (UV-Vis).
Fonte: Agilent, 2016.

O espectrômetro possui uma lâmpada de deutério ou tungstênio, que produz a radiação na faixa do equipamento, determinada como fonte. Essa fonte de energia, passa pelo monocromador, na qual é o dispositivo essencial no espectrofotômetros, pois seleciona o comprimento de onda de interesse para a análise. O mesmo possui uma fenda de entrada, que pode ser um elemento de dispersão de radiação e uma fenda de saída, que pode ser um prisma ou uma rede de difração. Após passagem pelo monocromador, a radiação passa por uma cubeta de 1 cm, contendo a amostra e posteriormente absorverá a quantidade de energia necessária e o restante é direcionado para o detector. No detector será apresentada a cor complementar ao comprimento de onda escolhido, assim transmitirá o sinal para um sistema de leitura e apresentará a absorbância da amostra analisada. A Figura 6 mostra um diagrama esquemático de como o equipamento funciona.

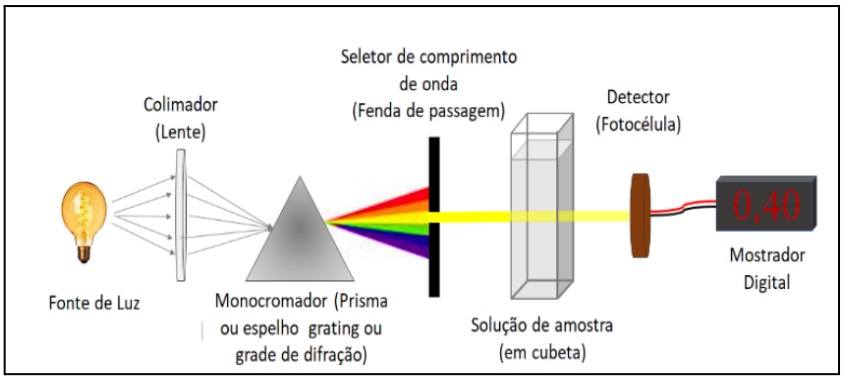

Figura 6. Diagrama esquemático de espectrofotômetro.
Fonte: Rosa et al, 2019.

3. Objetivo

3.1. Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo avaliar perdas de constituintes durante o cozimento da lentilha e ervilha, utilizando a técnica de MIP-OES.

3.2. Objetivos Específicos

- Aplicar um método analítico de preparo de amostra para a lentilha e ervilha, que apresente boa exatidão e precisão, utilizando a decomposição ácida com sistema de refluxo para análise por MIP OES;
- Determinar as concentrações totais de Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn, nas amostras de água de cocção da ervilha e da lentilha e água de molho da lentilha.
- Avaliar e comparar perdas ou acréscimos de minerais nas amostras de água de cocção da ervilha e lentilha e na água do molho da lentilha, causados por processos de pré tratamento e cozimento;
- Determinar o teor de compostos fenólicos nas amostras de água de cozimento da ervilha e da lentilha e água de molho da lentilha, por espectrometria de UV-Vis.

4. Materiais e Métodos

4.1. Materiais

Inicialmente para pesar as amostras utilizou-se uma balança analítica Ohaus Adventurer modelo AR 2140 (Pine Brook, EUA), com uma resolução de 0,1 mg e tara máxima de 210 g. Para o cozimento das amostras foi utilizada uma chapa de aquecimento (Magnus, Brasil). O teor de umidade das amostras sólidas foi realizado em uma estufa de esterilização e secagem modelo 1.2 (Odontobrás, Brasil).

Para a decomposição das amostras líquidas utilizou-se um bloco digestor convencional modelo MA-4025 (Marconi, Brasil) com tubos de digestão acoplados aos sistema de refluxo com dedo frio. O dedo frio possui uma recirculação de água interna com temperatura controlada (15 ºC) através de um banho termostatizado modelo Q-214M2 (Quimis, Brasil).

4.2. Reagentes

Para o preparo das soluções utilizou-se água desionizada obtida através de um destilador modelo CS 1800 Evolution (Permution, Brasil). Para a decomposição das amostras líquidas utilizou-se HNO_3 65% (m/m) (Synth, Brasil) após ser bidestilado em um destilador de quartzo Ma-075 (Marconi, Brasil) e H_2O_2 35% (v/v) (Êxodo Científica, Brasil).

A partir da diluição de uma solução estoque multielementar para ICP (Sigma Aldrich, Alemanha), contendo 100 mg L^{-1} de cada analito, foram realizadas as curvas de calibração.

Para avaliação do teor de compostos polifenólicos, utilizou-se Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, Brasil) e Na_2CO_3 (Sigma-Aldrich, Brasil).

Os materiais e vidrarias utilizados, ficaram em banho de descontaminação com HNO_3 10% (v/v) por 48 horas e posteriormente foram enxaguados com água desionizada por três vezes e secos a temperatura ambiente.

4.3. Instrumentação

Para a análise e determinação das concentrações de Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn, foi utilizado um espectrômetro de emissão óptica com plasma induzido por micro-ondas (MIP-OES) modelo 4200 (Agilent Technologies, Austrália).

O mesmo é equipado com uma bomba peristáltica a qual possui uma tubulação para aspirar a amostra (com diâmetro interno de 0,38 mm) e uma tubulação para descarte do resíduo (com diâmetro interno de 1,65 mm). Possui também uma câmara de nebulização ciclônica e um nebulizador OneNeb para introdução da amostra pelo modo convencional. O nitrogênio utilizado para a manutenção do plasma, é proveniente do ar atmosférico, onde a partir de um compressor modelo MSV12 (Schulz, Brasil) é convertido por um gerador de nitrogênio modelo 4107 (Agilent Technologies, Austrália) com vazões de 20 L min^{-1} e 1,5 min^{-1} para o gás de plasma e para o gás auxiliar (nebulização). As medidas foram realizadas em triplicata com tempo de integração de 3 segundos, velocidade da bomba peristáltica de 15 rpm, tempo de estabilização de 15 segundos e correção de fundo automática. Os demais parâmetros operacionais estabelecidos pelo fabricante do equipamento são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros operacionais do MIP OES para determinação multielementar.

Analito	Comprimento de onda (nm)	Posição de visualização do plasma (mm)	Vazão de nebulização (L min^{-1})
Al	396,152	-10	1
B	249,772	10	0,4
Ba	455,403	10	0,65
Cu	324,754	0	0,6
Fe	371,993	0	0,75
K	766,491	10	1
Mg	285,213	10	0,7
Mn	403,076	0	0,85
V	309,311	10	0,55
Zn	213,857	0	0,55

Para a determinação dos compostos polifenólicos utilizou-se um espectrofotômetro UV-Vis (modelo UV1100, SP), onde as leituras de absorbância foram realizadas utilizando um comprimento de onda de 750 nm.

4.4. Amostras

No presente estudo, foram analisadas três diferentes marcas de lentilha (denominadas A, B e C) e três diferentes marcas de ervilha congelada (denominadas D, E, F) adquiridas no comércio local da cidade de Pelotas, conforme mostram as figuras abaixo.

Figura 7. Amostra de lentilha *in natura*.
Figura 8. Amostra de ervilha congelada.

Para avaliar composição da água do molho e da água de cocção das amostras de lentilha, as mesmas passaram por um pré-tratamento, no qual as sementes de lentilha foram embebidas em água desionizada em um proporção de 5:50 (p/v) por 12 horas à temperatura ambiente. Este método é bastante comum, a fim de eliminar antinutrientes e resíduos de sujeiras presentes nos grãos. Posteriormente, separou-se a água do molho e enxaguou-se as sementes três vezes com 600 mL de água desionizada. Para o cozimento das amostras de lentilha, colocou-se as sementes em um béquer de vidro com água desionizada na proporção 5:50 (p/v). O béquer então foi colocado em uma chapa de aquecimento a uma temperatura de 100 ºC por 100 minutos, até que os grãos estivessem macios. Em seguida, após o cozimento, as amostras foram separadas em amostra de lentilha cozida, para uma posterior análise de teor de umidade e amostra de água de cocção e amostra de água do molho, para posterior análise de determinação elementar. Assim, as amostras de água foram armazenadas em frascos de polipropileno e congeladas em freezer a -16 ºC até o momento das análises.

Para a análise da ervilha cozida, utilizou-se um sistema de ebulição seguindo a metodologia de Carvalho (2007). As amostras então foram cozidas em um béquer de vidro com água fervente (desionizada) a uma proporção de 10 g de amostra para 100 mL de água, por 7 minutos na chapa de aquecimento. Em seguida, após o cozimento, as amostras foram

separadas em amostra de ervilha cozida, para posterior análise de teor de umidade e amostra de água do cozimento, para posterior análise de determinação elementar. Posteriormente as amostras de água foram armazenadas em frascos de polipropileno e congeladas em freezer a -16 ºC até o momento das análises.

4.5. Preparo da amostra

Para o preparo das amostras das águas de cocção e molho da ervilha e lentilha, seguiu-se o método de Silva, (2023). Sendo assim, adicionou-se 5 mL de amostras de ervilha e 5 mL de HNO_3 65% (m/m) em tubos de digestão. Os tubos ficaram em repouso por 12 horas (*overnight*), com a finalidade de ocorrer uma pré-decomposição a frio, pois sem esse procedimento, há uma efervescência na amostra dentro do tubo em aquecimento, ocasionando formação de espuma nas partes frias do sistema, o que dificulta a decomposição da amostras. Logo, com o repouso, ocorre uma pré-decomposição a frio, evitando o problema citado anteriormente. Posteriormente, o sistema de refluxo com dedo frio foi acoplado aos tubos de digestão, os quais foram levados ao bloco digestor a 150 ºC por 2 horas. Após as duas horas, os tubos ficaram em processo de resfriamento até que atingissem a temperatura ambiente, onde posteriormente é adicionado H_2O_2 35% (v/v) em duas etapas. Na primeira etapa, adicionou-se 2,5 mL e os tubos foram levados a aquecimento a 120 ºC por 1 hora. Na segunda etapa, adicionou-se mais 2,5 mL, onde os tubos foram levados novamente a aquecimento a 120 ºC por mais 1 hora. Ao final, as soluções resultantes foram transferidas para frascos de polipropileno e avolumadas a 20 mL com água desionizada.

Todas as amostras foram decompostas em triplicata e os brancos analíticos foram preparados da mesma forma.

4.6. Análise do teor de umidade

Para a determinação do teor de umidade, foi realizado o método gravimétrico adaptado e descrito por Adolfo Lutz (IAL,2008). Inicialmente, foram pesadas 4 gramas das diferentes amostras de ervilha cozida e 3 gramas das diferentes amostras de lentilha cozida em béqueres previamente descontaminados e secos. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa a 105 ºC por 3 horas e resfriadas em dessecador até atingir a temperatura ambiente, onde em seguida foi realizada a pesagem. O processo deve ser repetido até que o peso das amostras se

mantenha constante, para isso é necessário que os béqueres contendo as amostras sejam levados de uma em uma hora para o forno a 105 ºC.

A partir disso, calculou-se o teor de umidade através da Equação 1:

$$Umidade\ (\%) = \frac{100\ x\ N}{P} \qquad \textbf{Equação 1}$$

Onde, N é o número, em gramas, de umidade e P é a massa da amostra.

4.7. Análise de teor de compostos fenólicos

Para a análise de polifenóis nas amostras da água de cocção da lentilha e da ervilha e na água do molho da lentilha, as análises foram realizadas em triplicata, o branco analítico foi preparado da mesma forma das demais soluções, porém sem adição das amostras, e os frascos foram envolvidos com papel alumínio com a finalidade das soluções não sofrerem influência da luz, pois os compostos fenólicos são facilmente oxidáveis, principalmente pela luz, na qual ocasiona o escurecimento das soluções ou compostos isolados (SIMÕES, 2011).

Inicialmente, adicionou-se 300 µL de cada amostra em diferentes frascos. Em seguida, adicionou-se 750 µL de reagente de Folin-Ciocalteu 1:1 (v/v) (Folin-Ciocalteu e H_20 desionizada) e os frascos ficaram em repouso por 5 minutos. Posteriormente, adicionou-se 750 µL de Na_2CO_3 20% (m/v) e os avolumou-se os frascos a 6 mL com água destilada. Para conclusão da reação, os frascos ficaram em repouso, ao abrigo da luz, por 30 minutos, até que fossem levados para análise no espectrofotômetro.

Para quantificação dos polifenóis, utilizou-se um espectrofotômetro UV-Vis, com absorbância em 750 nm, onde as curvas de calibração foram preparadas em meio de ácido gálico com faixa de 0 a 14 mg L^{-1} e os resultados expressados em mg de ácido gálico por 100 g de amostra (mg GAE/100 g).

4.8. Parâmetros de mérito

Os parâmetros avaliados neste estudo foram baseados na avaliação de Silva, (2023) e foram a faixa linear de trabalho, linearidade, limites de detecção (LD), limites de quantificação (LQ), precisão e exatidão. Os cálculos aplicados para avaliação dos mesmos, foram baseados e estão de acordo com as orientações do guia de validação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) (INMETRO, 2016).

4.8.1. Faixa Linear de trabalho e linearidade

A faixa linear de trabalho utilizada foi de 0,1 a 5,0 mg L^{-1} para os elementos Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn. Já a linearidade foi analisada através do coeficiente de correlação linear (R) da curva de calibração, na qual é considerada satisfatória quando apresenta valores de R maiores ou iguais a 0,99.

5. Resultados e Discussões

5.1. Análise de teor de umidade

Determinar o teor de umidade presente nos alimentos é importante para verificar a identidade dos mesmos. A Tabela 2 apresenta os teores de umidade encontrados nas amostras de lentilha e ervilha cozidas.

Tabela 2. Valores encontrados para teor de umidade.

Amostra	$\overline{X} \pm SD\ (RSD, \%)$
Lentilha Cozida A	77,2 ± 1,2 (1,6)
Lentilha Cozida B	85,8 ± 0,2 (0,2)
Lentilha Cozida C	76,9 ± 0,2 (0,2)
Ervilha Cozida D	77,9 ± 0,5 (0,7)
Ervilha Cozida E	80 ± 0,1 (0,2)
Ervilha Cozida F	80,8 ± 0,4 (0,5)

média ± desvio padrão (RSD)

Com base nos resultados dos teores de umidade obtidos para as três diferentes marcas de lentilha cozida e ervilha cozida, é possível observar que a maioria dos resultados foram concordantes com os valores apresentados pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) e pela United States Department of Agriculture (USDA). Para a lentilha cozida, a TACO reporta um teor de umidade de 76,3% e para a ervilha cozida, a USDA reporta um teor de umidade de 79,52%. Os teores de umidade podem sofrer alterações devido

a influência de condições climáticas, de transporte e armazenamento, deste modo, a diferença entre os teores de umidade obtidos e os relatados pela TACO e USDA, pode ser consequência disto. Outro fator que pode influenciar também nos teores de umidade, é o processo de congelamento de determinados alimentos, como neste caso a ervilha.

5.2. Análise de compostos fenólicos

Análises para determinação do teor de polifenóis em amostra de água de cocção da lentilha e da ervilha e amostra de água do molho da lentilha também foram realizadas. Existem alguns estudos na literatura, referentes aos teores dos compostos fenólicos em amostras de água do cocção de lentilhas e ervilhas, porém pouco estudo é encontrado quando se refere a compostos fenólicos em amostras de água do molho de leguminosas, como a lentilha. Desta maneira, foram determinados teores de polifenóis totais nas amostras de água do cozimento da lentilha e da ervilha e água do molho da lentilha, onde os resultados são mostrados na Tabela 3 e na Tabela 4 e expressos em mg equivalente de ácido gálico (GAE por 100 g de massa).

Tabela 3. Teor de polifenóis totais nas amostras de água de cocção da ervilha, expressos em mg/100g de GAE.

	Polifenóis	**(mg/100g)**	
Amostra	**Marca A**	**Marca B**	**Marca C**
Água do cozimento Ervilha	18,1 ± 0,6	44,8 ± 2,4	47,0 ± 0,4

média ± desvio padrão

Tabela 4. Teor de polifenóis totais nas amostras de água de cocção e água do molho da lentilha, expressos em mg/100g de GAE.

	Polifenóis	**(mg/100g)**	
Amostra	**Marca D**	**Marca E**	**Marca F**
Água do cozimento Lentilha	152,6 ± 8,1	185,2 ± 15,1	197,8 ± 7,7

Água do molho Lentilha	336,6 ± 0,8	382,2 ± 19,2	346,6 ± 11,1

média ± desvio padrão

De acordo com estudos de teores de polifenóis encontrados na literatura, a lentilha, quando comparada com o grão de bico, ervilhas amarelas e verdes, feijão-rim vermelho e soja preta e amarela, possui uma maior quantidade de compostos fenólicos (Dhull et al., 2020). A Tabela 3 e Tabela 4, apresentam os valores obtidos neste presente estudo, onde a água do molho da lentilha apresentou teores de polifenóis totais em maior quantidade, variando de 337,2 a 382,2 mg/100g (Tabela 4). A água de cocção da lentilha foi a seguinte a apresentar teores de polifenóis altos, os valores variaram de 185,2 a 225,8 mg/100g (Tabela 4). Já a água de cocção das ervilhas, foi a que apresentou teores de polifenóis relativamente mais baixos, quando comparada com as demais, os valores variaram de 9,1 a 47,2 mg/100g (Tabela 3). Ao comparar as diferentes amostras com as diferentes marcas, foi possível observar que a água do molho lixívia mais compostos fenólicos da lentilha do que a água de cocção. Isso evidencia que no processo de preparo antes do consumo, ocorram perdas de nutrientes dos alimentos, neste caso, da ervilha e lentilha. Em um estudo sobre o efeito do tratamento térmico em compostos fenólicos e atividades antioxidantes em lentilhas, Djabali et al., (2020), apresentaram teor de compostos fenólicos de 244,12 mg/g para amostras de água de cocção da lentilha. Para água de cocção da ervilha e água de molho da lentilha, não foram encontrados estudos relacionados.

5.3. Parâmetros de mérito

Para avaliação dos parâmetros de mérito, a avaliação baseou-se também no estudo proposto por Silva, (2023), onde utilizou-se HNO_3 a 2% (v/v), para a construção das curvas de calibração. Os parâmetros analisados como faixa linear de trabalho, linearidade, coeficiente de correlação linear e limites de detecção e quantificação para a determinação multielementar de Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn, estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Parâmetros de mérito para Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn, obtidos por MIP OES.

Analito	a ($L\ mg^{-1}$)	R	Faixa Linear	LD*	LQ*	LD**	LQ**
Al	8.154	0,999	0,1-5,0	0,001	0,004	0,127	0,511
B	8.023	0,998	0,1-5,0	0,009	0,03	1,150	3,835
Ba	115.479	0,999	0,1-5,0	0,0001	0,0002	0,012	0,025
Cu	55.331	0,999	0,1-5,0	0,0004	0,001	0,051	0,128
Fe	3.691	0,999	0,1-5,0	0,005	0,015	0,639	1,917
K	21.639	1	0,1-5,0	0,002	0,007	0,255	0,894
Mg	72.996	0,999	0,1-5,0	0,001	0,002	0,127	0,255
Mn	12.136	0,999	0,1-5,0	0,001	0,002	0,127	0,255
V	33.888	0,999	0,1-5,0	0,006	0,02	0,766	2,556
Zn	25.845	0,999	0,1-5,0	0,003	0,009	0,383	1,150

a: inclinação da curva; R:coeficiente de correlação linear; faixa linear ($mg\ L^{-1}$); LD: limite de detecção; LQ: limite de quantificação; * Instrumental; ** Método.

É possível observar na tabela 5, que se obteve uma boa linearidade com coeficiente de correlação linear (R) > 0,99 em uma ampla faixa linear. Os limites de detecção (LD) e os limites de quantificação (LQ) também se mostraram adequados para a determinação multielementar de Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn nas amostras.

5.4. Determinação da concentração total em água do cozimento da ervilha

Determinou-se as concentrações totais dos analitos Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn em amostras de água do cozimento de três diferentes marcas de ervilha por MIP OES, e os resultados obtidos, foram apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Concentrações totais de Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn em amostras de água do cozimento de três diferentes marcas de ervilha em mg kg $^{-1}$.

	$\overline{X} \pm SD\ (RSD)$		
Analito	**Marca D**	**Marca E**	**Marca F**
Al	<0,127	<0,127	<0,127
B	<1,150	<1,150	<1,150
Ba	<0,012	<0,012	<0,012
Cu	<0,051	<0,051	<0,051
Fe	<0,639	<0,639	<0,639
K	139,3 ± 12,3 (8,8)	85,2 ± 7,6 (8,9)	123,9 ± 10,4 (8,4)
Mg	9,3 ± 0,3 (3,2)	1,8 ± 0,1 (5,5)	4,3 ± 0,4 (9,3)
Mn	<0,127	<0,127	<0,127
V	<0,766	<0,766	<0,766
Zn	0,73 ± 0,01 (1,4)	1,01 ± 0,09 (8,9)	0,75 ± 0,07 (9,3)

$\overline{X}$ = média; SD = desvio padrão; RSD = desvio padrão relativo; <LD = concentrações abaixo do limite de detecção do método.

Analisando assim os resultados, observou-se que para as três diferentes marcas de ervilha analisadas houve migração dos elementos durante o cozimento da mesma. As maiores concentrações encontradas foram de K, Mg e Zn.

As concentrações de K obtidas, neste estudo, variaram de 85,2 a 139,3 mg kg^{-1}, considerando-se assim o elemento majoritário nas amostras de água do cocção das três diferentes marcas de ervilhas. O K é um dos elementos mais importantes para o bom funcionamento do corpo humano, pois contribui na digestão normal e nas funções musculares, além de neutralizar o excesso de ácido no corpo (Zoroddu et al, 2019; Pohl et al., 2013). É conhecido como um dos elementos mais fundamentais para o bom crescimento das plantas, logo, ele ganha destaque na produção de fertilizantes agrícolas. O mesmo é absorvido na solução do solo na forma de íons (K^+) e consequentemente sendo absorvido pela planta.

Esses íons são extremamente solúveis em água, deste modo, quando o alimento é submetido, por exemplo, ao cozimento, as células presentes nesses alimentos se decompõem e liberam seu conteúdo com mais facilidade, tornando íons como o K^+ livres para migrar para a água, justificando então, ele se apresentar como elemento majoritário e o de maior perda nas análises do presente estudo. No estudo realizado por Silva, (2023), as concentrações de K variaram de 3.750 a 6.804 mg kg^{-1} para ervilha *in natura* e de 2.661 a 4.964 mg kg^{-1} para ervilha cozida, mostrando que K presente neste no alimento, também migra para a água de cocção através da lixiviação.

As concentrações de Mg obtidas, neste estudo, variaram de 1,8 a 9,3 mg kg^{-1} nas amostras de água de cocção das ervilhas. O Mg é um dos elementos fundamentais para o bom funcionamento do nosso organismo, atua na formação dos ossos e dentes e cofator em mais de 300 reações enzimáticas, regulando assim as reações bioquímicas do corpo, além de ser essenciais na fotossíntese, atuando na síntese protéica, formação de clorofila, entre outros (Zoroddu et al, 2019; Grober et al., 2015). Ao ser absorvido na solução do solo, o Mg forma o íon Mg^{2+}, que se move no solo até encontrar as raízes das plantas. Uma vez em contato com as raízes o íon aumenta o sistema radicular e se move na planta, sendo transferido de folhas mais velhas, para tecidos mais novos e até mesmo para o fruto.

O íon Mg^{2+} é solúvel em água, diante disso, pode ser liberado através da lixiviação, quando submetido a processos como cozimento de alimentos, o que justifica a presença deste elemento em amostras de água de cocção de ervilhas, analisadas neste estudo. No estudo realizado por Silva, (2023), as concentrações de Mg variam de 1.291 a 1.488 mg kg^{-1} para a

ervilha *in natura* e de 1.037 a 1.594 mg kg^{-1} para ervilha cozida, demonstrando também uma perda deste elemento durante o processo de cocção.

O Zn é fundamental para inúmeras funções corporais, principalmente na função imune e de cicatrização de feridas (Lin et al., 2017; Mlyniec et al, 2014). É um micronutriente essencial para o crescimento e reprodução das plantas, pois assim como o Mg, ele participa de diversos processo metabólicos como a síntese de proteínas, carboidratos, entre outros. Ao ser absorvido pelo solo, sofre o mesmo processo que o K e o Mg, formando Zn^{2+} que posteriormente é absorvido pela planta (Andrade et al., 2002).

As concentrações de Zn variaram de 0,73 a 1,01 mg kg^{-1} nas amostras de água do cozimento da ervilha. O mesmo é pouco solúvel em água, porém o íon Zn^{2+} apresenta uma solubilidade maior, justificando assim, a também presença desse elemento na água de cocção das ervilhas, liberado através do processo de lixiviação. No estudo de Silva, (2023), as concentrações de Zn variaram de 32,0 a 42,7 mg kg^{-1} para ervilha *in natura* e de 26,0 a 51,5 mg kg^{-1} para ervilha cozida, demonstrando pouca perda desse elemento após processo de cocção.

Apesar de não ser muito comentado quando comparado a outros elementos essenciais para o nosso organismo, o B também pode ser um nutriente importante para o corpo humano, atuando na amenização de artrite e osteoporose, além de melhorar a habilidade do corpo de absorver cálcio e magnésio (Khaliq et al., 2018). Nas plantas o B é bastante importante, pois auxilia na formação de novos tecidos, atuando tanto na constituição da parece celular quanto na integridade da membrana plasmática, podendo ser aplicado nas plantas por via solo ou por via foliar.

O B é solúvel em água, porém neste estudo, foram obtidas concentrações que ficaram abaixo do limite de detecção (<1,150) nas análises das amostras de água de cocção de ervilhas. No estudo realizado por Silva, (2023), as concentrações de B para a ervilha *in natura* variaram de 3,87 a 5,77 mg kg^{-1}, já para a ervilha cozida as concentrações ficaram abaixo do limite de detecção. Isso evidencia que há perdas deste elemento no processo de cocção, porém ainda não existem relatos de como ocorre essa perda, uma vez que não são encontradas concentrações de B na água de cocção, nem mesmo na ervilha cozida.

O Fe também é um dos elementos mais essenciais para o bom funcionamento do corpo humano, pois atua na produção de hemácias (células do sangue), auxiliando a hemoglobina no transporte de oxigênio no corpo, além de contribuir no sistema imunológico (Grotto, 2010).

Para as plantas, o Fe é essencial principalmente na fotossíntese, atua no desenvolvimento de troncos e raízes, na fixação de N e na ativação ou como componente de algumas enzimas.

As concentrações de Fe, neste estudo, ficaram abaixo do limite de detecção (<0,639), demonstrando uma quantidade muito pequena de Fe, perdida durante o cozimento, o que pode ser justificado pelo fato da solubilidade do ferro depender do valor de pH, pois quanto mais alto for o pH, menos solúvel será o Fe e assim não sofre lixiviação. No estudo realizado por Silva, (2023), as concentrações de Fe variaram de 54 a 60 mg kg^{-1} para ervilha *in natura* e de 51,0 a 73,2 mg kg^{-1} para ervilha cozida, onde a autora relata uma pequena perda para algumas amostras e um aumento do nutriente em outras.

O V também possui poucas funções conhecidas no organismo, porém estudos comprovam que ele pode atuar no controle do açúcar no sangue e ajudar no tratamento e/ou prevenção da osteoporose (Peixoto, 2006; Mukherjee et al., 2012). Nas plantas, o V é adicionado por meio de fertilizantes, com a finalidade de ajudar no crescimento da planta. O V é insolúvel em água, consequentemente, não lixívia no processo de cocção dos alimentos, o que explica o fato das concentrações obtidas para ele, no presente estudo, se apresentaram abaixo do limite de detecção (<0,766). No estudo de Silva, (2023), as concentrações de V variaram de 6,0 a 7,6 mg kg^{-1} para ervilha *in natura* e de 4,89 a 7,6 mg kg^{-1} para ervilha cozida, demonstrando pouca ou quase nenhuma perda desse mesmo elemento.

O Cu atua como redutor de algumas enzimas e é essencial para o desenvolvimento dos tecidos conjuntivo e dos ossos. Já para as plantas ele é um micronutriente, o que significa que está presente em uma pequena quantidade nas plantas. Estudos comprovam que as plantas possuem 2.500 vezes menos Cu do que N, porém ele é tão essencial como o nitrogênio, pois atua na fotossíntese para a formação de clorofila. Porém, por mais que o Cu seja solúvel em água, o mesmo se apresenta imóvel no solo e nas plantas, o que justifica o fato da sua concentração nas água de cocção das ervilhas, se apresentarem abaixo do limite de detecção (<0,051), pois o mesmo não sofre alteração durante o cozimento. No estudo de Silva, (2023), as concentrações de Cu variaram de 4,7 a 8,4 para ervilha *in natura* e de 3,5 a 6,7 mg kg^{-1} para ervilha cozida, demonstrando uma pequena perda desse nutriente que pode ter sido influenciada por outro fator.

Já o Ba, é considerado um elemento não essencial, que dependendo da solubilidade dos seus componentes no estômago, pode causar efeitos nocivos à saúde (Fraga, 2005). Para as plantas também é considerado não essencial, tanto que é encontrado em pequena ou

nenhuma quantidade nas mesmas, pelo fato de ser imóvel no solo e assim não migrar para as plantas. Porém, quando acumulado em grandes quantidade, pode inibir o crescimento das plantas (Llugany et al., 2000).

No presente estudo as concentrações de Ba se apresentaram abaixo do limite de detecção (<0,012) nas amostras de água de cocção da ervilha, o que pode ser justificado devido ao fato das plantas conter pouca quantidade de Ba. No estudo realizado por Silva, (2023) as concentrações para Ba variaram de 2,54 a 3,83 mg kg^{-1} para ervilha *in natura* e 2,67 a 5,0 mg kg^{-1} para ervilha cozida, demonstrando aumento desse elemento após o cozimento, talvez influenciado por algumas características dele como solubilidade.

O Al também é considerado um elemento não essencial para o corpo humano, visto que não possui nenhuma função biológica conhecida, porém dependendo da quantidade de alumínio ingerida, o mesmo pode ter efeito tóxico, causando inúmeras doenças (Zoroddu et al., 2019). É o metal mais abundante da crosta da terra e apesar da sua toxicidade causar problemas devido ao excesso no solo, ele é considerado um nutriente para a planta em baixas concentrações, estimulando o desenvolvimento de algumas espécies (Salvador et al., 2000).

As concentrações de Al, neste estudo, se apresentaram abaixo do limite de detecção (<0,127) nas amostras de água de cocção da ervilha. Em água pura, o Al tem uma solubilidade mínima na faixa de pH de 5,5 a 6,0, assim na água fervente (pH~6,4) não há quantidade significativa de lixiviação, o que justifica os resultados obtidos. No estudo de Silva, (2023) as concentrações de Al se fixaram em 7,1 mg kg^{-1} para ervilha *in natura* e para a ervilha cozida, as concentrações também ficaram abaixo do limite de detecção (<0,127), demonstrando também que não houve processo de lixiviação.

O Mn atua de forma positiva no organismo, atuando na formação óssea e no metabolismo de aminoácidos, gorduras, carboidratos e colesterol. Para as plantas é um micronutriente essencial e atua como ativador enzimático, controlando reações de oxi-redução essenciais à fotossíntese. Por mais que ele seja pouco móvel, é absorvido pela planta na forma de íon Mn^{2+} (solúvel em água) através do contato com as raízes e o solo. Porém em solos com alto teor de água, pode ser encontrado MnO_2 que se apresenta insolúvel em água.

As concentrações de Mn obtidas neste estudo, se apresentaram abaixo do limite de detecção (<0,127) nas amostras de água de cocção da ervilha, o que pode ser justificado devido a solubilidade do mesmo. No estudo realizado por Silva, (2023) as concentrações variaram de 14,1 a 18,7 mg kg^{-1} para ervilha *in natura* e 13,3 a 24,2 mg kg^{-1} para ervilha

cozida, demonstrando que houve perdas, justificado pela solubilidade do elementos através do processo de lixiviação.

Diante disso, pode se dizer que fatores como solubilidade dos elementos e composição do solo, influenciam na migração de elementos do alimento para a água de cocção a que os mesmos são submetidos. Essa migração dos elementos se dá através do processo de lixiviação. Uma alta temperatura de cozimento, pode acarretar na destruição de alguns nutrientes também.

5.5. Determinação da concentração total em água do cozimento da lentilha

Para as amostras de água de cozimento da lentilha, utilizou-se o mesmo método de preparo de amostras das ervilhas. Assim determinou-se as concentrações totais dos analitos Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn em amostras de água do cozimento de três diferentes marcas de lentilha por MIP OES, na qual é possível observar os resultados na Tabela 7.

Tabela 7. Concentrações totais de Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn em amostras de água do cozimento de três diferentes marcas de lentilha em mg kg $^{-1}$.

	$\overline{X} \pm SD\ (RSD)$		
Analito	**Marca A**	**Marca B**	**Marca C**
Al	0,79 ± 0,03 (3,8)	0,92 ± 0,03 (3,3)	1,33 ± 0,03 (2,3)
B	<1,150	<1,150	<1,150
Ba	0,0808 ± 0,0008 (1,0)	0,0360 ± 0,0001 (0,3)	0,035 ± 0,002 (5,7)
Cu	0,92 ± 0,03 (3,3)	1,03 ± 0,03 (2,9)	0,911 ± 0,004 (0,4)
Fe	2,83 ± 0,03 (1,1)	2,07 ± 0,03 (1,5)	1,79 ± 0,04 (2,2)
K	1.361 ± 6 (0,4)	1.287 ± 127 (9,9)	925 ± 21 (2,3)
Mg	103,5 ± 0,3 (0,3)	100 ± 1 (1,0)	92 ± 4 (4,4)
Mn	0,92 ± 0,03 (3,3)	0,41 ± 0,03 (7,3)	0,5084 ± 0,0004 (0,08)
V	<0,766	<0,766	<0,766
Zn	2,7 ± 0,1 (3,7)	2,2 ± 0,2 (9,1)	2,7 ± 0,2 (7,4)

$\overline{X}$ = média; SD = desvio padrão; RSD = desvio padrão relativo; <LD = concentrações abaixo do limite de detecção do método.

Analisando os resultados, observou-se que para as três diferentes marcas de lentilha analisadas houve perda de elementos durante o cozimento da mesma. As maiores concentrações encontradas foram K, Mg, Fe e Zn..

O K, como citado anteriormente é o principal nutriente encontrado nas plantas, logo, se apresenta em maiores quantidades nos alimentos também, considerando-se assim o elemento majoritário nas amostras de água do cozimento das três diferentes marcas de lentilha As concentrações de K, neste estudo, variaram de 925 a 1.361 mg kg^{-1}, demonstrando uma grande perda desse elemento, através do processo de lixiviação. No estudo realizado por Silva, (2023), as concentrações de K variaram de 8.866 a 9.615 mg kg^{-1} para lentilha *in natura* e de 7.171 a 7.892 mg kg^{-1} para lentilha cozida, confirmando também perda de K durante a cocção.

As concentrações de Mg também podem sofrer alterações devido ao processo de lixiviação. Neste estudo, as concentrações de Mg variaram de 92 a 103,5 mg kg^{-1} nas amostras de água do cozimento da lentilha, comprovando perda significativa desse alimento após cocção. Já no estudo de Silva, (2023) as concentrações variaram de 787,0 a 975,5 mg kg^{-1} para lentilha *in natura* e de 976,3 a 1.040 mg kg^{-1} para lentilha cozida, manifestando um aumento nas concentrações do alimento após o cozimento, que pode ter sido influenciado pela presença de fatores antinutricionais.

As concentrações de Fe, neste estudo, variaram de 1,79 a 2,83 mg kg^{-1} nas amostras de água do cozimento da lentilha, significando perda desse elemento durante o processo de cocção, o que pode ser justificado através de uma alteração de pH, visto que a solubilidade do ferro aumenta na medida em que o pH diminui.. No estudo de Silva, (2023), as concentrações variaram de 74,7 a 144 mg kg^{-1} para lentilha *in natura* e de 74,8 a 90 mg kg^{-1} para lentilha cozida, também apresentando perda desse nutriente.

O Zn apresentou neste estudo, concentrações que variaram de 2,2 a 2,7 mg kg^{-1} nas amostras de água do cozimento da lentilha, manifestando também perda desse elemento através do processo de lixiviação, pelo fato do íon Zn^{2+} ser solúvel em água. No estudo de Silva, (2023), as concentrações variaram de 37,0 a 46,0 mg kg^{-1} para lentilha *in natura* e de 35,7 a 49,0 mg kg^{-1} para lentilha cozida, apresentando pequenas perdas em algumas amostras e pequenos aumentos em outras, que podem ter sido influenciadas por fatores como a solubilidade, pH ou características desse elemento..

Para o B, as concentrações se apresentaram abaixo do limite de detecção (<1,150) nas amostras de água de cocção da lentilha, demonstrando que não há perdas significativas desse elemento, visto que é encontrado em pouca quantidade nos alimentos quando comparado com o K e Mg. Já Silva, (2023), relatou em seu estudo que as concentrações de boro, variaram de 4,97 a 7,8 mg kg^{-1} para lentilha *in natura* e de 5,09 a 6,34 mg kg^{-1} para lentilha cozida, manifestando tanto perdas quando acréscimos desse elemento, que pode ter sido influenciado por fatores como a solubilidade, pH ou características do mesmo.

O V pode ser encontrado em poucas quantidades em alguns alimentos, visto que é adicionado nos mesmos por meio de fertilizantes (Nutrifatos, 1996). Ele é insolúvel em água, consequentemente não lixívia no processo de cocção dos alimentos, como neste caso da lentilha, onde foram obtidas concentrações abaixo do limite de detecção (<0,766) para o V. No estudo de Silva, (2023), as concentrações de V variaram de 5,67 a 16,6 mg kg^{-1} para lentilha *in natura* e ficaram abaixo do limite de detecção (<0,766) para a ervilha cozida, afirmando que o elementos não lixívia no processo de cocção.

O Cu se apresenta imóvel no solo e nas plantas, porém é solúvel em água, logo, pode sofrer uma pequena alteração na sua composição através da lixiviação (Nutrifatos, 1996). O que é obtido neste estudo, onde as concentrações do Cu em água de cocção da lentilha variaram de 0,911 a 1,03 mg kg^{-1}, manifestando perdas. No estudo de Silva, (2023), também foi possível observar perdas, visto que as concentrações de Cu variaram de 8,51 a 11,5 mg kg^{-1} para lentilha *in natura* e 7,36 a 10,3 mg kg^{-1} para lentilha cozida.

O Ba também é considerado imóvel no solo o que faz ele não migrar para as plantas, porém não é descartada a presença de Ba nos alimentos (Llugany et al., 2000). Neste estudo foram obtidas concentrações de Ba que variaram de 0,035 a 0,0808 mg kg^{-1} nas amostras de água do cozimento da lentilha, manifestando perdas através do processo de lixiviação devido sua solubilidade em água. No estudo de Silva, (2023), as concentrações variaram de 2,84 a 4,25 mg kg^{-1} para a lentilha *in natura* e de 3,8 a 5 mg kg^{-1} para a lentilha cozida, na qual é possível observar aumento desse elemento após o cozimento, talvez influenciado pela diminuição da solubilidade ou por outras características desse elemento ainda não estudadas.

O Al é considerado um nutriente para as plantas em baixas concentrações, ao contrário disto, é tóxico tanto para elas como para o solo. Dependendo do pH da água, o Al pode ser mais solúvel ou menos solúvel, por exemplo, em pH na faixa de 5,5 a 6, a solubilidade do Al é baixa, porém não é descartada (Salvador et al., 2000). Logo, as concentrações de Al, neste

estudo, variaram de 0,79 a 1,33 mg kg^{-1} nas amostras de água do cocção da lentilha, isso pode ser justificado através da sua solubilidade como citado anteriormente. No estudo de Silva, (2023), as concentrações de Al variaram de 12,1 a 44,7 mg kg^{-1}, para lentilha *in natura* e para a lentilha cozida, o valor se fixou em 11,1 mg kg^{-1}, também demonstrando perda desse elemento.

O Mn também pode ser, tanto solúvel quanto insolúvel em água, depende da forma como ele está presente nas plantas e como é absorvido do solo por elas. O íon Mn^{2+} é solúvel já o MnO_2 que pode ser formado através do alto teor de água no solo, é insolúvel. Neste estudo, foram obtidas concentrações de Mn que variaram de 0,41 a 0,92 mg kg^{-1} nas amostras de água do cozimento da lentilha, manifestando a migração de uma pequena quantidade desse elemento para a água de cocção, que pode ter sido motivada pelo processo de lixiviação através da solubilidade. Já no estudo de Silva, (2023), houve aumento das concentrações desse elemento após a cocção, onde foram obtidos concentrações que variaram de 12,8 a 15,3 mg kg^{-1} para lentilha *in natura* e de 14,5 a 17,1 mg kg^{-1} para lentilha cozida. Como citado anteriormente, a forma como Mn é absorvido na planta, pode afetar sua solubilidade e consequentemente a perda ou acréscimo desse elemento, quando submetido a processos térmicos como o cozimento.

Diante disso, pode se dizer que fatores como solubilidade dos elementos e composição do solo, influenciam na migração de elementos do alimento para a água de cocção a que os mesmos são submetidos. Essa migração dos elementos se dá através do processo de lixiviação. Uma alta temperatura de cozimento, pode acarretar na destruição de alguns nutrientes também. Cabe ressaltar também, que as lentilhas passaram por um preparo de amostra através do método *overnight*, onde ficaram 12 horas de molho antes do cozimento. Esse processo pode sim, ter influenciado nos resultados obtidos neste estudo, onde foram apresentadas concentrações de elementos insolúveis na água de cocção.

5.6. Determinação da concentração total em água do molho da lentilha

Para a determinação das concentrações totais dos analitos Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn em amostras da água do molho de três diferentes marcas de lentilha, utilizou-se o mesmo método de preparo de amostras utilizado nas outras duas amostras. Logo, a Tabela 8 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 8. Concentrações totais de Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn em amostras de água do molho de três diferentes marcas de lentilha em mg kg $^{-1}$.

	$\overline{X} \pm SD\ (RSD)$		
Analito	**Marca A**	**Marca B**	**Marca C**
Al	0,8 ± 0,1 (12,5)	0,94 ± 0,02 (2,1)	1,4 ± 0,1 (7,1)
B	<1,150	<1,150	<1,150
Ba	0,038 ± 0,003 (7,9)	0,035 ± 0,001 (2,8)	0,0346 ± 0,0003 (0,9)
Cu	<0,051	<0,051	<0,051
Fe	<0,639	<0,639	<0,639
K	2.200 ± 186 (8,5)	1.989 ± 37 (1,9)	1.951 ± 112 (5,7)
Mg	6,4 ± 0,2 (3,1)	7,5 ± 0,2 (2,7)	8,1 ± 0,4 (4,9)
Mn	<0,127	<0,127	<0,127
V	<0,766	<0,766	<0,766
Zn	1,1 ± 0,1 (9,1)	0,7 ± 0,1 (14,3)	0,47 ± 0,03 (6,4)

$\overline{X}$ = média; SD = desvio padrão; RSD = desvio padrão relativo; <LD = concentrações abaixo do limite de detecção do método.

Como citado anteriormente, as lentilhas passaram por um pré tratamento, onde foram deixadas 12 horas de molho. Este método é bastante comum, principalmente na culinária doméstica, tanto para eliminar antinutrientes e sujeiras presentes nos alimentos, quanto para reduzir a dureza dos grãos (Onayemi et al., 1986). Assim, analisando os resultados, observou-se que para as três diferentes marcas de lentilha analisadas houve perda de elementos durante esse processo. As maiores concentrações encontradas foram K, Mg, Al e Zn.

Não foram encontrados na literatura informações, especificamente, de teores de Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn em amostras de água de molho da lentilha para uma posterior comparação de valores.

O elemento majoritário observado nas amostras de água de molho das diferentes marcas de lentilha também foi o K, pelo motivo de estar presente em maior quantidade nos alimentos. O mesmo apresentou concentrações que variaram de 1.951 a 2.200 mg kg^{-1} nas amostras de água de molho da lentilha, demonstrando que houve uma grande perda de nutrientes.

O Al, Mg e o Zn, apresentaram concentrações que variaram de 0,8 a 1,4 mg kg^{-1}, 6,4 a 8,1 mg kg^{-1} e 0,47 a 1,1 mg kg^{-1}, respectivamente, nas amostras de água de molho da lentilha, manifestante também perda desses elementos nesse processo de molho.

O Ba apresentou concentrações bem baixas, na qual variaram de 0,035 a 0,038 mg kg^{-1} nas amostras de água de molho da lentilha, demonstrando uma pequena perda desse nutriente durante o processo de molho, visto que o alimento em si, possui pouca quantidade de Ba também.

As concentrações dos elementos B, Cu, Fe, Mn e V, neste estudo, se apresentaram abaixo do limite de detecção (<1,150 para o B; <0,051 para o Cu; <0,639 para o Fe; <0,127 para o Mn e <0,766 para o V) nas amostras de água de molho da lentilha, não apresentando perdas significativas, visto que não foram encontradas concentrações desses elementos na água de molho.

Essas perdas de elementos durante o processo de molho dos grãos de lentilha, podem estar atribuídos à remoção parcial de nutrientes essenciais e não essenciais com outros compostos nitrogenados formados, o que ocasiona a degradação química da proteína nos nutrientes solúveis em água, quando submetidos a alta temperatura e pressão (Huma et a., 2008).

6. Conclusão

O método de preparo de amostra utilizado, na qual utiliza a decomposição ácida com sistema de refluxo, se mostrou eficiente para a decomposição das amostras e também para a determinação de Al, B, Ba, Cu, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn utilizando o MIP OES.

Nas determinações de compostos fenólicos, as amostras de água de molho da lentilha apresentaram teores muito maiores que os das amostras de água de cocção da lentilha. Enquanto que as amostras de água de cocção da ervilha, apresentaram teores baixos quando comparadas com as demais. Já as determinações de teores de umidade demonstraram que a amostra 2 de lentilha cozida, apresentou teor de umidade mais alto, quando comparado com as demais.

As maiores concentrações de metais encontradas nas diferentes três amostras trabalhadas neste estudo, foram de K e Mg em todas, devido ao fato desses elementos serem encontrados em maiores quantidades nos alimentos. A amostra que apresentou maior perda de elementos quando comparada com as demais, foi a amostra 1 da água de molho das lentilhas. Na amostra de água de cozimento da ervilha e água de cozimento da lentilha, a amostra que apresentou maior perda de elementos na sua composição foi também a amostra 1 para ambas. Observou-se que após os alimentos passam por um processo de cozimento, ou até mesmo por um pré-tratamento, como no caso das lentilhas, há sim, uma perda de alguns elementos, justificada pela diminuição das concentrações dos mesmos. Essas perdas, podem estar relacionadas com a solubilidade dos nutrientes presentes nos alimentos, visto que, uma vez em contato com a água, eles podem migrar do alimento através do processo de lixiviação.

Visto que a ingestão de minerais é de extrema importância para o bom funcionamento do nosso corpo e que a forma de cozimento utilizada pode sim influenciar em uma grande perda de nutrientes e minerais, é necessário buscar outros métodos de cozimento para os alimentos, uma vez que possam preservar grande parte das características nutricionais.

7. Referências Bibliográficas

AGILENT TECHNOLOGIES. **MP-AES Agilent 4200: Especificações**. 2014.

AGILENT TECHNOLOGIES. **Princípios da espectroscopia atômica: Hardware**. 2016.

AGILENT TECHNOLOGIES. **Espectrômetro de emissão atômica com plasma induzido por micro-ondas Agilent 4200**. 2015.

AGILENT TECHNOLOGIES. Microwave plasma atomic emission spectroscopy (MP-AES) - Application e Handbook, 167 p, 2016.

AMORIM, F. A. C.; LOBO, I. P; SANTOS, V. L. C. S.; FERREIRA, S. L. C. Espectrometria de absorção atômica: o caminho para determinações multielementares. Química Nova, v. 31, p. 1784-1790, 2008.

ANDRADE, E. C. B. DRADE, E.C.B., BARROS, A.M., MAGALHÃES, A.C.P., CASTRO, L.L.S., TAKASE, I, Avaliação dos teores de cobre e zinco em leguminosas cruas e após processamento térmico em meio salino e aquoso, , ISBN 85-89123-01-4, 2002.

BRASIL. **Resolução RDC ANVISA/MS n° 269, de 22 de setembro de 2005**. O "Regulamento técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais". Brasil: ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005. Disponível em:< http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_269_2005.pdf/2e95553c-a482-45c3-bdd1-f96162d607b3> Acesso em: 06 mar. 2023.

CARVALHO, O. T. Carotenóides e composição centesimal de ervilhas (Pisum Sativum L.). **Universidade de São Paulo**, 2007.

DHULL, S. B.; PUNIA, S.; KIDWAI, M. K.; KAUR, M.; CHAWLA, P.; PUREWAL, S. S.; SANGWAN M.; PALTHANIA, S. Solid-state fermentation of lentil (Lens culinaris L.) with Aspergillus awamori: Effect on phenolic compounds, mineral content, and their bioavailability. **Legume Science**, v. 2, p. 1-12, 2020.

DUTRA, G. R. B., Potássio nas plantas: tudo que você precisa saber para fazer melhor uso dele. AEGRO, 2019. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/potassio-nas-plantas/>. Acesso em 01 mai. 2023.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The International Year of Pulses**. FAO, 2019. Disponível em:< http://www.fao.org/3/CA2853EN/ca2853en.pdf> Acesso em: 25 mar. 2023.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Food and agriculture data**. FAOSTAT, 2022. Disponível em:< http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> Acesso em: 04 abr. 2023.

FAROOQ, M.; GOGOI, N.; HUSSAIN, M.; BARTHAKUR, S.; PAUL, S.; BHARADWAJ, N.; MIGDADI, H. M.; ALGHAMDI, S. S.; SIDDIQUE, k. H. M. Effects, mechanisms of tolerance and management of salt stress in legumes for grain. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 118, p. 199-217, 2017.

FOWLER, B. A.; ALEXANDER, J.; OSKARSSON, A. Toxic metals in food. **Handbook on the Toxicology of Metals**, v. 1, p. 123-140, 2015.

FERREIRA, S. L. C.; SILVA, L. O. B.; DE SANTANA, F. A.; JUNIOR, M. M. S.; MATOS, G. D.; DOS SANTOS, W. N. L. A review of reflux systems using cold finger for sample preparation in the determination of volatile elements. **Microchemical Journal**, v. 106, p. 307-310, 2013.

FRAGA, C. G. Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 26, p. 235-244, 2005.

FREIRIA, E. F. C. *Bromatologia*; Editora e Distribuidora Educacional S.A: Londrina, 2018, p. 59-74.

GRÖBER, U.; SCHMIDT, J.; KISTERS, K. Magnesium in Prevention and Therapy. **Nutrients**, v. 7, p. 8199-8226, 2015.

GROTTO, H. Z. W. Fisiologia e metabolismo do ferro. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, p. 8-17, 2010.

GRANT, G.; DUNCAN, M.; ALONSO, R.; MARZO, F. Peas and Lentils. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)**, p. 4433- 4440, 2003.

HOLLER, F. J.; SKOOG, D. A.; CROUCH, S. R. Princípios de análise instrumental. 6 ª ed. Bookman: Porto Alegre, 2009, 1059 p.

HUDZ, N. YEZERSKA, O. SHANAIDA, M. SEDLACKOVÁ, V. V.; WIECZOREK, P. P. Application pf the Folin-Ciocalteau Method to the evaluation os Salvia Sclarea Extracts. Pharmacia, v. 66, p. 209-215, 2019.

IAL – Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. Ed. São Paulo, 2008. 1020 p.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Orientações sobre validação de métodos analíticos**. DOQ-CGCRE008, rev. 5, 2016, 31 p.

IQBAL, A.; KHALIL, I. A.; ATEEQ, N.; KHAN, M. S. Nutritional quality of important food legumes. **Food Chemistry**, v.97, p. 331-335, 2006.

JANKOWSKI, K. J; RESZKE, E. Instrumentation for Microwave Induced Plasma Optical Emission Spectrometry. **Royal Society of Chemistry**, 2010, 264 p.

JEZIERNY, D.; MOSENTHIN, R.; BAUER, E. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 157, p. 11-128, 2020.

JOSHI, M.; TIMILSENA, Y.; ADHIKARI, B. Global production, processing and use of lentils: a review. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, p. 2898-2913, 2017.

JUNIOR, R. G. O.; ARAÚJO, C. S.; SOUZA, G. R.; GUIMARÃES, A. L.; OLIVEIRA, A. P.; LIMA-SARAIVA, S. R. G.; MORAIS, A. C. S.; SANTOS, J. S. R.; ALMEIDA, J. R. G. S. In vitro antioxidant and photoprotective activities of dried extracts from Neoglaziovia variegata (Bromeliaceae). Journal of Applied Pharmaceutical Science, v. 3, p. 122-127, 2013.

KARAKÖY, T.; ERDEM, H.; BALOCH, F. S.; TOKLU, F.; EKER, S.; KILIAN, B.; OZKAN, H. Diversity of macro and micronutrients in seeds of lentil breeds. **The Scientific World Journal**, 2012.

KHALIQ, H.; JUMING, Z.; KE-MEI, P. The Physiological Role of Boron on Health. **Biological Trace Element Research**, v. 186, p. 31-51, 2018.

KHANEGHAH, A. M.; FAKHRI, Y.; NEMATOLLAHI, A.; PIRHAD, M. Potentially toxic elements (PTE) in cereal-based foods: a systematic review and metaanalysis. **Trends in Food Science & Technology**, v. 96, p. 30-44, 2020.

KORN, M. G. A.; BOA MORTE, E. S.; DOS SANTOS, D. C. M. B.; CASTRO, J. T.; BARBOSA, J. T. P.; TEIXEIRA, A. P.; FERNANDES, A. P.; WELZ, B.; DOS SANTOS, W. P. C.; DOS SANTOS, E. B. G. N.; KORN, M. Sample preparation for the determination of metals in food samples using spectroanalytical methods - a review. **Applied Spectroscopy Review**, v. 43, p. 67-92, 2008.

KRUG, F. J. Erros no preparo de amostras. In: V WORKSHOP DE PREPARO DE AMOSTRA, 5., 2004, Butantã – SP. **V workshop de preparo de amostra: erros no preparo de amostras**. São Paulo: USP, 2004. Disponível em:< http://allchemy.iq.usp.br/agregando/wpa/Palestra10.pdf> Acesso em: 15 abr. 2023.

KRUG, F. J.; Métodos de preparo de amostras: Fundamentos sobre preparo de amostras orgânicas e inorgânicas para análise elementar. 1ed. Piracicaba, p.340, 2010.

KUMAR, S.; PANDEY, G. Biofortification of pulses and pulses to improve nutrition. **Heliyon**, v. 6, 2020.

LEE, K., Clydesdale FM (1981) Effect of thermal processing on endogenous and added iron in canned spinach. J Food Sci 46: 1064-1067.

LLUGANY, M.; POSCHENRIEDER, C.; BARCELÓ, J. Assessment of barium toxicity in bush beans. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, v. 39, p. 440–444, 2000. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s002440010125>. Acesso em 28 abr. 2023.

LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Atividade antioxidante do extrato de sementes de limão (Citrus limon) adicionado ao óleo de soja em teste de estocagem acelerada. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 946–949, 2009.

MLYNIEC, K.; DAVIES, C. L.; SÁNCHEZ, I. G. A.; PYTKA, K.; BUDZISZEWSKA, B.; NOWAK, G. Essential elements in depression and anxiety. Part I. **Pharmacological Reports**, v. 66, p. 534-544, 2014.

MOHAMMAD, F. S., ZUBAIDY, EAH, AL, BASSIONI, G. Efeito do Processo de Lixiviação de Alumínio de Utensílios de Cozinha sobre Comida. **Jornal Internacional de CIÊNCIA ELETROQUÍMICA**, v. 6 p. 222-230, 2011.

NASCIMENTO, Warley. Leguminosas de inverno: alternativa para a região dos cerrados. **Embrapa hortaliças**, 2016. Disponível em:< http://anapa.com.br/wpcontent/uploads/2016/12/Leguminosas_de_inverno.pdf> Acesso em: 12 abr. 2023.

NLEYA, T.; VANDENBERG, A.; WALLEY, F. L. LENTIL | Agronomia. **Encyclopedia of Grain Science**, p. 150-157, 2004.

OJEDA, A. M. R. Peas and Lentils. **Encyclopedia of Food and Health**, 2016.

OJEDA, A. M. R.; ROJAS, R. M.; MARTOS, F. C. Mineral and trace element content in legumes (lentils, chickpeas and beans): bioaccessibility and probabilistic assessment of food intake. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 73, p. 17-28, 2018.

OLIVEIRA, A. C. D., VALENTIM, I. B., GOULART, M. O. F., SILVA, C. A., BECHARA, E. J. H., TREVISAN, M. T. S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. Química Nova, v. 32, p. 689-702, 2009.

OLIVEIRA, E. Sample preparation for atomic spectroscopy: evolution and future trends. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 14, p. 174-182, 2003.

OLIVEIRA, R. M.; ANTUNES, A. C. N.; VIEIRA, M. A.; MEDINA, A. L.; RIBEIRO, A. S. Evaluation of sample preparation methods for the determination of As, Cd, Pb, and Se in rice samples by GF AAS. **Microchemical Journal**, v. 124, p. 402- 409, 2016.

ONAYEMI, O., OSIBOGUN, O. A. e OBEMBEIS, O. (1986), "Efeito de diferentes armazenamento e cozimento Efeito dos métodos de imersão em algumas características bioquímicas, nutricionais e sensoriais do feijão-frade", **Journal and cooking of Food Science**, Vol . 51 No. 2, pp. 153-6.

ORESTE, E. Q.; DE JESUS, A.; DE OLIVEIRA, R. M.; DA SILVA, M. M.; VIEIRA, M. A.; RIBEIRO, A. S. New design of cold finger for sample preparation in open system: determination of Hg in biological samples by CV-AAS. **Microchemical Journal**, v.109, p. 5-9, 2013.

ORESTE, E. Q.; SOUZA, A. O.; PEREIRA, C. C.; LISBOA, M. T.; CIDADE, M. J. A.; VIEIRA, M. A.; CADORE, S.; RIBEIRO, A. S. Evaluation of sample preparation methods

for the determination of Ca, Cu, Fe, K, and Na in milk powder samples by ICP-OES. **Food Analytical Methods**, v. 9, p. 777-784, 2016.

PARCHEN, G. P., SANTOS, M. J. R. UV-Vis. BIOPOL UFPR, 2020. Disponível em: <http://www.biopol.ufpr.br/uv-vis/>. Acesso em: 18 abr. 2023.

PEREIRA, C. C.; SILVA, E. N.; SOUZA, A. O.; VIEIRA, M. A.; RIBEIRO, A. S.; CADORE, S. Evaluation of the bioaccessibility of minerals from blackberries, raspberries, blueberries and strawberries. Journal of Food Composition and Analysis, v. 68, p. 73-78, 2018.

PEREIRA, C. C.; SOUZA, A. O.; ORESTE, E. Q.; CIDADE, M. J. A.; CADORE, S.; RIBEIRO, A. S.; VIEIRA, M. V. Acid decomposition of yerba mate (Ilex paraguariensis) using a reflux system for the evaluation of Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Pb and Zn contents by atomic spectrometric techniques. Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 27, p. 685-693, 2016.

PEIXOTO, Eduardo Motta Alves. Vanádio. **Química Nova na Escola**, 2006.

POHL, H. R.; WHEELER, J. S.; MURRAY, H. E. Sodium and Potassium in Health and Disease. **Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)**, v. 13, p. 29-47, 2013.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 200-2013, 2008.

Rosa, C. et al. Construção de espectrofotômetro visível para fins didáticos. Journal of Exact Sciences. V.21, n.1. pp.20-25 (Abr – Jun 2019).

HUDZ, N. YEZERSKA, O. SHANAIDA, M. SEDLACKOVÁ, V. V.; WIECZOREK, P. P. Application pf the Folin-Ciocalteau Method to the evaluation os Salvia Sclarea Extracts. Pharmacia, v. 66, p. 209-215, 2019.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Influência do alumínio no crescimento e na acumulação de nutrientes em mudas de goiabeira. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, n. 4, p. 787-796, 2000.

SHAHEEN, S. M.; ANTONIADIS, V.; KWON, E.; SONG, H.; WANG, S.; HSEU, Z.; RINKLEBE, J. Soil contamination by potentially toxic elements and risk associated with human health in contaminated geo and anthropogenic soils: a case study of the temperate region (Germany) and the arid region (Egypt). **Environmental Pollution**, v. 262, 2020.

SILVA, S. A. Desenvolvimento de método analítico para análise multielementar e determinação da fração bioacessível em lentilha e ervilha por MIP OES. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. Princípios de análise instrumental. 5ª ed., Porto Alegre: Bookman, 2002, 836 p.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Princípios de Análise Instrumental**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 1055p.

SKOOG, D.A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental.**5a. ed. Editora Bookman Porto Alegre-RS, p. 836, 2002.

SOUZA, A. O.; PEREIRA, C. C.; HELING, A. I.; ORESTE, E. Q.; CADORE, S.; RIBEIRO, A. S.; VIEIRA, M. A. Determination of total concentration and bioaccessible fraction of metals in infant cereals by MIP OES. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 77, p. 60-65, 2019.

TACO – **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. NEPA/UNICAMP. Campinas – SP, 2011, 4a . edição revisada e ampliada.

USDA - United States Department of Agriculture. **Tabela de Composição Química de Alimentos**, 2016. Disponível em: < http://tabnut.dis.epm.br/alimento> Acesso em: 28 mar. 2023.

VIZZOTO, M.; KROLOW, A.C.; WEBER, G. E. B. Metabolismo Secundário Encontrado em Plantas e sua Importância. Embrapa Clima Temperado, Documento 316, p. 16, Pelotas, 2010.

WANG, N.; HATCHER, D. W.; GAWALKO, E. J. Effect of variety and processing on nutrients and certain anti-nutrients in field peas (Pisum sativum). **Food Chemistry**, v. 111, p. 132-138, 2008.

YONNY, M. E.; MEDINA, A. V.; NAZARENO, M. A.; CHAILLOU, L. L. Enhancement in the oxidative stability of green peas by Ilex paraguariensis addition in a blanching process before their refrigerated and frozen storage. **LWT - Food Science and Technology**, 2018.

ZORODDU, M. A.; AASETH, J.; CRISPONI, G.; MEDICI, S.; PEANA, M.; NURCHI, V. M. The essential metals for humans: a brief overview. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v. 195, p. 120-129, 2019.