



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

THAIS VIRGINIA DA SILVA

O EFEITO DA COCÇÃO NA COMPOSIÇÃO MINERAL DO ARROZ
(*Oryza sativa L.*): uma revisão da literatura

Recife - PE
Junho/2022

THAIS VIRGINIA DA SILVA

**O EFEITO DA COCÇÃO NA COMPOSIÇÃO MINERAL DO ARROZ
(*Oryza sativa L.*): uma revisão da literatura**

Monografia apresentada a coordenação do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciado (a) em Química.

Orientador: Prof(a). Dr(a). Maria José de Filgueiras Gomes

Coorientador: Dr. Iago José Santos da Silva

Recife - PE

Junho/2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- T364e da Silva, Thais Virginia
O EFEITO DA COCCÃO NA COMPOSIÇÃO MINERAL DO ARROZ (*Oryza sativa* L.): uma revisão da literatura / Thais Virginia da Silva. - 2022.
49 f. : il.
- Orientador: Maria Jose de Filgueiras Gomes.
Coorientador: Iago Jose Santos da Silva.
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Licenciatura em Química, Recife, 2022.
1. Arroz. 2. Composição mineral. 3. Preparo do arroz. 4. Pré-lavagem. 5. Nutrientes. I. Gomes, Maria Jose de Filgueiras, orient. II. Silva, Iago Jose Santos da, coorient. III. Título

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

THAIS VIRGINIA DA SILVA

**O EFEITO DA COCÇÃO NA COMPOSIÇÃO MINERAL DO ARROZ
(*Oryza sativa L.*): uma revisão da literatura**

Aprovado em: 07 de junho de 2022.

Banca Examinadora

Orientador (a)

Profa. Dra. Maria José de Filgueiras Gomes (UFRPE/SEDE)

Co-Orientador (a)

Dr. Iago José Santos da Silva (UFPE)

Profa. Dra. Katya Maria Oliveira de Sousa – 1º avaliadora
UFRPE

Me. Renê Gomes da Silva – 2º avaliador

Dedico o resultado do esforço ao longo de todos estes anos àqueles que sempre me ajudaram e incentivaram nessa caminhada. Em especial ao meu esposo, meus pais, meu irmão, minha tia Paulina minha Avó Paterna, que mesmo não estando mais entre nós, sempre se alegrou com minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me capacitar, sustentar e permitir que eu realizasse mais uma etapa da minha vida.

Ao meu esposo por todo carinho, dedicação e compreensão nos momentos em que eu mais precisava durante a realização dessa monografia.

À minha família por todo apoio nessa caminhada.

Aos meus amigos de sala, em especial José Josiel, Rhaysa Farias, Allan Xavier, Debora Lorrane e Ronald Prazeres por todos os momentos vividos e compartilhados durante o curso.

À universidade Federal Rural de Pernambuco por todo suporte para o desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus orientadores, Prof.^a Dr(a) Maria José Filgueiras Gomes e Dr. Iago José Santos da Silva pelo apoio, disposição em ajudar e por toda compreensão de minhas limitações ao longo desse trabalho.

A todos aqueles que não mencionei, mas que de alguma forma me ajudaram durante essa longa jornada.

“Eu sou um universo de átomos, e ainda assim, um átomo no universo”

Richard P. Feynman

RESUMO

Nos últimos anos, a determinação de nutrientes em alimentos presentes em menores concentrações, como os minerais, tornou-se um aspecto relevante, pois embora muitos elementos sejam essenciais ao ser humano, o excesso dos mesmos, no organismo, pode causar danos ao sistema biológico. Entre os alimentos, o arroz é considerado um componente importante da dieta humana sendo mundialmente consumido. Nesse sentido, o presente trabalho consiste em uma revisão da literatura relacionada aos procedimentos comumente utilizados no preparo do arroz para posterior ingestão e no que isso influencia diretamente a sua composição e concentração mineral. Sabe-se que, dependendo da forma como é realizado o cozimento desse grão, a bioacessibilidade de minerais pode ser afetada, ou seja, a capacidade que um elemento químico é dissolvido no trato gastrointestinal. Estudos na literatura relatam que além das condições de cultivo, como a fertilização, as condições do solo e processamento do arroz, a etapa de pré-lavagem, proporção arroz/água, o destino da água utilizada durante o cozimento e o recipiente utilizado para o preparo, são fatores que podem exercer uma influência direta na composição e concentração dos minerais do arroz. Entre os resultados relevantes ao tema, pode-se destacar que várias repetições de lavagem, antes do preparo do arroz ajudam a diminuir o teor de elementos tóxicos presentes no grão, assim como uma quantidade de água superior à quantidade do arroz utilizada leva, por exemplo, à redução do teor de arsênio inorgânico. No entanto, poucos trabalhos presentes na literatura relataram a influência das etapas de preparo no teor dos metais essenciais presentes no arroz, sendo de grande relevância para a comunidade científica uma revisão bibliográfica com essa temática.

Palavras-chave: Arroz. Composição mineral. Preparo do arroz. Pré-lavagem. Proporção água/arroz. Nutrientes.

ABSTRACT

Nowadays determination of food nutrients presents in lower concentrations, such as minerals, has become a relevant aspect, not only due many elements are essential to the human beings, also their excess in biological systems can induce several damages to them. As a staple food, rice is considered an important component in a healthy human diet and it is consumed worldwide. In this panorama, this work carries out a literature review toward gathering data about the procedures commonly used in the preparation of rice for later ingestion and implications of them in its mineral composition. It is known, that how to perform the cooking rice process can affect its bioaccessibility, that means the ability to dissolve an amount of an element the gastrointestinal tract. In addition, studies in the literature have reported that influences of the growing grain conditions, fertilization, soil conditions and its processing, as also prewash stages, the rice/water ratio, the destination of the water used before and during cooking process, and the container used for preparation, are factors that can exert a direct influence on the composition and concentration of minerals in rice. Among the relevant results, it can be highlighted that several cycles of rinsing before rice preparation, lead to reduce toxicity levels in medium, as well as the use of a greater amount of water than the amount of rice, for example, can promote reduction of the inorganic arsenic content. However, few works in the literature have reported the influence of the preparation steps on the content of essential metals present in rice, therefore a literature review on this topic is of great relevance to the scientific community.

Keywords: Rice. Mineral composition. Rice preparation. Pre-washing. Water/rice ratio. Nutrients.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Arroz integral, parboilizado e branco.	15
Figura 2	Estrutura do grão de arroz	19
Figura 3	Componentes básicos de um ICP OES	27
Figura 4	Ácido dimetilarsínico (DMA)	29
Figura 5	Ácido monometilarsônico (MMA)	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição percentual (%) de arroz integral, branco e polido	20
Tabela 2	Vitaminas presentes no arroz	20
Tabela 3	Concentração de minerais no arroz integral e branco polido	22

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Pré-Lavagem realizada por alguns autores.	27
Quadro 2	Proporção arroz/água utilizada durante o processo de cozimento do arroz relatado por alguns autores.	32
Quadro 3	Destino da água utilizada durante o processo de cozimento do arroz relatado por alguns autores.	36
Quadro 4	Material do recipiente usado na cocção relatado por alguns autores.	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAS	<i>Atomic Absorption Spectrometry</i> (Espectrometria de Absorção Atômica)
ICP-OES	<i>Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry</i> (Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente);
DMA	Ácido dimetilarsínico
MMA	Ácido monometilarsônico
iAs	Arsênio inorgânico
tAs	Arsênio total

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3 METODOLOGIA.....	18
3.1 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS.....	18
3.2 INSTRUMENTO DE ANÁLISE DE DADOS.....	18
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
4.1 ARROZ: CARACTERÍSTICAS E VALOR NUTRICIONAL	18
4.2 MINERAIS EM ARROZ.....	22
4.3 PREPARO DE AMOSTRA PARA SUBSEQUENTE DETERMINAÇÃO MULTIELEMENTAR	23
4.4 PRINCIPAIS TÉCNICAS DE QUANTIFICAÇÃO DE MINERAIS EM ARROZ .	24
4.4.1 Espectrometria de absorção atômica (AAS)	25
4.4.2 Espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES)	26
4.5 INFLUÊNCIA DA PRÉ-LAVAGEM SOBRE A COMPOSIÇÃO MINERAL DO ARROZ	27
4.6 INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE COZIMENTO SOBRE A COMPOSIÇÃO MINERAL DO ARROZ.....	31
4.6.1 Proporção arroz/água	32
4.6.2 Destino da água utilizada durante o processo de cozimento	36
4.6.3 Material do recipiente	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

A alimentação é uma das principais formas de ingestão de minerais, sendo estes causadores de vários eventos biológicos, podendo causar danos à saúde humana, caso exista deficiência, excesso ou um desequilíbrio no corpo. (KREJCOVA *et al.*, 2007). Entre os minerais que são essenciais para o organismo humano estão o potássio, sódio, cálcio e magnésio. As ingestões diárias recomendadas para estes minerais são: 3500 mg (K), 2400 mg (Na), 1000 mg (Ca) e 400 mg (Mg). Os minerais como ferro, níquel, zinco, manganês, cobre, cromo e molibdênio também desempenham funções fisiológicas no corpo humano, sendo a ingestão diária necessária de 18 mg (Fe), 25-35 µg (Ni), 15 mg (Zn), 2 mg (Mn), 2 mg (Cu), 120 µg (Cr) e 75 µg (Mo) (GIBSON, 1989; KREJCOVA *et al.*, 2007).

Os constituintes inorgânicos estão presentes em muitas funções do corpo humano. O ferro, por exemplo, está presente na hemoglobina, que é a molécula responsável pela absorção e transporte de oxigênio (DINIZ *et al.*, 2013). Metais como o cromo, zinco, níquel e cobalto têm sua importância nos processos metabólicos que regulam a energia e o bom funcionamento do corpo humano (SEMEDO, 2014).

Entre os metais que quando absorvidos podem ocasionar distúrbios ao organismo, está o chumbo (Pb), que poderá levar a intoxicação, distúrbios neurológicos, gastrointestinais e renais (DINIZ *et al.*, 2013; SEMEDO, 2014). A depender do seu estado de oxidação, o cromo, também é considerado um metal essencial por estar diretamente relacionado ao metabolismo da glicose, embora possa ser potencialmente carcinogênico e mutagênico (SEMEDO, 2014).

Entre os alimentos mais básicos da população brasileira e de outros países, principalmente os asiáticos, como China, Índia, Indonésia, Bangladesh e Vietnã, destaca-se o arroz (FIGURA 1) como fonte de nutrição, contribuindo em média com 21% do aporte calórico da população mundial (PASCUAL, 2010). O Brasil destaca-se como o maior produtor não-asiático, ficando em 11^o posição no ranking global (IRGA, 2019).

Figura 1 – Arroz integral, parboilizado e branco.



Fonte: Remédio caseiro, 2020.

As propriedades do arroz estão diretamente relacionadas às suas variedades, métodos de cultivo, processamento e condições de cozimento. Estudos relatam que o arroz, quando cozido, pode apresentar elevadas concentrações de metais tóxicos como o alumínio, ocasionado pela transferência do metal presente na panela para a água usada durante o cozimento (ZIARATI e AZIZI, 2014).

O alumínio é um metal potencialmente tóxico, principalmente quando se acumula no corpo humano, podendo causar danos a tecidos e células no sistema nervoso central, ocasionando a doença de Alzheimer, câncer de pulmão e eventos inflamatórios pelo organismo (LLOBET *et al.*, 2003). Altos níveis de alumínio presente no organismo podem prejudicar a capacidade do corpo em digerir e absorver o fósforo, flúor e cálcio, impedindo assim, o crescimento ósseo (GARCIA, 2014).

Além do alumínio, na literatura são relatadas altas concentrações de arsênio no arroz, sendo um alimento que requer uma atenção maior devido às suas elevadas taxas de consumo *per capita*, uma vez que a ingestão exacerbada de arsênio no organismo pode trazer vários riscos à saúde como várias formas de câncer (HORNER e BEAUCHEMIN, 2013; MIHUCZ *et al.*, 2007).

Entretanto, o arsênio tem sua toxicidade aumentada dependendo de suas espécies presentes na amostra de alimento, sendo as formas iônicas (As (III) e As (V)) consideradas as mais tóxicas (MIHUCZ *et al.*, 2007). Dessa forma é importante que os pesquisadores encontrem estratégias para a redução de elementos tóxicos no arroz com abordagens de melhoramento, por meio de modificação genética, verificação de

variedades com baixa quantidade destes elementos e quais os melhores métodos de cozimento (TULI *et al*, 2010).

Nesse contexto, o presente estudo consiste em uma pesquisa bibliográfica que teve por objetivo investigar na literatura especializada, o efeito da cocção na composição mineral e selecionar os trabalhos mais relevantes. Vale ressaltar que a relevância científica desta monografia se deve à escassez de trabalhos de revisão com informações acerca do tema relacionado à minerais em arroz cozido, podendo então contribuir para futuras pesquisas na área.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma revisão bibliográfica sobre o efeito da cocção na composição mineral do arroz.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Relatar a influência da pré-lavagem sobre a composição mineral do arroz.
- Descrever a influência de diferentes parâmetros relacionados ao cozimento (proporção água/arroz, destino da água utilizada durante o processo de cozimento e o material do recipiente) sobre a composição mineral do arroz.

3 METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica do presente trabalho consiste em uma revisão da literatura baseada em artigos já publicados em relação ao tema. Segundo Fonseca (2002) qualquer trabalho científico fundamenta-se com uma revisão bibliográfica que possibilita ao autor uma melhor compreensão daquilo que já foi estudado por outros autores.

Para a realização da pesquisa é necessário que algumas etapas sejam seguidas como: a escolha do tema, levantamento bibliográfico, busca de fontes, leitura do material, fichamento, organização das ideias e elaboração da pesquisa (GIL, 2002). Desta forma, a metodologia aplicada nessa pesquisa é uma revisão bibliográfica para avaliar as influências da cocção na composição e concentração mineral do arroz.

3.1 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Para a coleta de dados, inicialmente foi realizado uma busca de periódicos através da plataforma CAPES utilizando a base de dados da Web of Science. Desta forma, foram utilizados termos e títulos referentes ao tema como “Determination of metals in cooked rice”, “cooked rice” e “cooking effect on rice” entre outros. O Google Acadêmico também foi utilizado para consulta de artigos, se mostrando muito útil na busca de artigos atualizados. O critério utilizado para selecionar os artigos referentes ao tema foram os publicados durante os últimos 20 anos (de preferência). Dissertações e teses também foram consultadas para complementar e enriquecer o trabalho.

3.2 INSTRUMENTO DE ANÁLISE DE DADOS

Após a coleta de dados, uma síntese foi feita e retirada apenas as informações relevantes ao que foi proposto no trabalho, buscando estabelecer e ampliar o conhecimento sobre o tema pesquisado.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

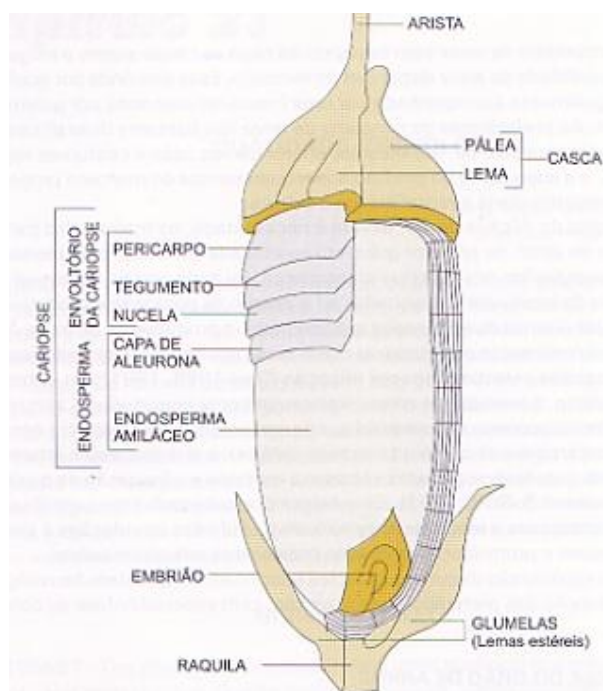
4.1 ARROZ: CARACTERÍSTICAS E VALOR NUTRICIONAL

Em virtude da importância do arroz na dieta, sua composição e características nutricionais estão diretamente relacionadas à saúde do ser humano. Por causa do alto teor de amido, este cereal é uma excelente fonte de energia, além disso também fornece proteínas, vitaminas, minerais e baixo teor de lipídios. Nos países em desenvolvimento, o arroz é responsável por 27% do suprimento de energia da dieta, 20% da proteína e 3% da gordura (WALTER, MARCHEZAN e AVILA, 2008).

No Brasil, o consumo *per capita* é de 108 g por dia, que fornece 14% dos carboidratos, 10% das proteínas e 0,8% dos lipídios presentes na dieta. Países do Sudeste Asiático dependem em grande escala do arroz, onde este cereal fornece 50% da energia e proteína da dieta *per capita* e 17% a 27% da gordura da dieta (KENNEDY, BURLINGAME e NGUYEN, 2002; WALTER, MARCHEZAN e AVILA, 2008).

O grão de arroz é composto da cariopse e da casca, que é uma camada protetora, formada por duas folhas modificadas, a pálea e a lema, que correspondem a 20% do peso do grão. A cariopse é constituída de diferentes camadas onde as mais externas (pericarpo, tegumento e aleurona) representam 8% da massa do arroz integral. O embrião, localizado no lado ventral da base do grão é rico em proteínas e lipídios, representando uma pequena parte do arroz integral (FIGURA 2). A maior parte do grão é formada pelo endosperma, que consiste em células ricas em grânulos de amido (JULIANO e BECHTEL, 1985; WALTER, MARCHEZAN e AVILA, 2008; ZIARATI e AZIZI, 2014).

Figura 2 – Estrutura do grão de arroz



Fonte: VIEIRA, RABELO, 2006

No processo de remoção da casca do arroz para se obter o arroz integral, é necessária a separação da casca da cariopse. O arroz branco é o resultado do processo de polimento para remoção do farelo do arroz integral, com isso o teor de nutrientes, exceto de amido, diminui. (JULIANO E BECHTEL, 1985; ZHOU *et al.*, 2002). Quando os grãos são submetidos a um processo hidrotérmico, a parboilização, obtém-se o arroz parboilizado (WALTER, MARCHEZAN e AVILA, 2008).

O arroz é composto em maior parte de amido e pouca quantidade de proteínas, lipídios, fibras e cinzas (TABELA 1), no entanto, podem existir grãos com características nutricionais diferentes devido a variações ambientais, do manejo, do processamento e de armazenamento (ZHOU *et al.*, 2002). Desta forma, os nutrientes não estão igualmente distribuídos nas diferentes frações do grão. As camadas mais externas do grão apresentam proteínas, lipídios, fibras, minerais e vitaminas em maiores concentrações (WALTER, MARCHEZAN e AVILA, 2008).

Tabela 1 – Composição percentual (%) de arroz integral, branco e polido

Constituintes	Arroz integral	Arroz branco	Arroz parboilizado
Amido total	74,12	87,58	85,08
Proteínas	10,46	8,94	9,44
Lipídios	2,52	0,36	0,69
Cinzas	1,15	0,3	0,67
Fibra total	11,76	2,87	4,15
Fibra Solúvel	2,82	1,82	2,52
Fibra Insolúvel	8,93	1,05	1,63

Fonte adaptada: Walter et al. (2008) *Apud* Storck (2004)

As vitaminas também fazem parte da composição do arroz, sendo em sua maioria as do complexo B e vitamina E, contendo poucas concentrações das vitaminas A, D e C. Nas camadas externas do grão é onde encontra-se a maioria destes nutrientes, sendo que tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3) e a vitamina E estão presentes em maior quantidade no farelo (TABELA 2) (WALTER, MARCHEZAN e AVILA, 2008).

Tabela 2 – Vitaminas presentes no arroz

Vitaminas	Arroz integral	Arroz branco polido
$\mu\text{g g}^{-1}$ com 14% de umidade		
Retinol (A)	0-0,11	0-traços
Tiamina (B1)	2,9-6,1	0,2-1,1
Riboflavina (B2)	0,4-1,4	0,2-0,6

Niacina (B3)	35-53	13-24
Ácido pantotênico (B5)	9-15	3-7
Piridoxina (B6)	5-9	0,4-1,2
Biotina (B7)	0,04-0,10	0,01-0,06
Ácido fólico (B9)	0,1-0,5	0,03-0,14
Cianocobalamina (B12)	0-0,004	0-0,0014
Ácido p-aminobenzóico	0,3	0,12-0,14
α -tocoferol (E)	9-25	Traços-3

Fonte: adaptado de Juliano e Bechtel (1985)

O arroz apresenta em sua composição uma pequena quantidade de açúcares livres, que são encontrados principalmente nas camadas externas do grão, mas que pode ser afetada por sua diversidade, grau de polimento e o processamento. Segundo estudos realizados por Matsuo *et al.* (1995), a sacarose, glicose e frutose são os principais açúcares presentes no arroz.

Em termos de aspectos nutricionais, o arroz branco é o menos nutritivo considerando que para a sua obtenção é necessária a retirada da camada de farelo do arroz integral, que contém uma quantidade expressiva de elementos, como cálcio, ferro, potássio, magnésio, entre outros. Por esta razão, o arroz integral é o mais rico em minerais, já que a camada de farelo se mantém, mesmo após o processamento. O arroz parboilizado passa por uma etapa de enriquecimento dos minerais originários do farelo durante o processo hidrotérmico, sendo, portanto, mais nutritivo do que o arroz branco (BALBINOTI *et al.*, 2018; SIGNES-PASTOR, CAREY e MEHARG, 2017).

4.2 MINERAIS EM ARROZ

Segundo Champagne (2004), a composição mineral é expressivamente influenciada pelas condições de cultivo do arroz, o que inclui a fertilização e as condições do solo. Os minerais encontrados no arroz em maiores quantidades são o fósforo, o potássio e o magnésio e em menores concentrações estão o ferro, zinco, cobre, sódio, cálcio e manganês (Tabela 3) (HEINEMANN *et al.*, 2005; WALTER *et al.* 2008).

Tabela 3 – Concentração de minerais no arroz integral e branco polido.

Mineral	Arroz integral	Arroz branco
mg g ⁻¹ , com 14% de umidade		
Cálcio	0,1-0,5	0,1-0,3
Magnésio	0,2-1,5	0,2-0,5
Fósforo	1,7-4,3	0,8-1,5
Potássio	0,6-2,8	0,7-1,3
Silício	0,6-1,4	0,1-0,4
Enxofre	0,3-1,9	0,8
µg g ⁻¹ , com 14% de umidade		
Alumínio	0,3-26,0	0,1-2,2
Cádmio	0,02-0,16	0,025
Cloro	210-560	200-300
Cobalto	0,03-0,04	0,017
Cobre	1-6	2-3
Iodo	0,03	0,02
Ferro	2-52	2-28
Manganês	2-36	6-17
Níquel	0,2-0,5	0,14
Selênio	0,3	0,3
Sódio	17-340	5-86
Zinco	6-28	6-23

Fonte: adaptada de Walter et al (2008) *Apud* Juliano e Bechtel (1985)

A literatura descreve que, em geral, na parte externa do grão encontra-se a maioria dos minerais, sendo 72% encontrados no farelo e 28% no grão polido. No entanto, alguns minerais possuem uma distribuição mais uniforme, permanecendo no arroz branco polido 63% do sódio e 74% do cálcio provenientes do arroz integral (ITANI *et al.*, 2002).

Apesar do arroz integral apresentar uma maior quantidade de minerais em relação ao polido, não significa que a absorção desses minerais pelo organismo seja mais eficiente, uma vez que a biodisponibilidade no arroz integral pode ser diretamente afetada pela maior quantidade de fibra e ácido fítico, que pode dificultar a absorção de nutrientes essenciais pelo sistema digestivo (WALTER, MARCHEZAN e AVILA, 2008).

A biodisponibilidade refere-se à capacidade do organismo absorver um elemento através do sistema circulatório sistêmico e a bioacessibilidade é a quantidade de um elemento que é dissolvido no trato gastrointestinal, considerando que a biodisponibilidade só pode ser igual ou inferior a bioacessibilidade (HORNER e BEAUCHEMIN, 2013).

No processo de parboilização, há um aumento no conteúdo mineral se comparado ao arroz branco polido, visto que, durante esse processo existe uma migração dos minerais das camadas mais externas para o endosperma. Conforme Heinemann *et al.* (2005) e Storck (2004), no arroz parboilizado polido encontra-se maiores concentrações de potássio e fósforo do que no arroz branco polido.

4.3 PREPARO DE AMOSTRA PARA SUBSEQUENTE DETERMINAÇÃO MULTIELEMENTAR

Para a análise de uma amostra sólida, como o arroz, é necessário submetê-la a um tratamento adequado, passando por etapas que vão desde a moagem e o peneiramento até procedimentos de extração e digestão visando sua preparação para passos subsequentes. A maneira de realizar a decomposição da amostra depende da sua natureza, do elemento a ser determinado e sua concentração, assim como do método de análise, da precisão e exatidão requeridas, tendo em vista esses fatores, o preparo da amostra envolve uma transformação adequada da espécie química

desejada para torná-la apropriada para a aplicação do método escolhido (KRUG, 2006; BARIN *et al.*, 2019).

Nesse sentido, a digestão por via úmida é uma forma de decomposição das amostras que visa extrair elementos de amostras orgânicas e inorgânicas empregando ácidos minerais e aquecimento. Nos últimos anos, o emprego de ácidos diluídos na etapa de mineralização de amostras orgânicas, como o arroz, é cada vez mais frequente, uma vez que atende à maioria das características requeridas para métodos de digestão modernos e ecologicamente seguros (ROCHA, NÓBREGA e KAMOGAWA, 2019).

O emprego de ácidos diluídos conduz a valores menores de branco analítico e, por isso, leva a menores limites de detecção (LD) e quantificação (LQ). Em síntese, as amostras obtidas em condições menos ácidas têm uma menor dificuldade em sua introdução no atomizador, quando técnicas espectrométricas atômicas são utilizadas (ROCHA, NÓBREGA e KAMOGAWA, 2019).

Os ácidos inorgânicos HNO_3 e HClO_4 são os mais utilizados na decomposição de amostras. No entanto, o ácido nítrico é mais usado devido ao seu alto poder oxidante a quente, baixo risco de explosão e alta solubilidade dos nitratos de metais que são formados após a digestão. O HNO_3 geralmente é utilizado juntamente com o H_2O_2 funcionando como oxidante auxiliar e como regenerador do ácido nítrico (KRUG *et al.*, 2019; BARIN *et al.*, 2019; MORAES *et al.*, 2019).

4.4 PRINCIPAIS TÉCNICAS DE QUANTIFICAÇÃO DE MINERAIS EM ARROZ

Existem diversas técnicas analíticas utilizadas para a quantificação de minerais, dentre elas destaca-se a espectrometria de absorção atômica (AAS) e a espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES). Baixas concentrações de minerais podem ser determinadas utilizando-se essas técnicas, que também apresentam relativa rapidez e alta seletividade (SKOOG *et al.*, 2015).

4.4.1 Espectrometria de absorção atômica (AAS)

Segundo Krug *et al.* (2004), a espectrometria de absorção atômica baseia-se na medida da intensidade da radiação eletromagnética, decorrente de uma fonte de radiação primária, por átomos gasosos no estado fundamental. Esse princípio é utilizado para a determinação quantitativa de elementos em uma ampla diversidade de amostras.

Quando uma certa quantidade de energia é fornecida ao átomo, este absorve a energia e um elétron que se encontra na camada mais externa avança para um orbital de maior energia, o que resulta em uma configuração conhecida como estado excitado (menos estável) ocasionando o regresso do átomo ao estado fundamental de maneira imediata e espontânea. Quando o elétron retorna à posição estável no orbital, emite radiação com energia equivalente à que foi absorvida durante a excitação (FARIA, 2012; MUSTRA, 2009).

A configuração orbital de um átomo é o que define a quantidade de transições eletrônicas que poderão ocorrer e cada transição resulta na emissão de luz ou radiação com comprimento de onda específico. Cada elemento possui uma estrutura eletrônica única, desta forma, o comprimento de onda emitido é característico de cada um (MUSTRA, 2009).

Conforme consta na literatura, o elemento que será determinado precisa ser convertido a uma dispersão atômica gasosa por um atomizador, através da qual se faz passar o feixe de radiação procedente de uma fonte adequada. Através da medida dessa quantidade de radiação absorvida é possível quantificar os elementos químicos (COSTA, 2013; KRUG *et al.*, 2004).

O espectrômetro de absorção atômica possui como componentes básicos uma fonte de radiação responsável pela emissão do espectro do elemento de interesse; o atomizador, onde os átomos gasosos da amostra são gerados no estado fundamental, para então absorver a radiação em um comprimento de onda característico; um monocromador que separa a linha espectral de interesse das outras linhas emitidas pela fonte de radiação; detector responsável pela medição da intensidade de luz, transformando o sinal luminoso em um sinal elétrico; e um processador (registrador) que realiza a leitura do sinal (JUNIOR *et al.*, 2012; KRUG *et al.*, 2004).

4.4.2 Espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES)

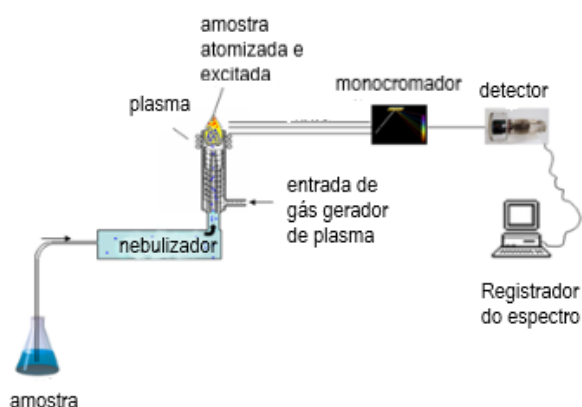
A espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES) é uma técnica que permite a determinação multielementar com excelentes limites de detecção e com uma baixa susceptibilidade a interferentes em consequência da alta temperatura do plasma. O princípio dessa técnica consiste na emissão de radiação por átomos e/ou íons excitados. Essa excitação das espécies acontece em um plasma, geralmente de argônio, em altas temperaturas (SKOOG *et al.*, 2015).

No equipamento, a amostra é inserida no plasma na forma de um aerossol obtido através do processo de nebulização (HOU e JONES, 2000). A qualidade do aerossol produzido depende do nebulizador e existem vários tipos, no entanto, os mais comuns são os pneumáticos e os ultrassônicos. Os pneumáticos destacam-se por melhorar a sensibilidade e consumir pouca amostra (POLETTI, 2012).

Em seguida, a amostra é direcionada ao interior do plasma e o seu funcionamento consiste na ejeção de elétrons de argônio por uma faísca, acelerados por um campo magnético formado por uma corrente alternada na bobina de radiofrequência. O plasma tem como funções dessolvatar, vaporizar, atomizar, ionizar e excitar os elementos que compõem a amostra (BOSS e FREDEEN, 2004).

As espécies excitadas no plasma passam a emitir radiação em variados comprimentos de onda e precisam ser resolvidas espectralmente por meio de um sistema óptico eficiente. Por esse motivo, a radiação é coletada por lentes convexas ou por um espelho côncavo e direcionada para um espectrômetro (BOSS e FREDEEN, 2004; HOLLER *et al.*, 2009).

Depois da decomposição da radiação policromática nos comprimentos de onda de interesse, a radiação é conduzida para a fenda de saída do espectrômetro e, posteriormente, para o detector, onde é medida a intensidade da linha de emissão isolada e realizada a modificação do sinal radiante em elétrico (HOU e JONES, 2000). Na figura 3 são mostrados os componentes em um equipamento ICP OES.

Figura 3 – Componentes básicos de um ICP OES

Fonte: VIEIRA, RABELO, 2006

4.5 INFLUÊNCIA DA PRÉ-LAVAGEM SOBRE A COMPOSIÇÃO MINERAL DO ARROZ

A pré-lavagem é uma prática de preparo de arroz adotada por muitos indivíduos em vários países. O Quadro 1 apresenta o procedimento da pré-lavagem realizado por alguns autores antes da etapa de cocção do arroz.

QUADRO 1 - Pré-lavagem realizada por alguns autores

Referência	Procedimento de pré-lavagem do arroz
Rahman <i>et al.</i> (2006)	Lavado 3 vezes com água subterrânea
Sengupta <i>et al.</i> (2006)	Lavados até que a água ficasse límpida (água subterrânea, de lagoa, de chuva e destilada);
Mihucz <i>et al.</i> (2007)	Lavado 3 vezes com água ultrapura por 2 min
Raab <i>et al.</i> (2009)	Lavado por 3min com água ultrapura
Mihucz <i>et al.</i> (2010)	Lavado 3 vezes com água ultrapura por 2 min
Horner e Beauchemin (2013)	Lavado por 10 min com água duplamente deionizada

O'Neill <i>et al.</i> (2013)	Lavado duas vezes com água de poço altos níveis de arsênio e água de poço com baixos níveis de arsênio
Halder <i>et al.</i> (2014)	Lavado 2 a 4 vezes com água ultrapura por 2 min
Naseri <i>et al.</i> (2014)	Lavado em água ultrapura
Ziarati e Azizi (2014)	Lavado 4 vezes com água.
Jafari-Moghadam <i>et al.</i> (2015)	Lavado 4 vezes com água
Naito <i>et al.</i> (2015)	Lavado 3 vezes com água ultrapura (10, 30 e 30 segundos, respectivamente)
Abramsson-Zetterberg, Sundstron e Kollander (2016)	Lavado com água da torneira por 10 segundos
Mota <i>et al.</i> (2016)	Lavado apenas um tipo de arroz com água da torneira
Zhuang <i>et al.</i> (2016)	Lavado 3 vezes com água ultrapura
Praveena e Omar (2017)	Lavado 3 vezes com água deionizada
Althobiti, Sadiq e Beauchemin (2018)	Lavado com água ultrapura
Mandal <i>et al.</i> (2019)	Lavado de 3 a 4 vezes com água subterrânea

Fonte: Adaptado de da Silva *et al.*, (dados não publicados)

Em um estudo realizado por Halder *et al.* (2014) na Bengala Ocidental (Ásia) foram analisadas amostras de arroz cru e cozido quanto a concentração de arsênio inorgânico presente. Para isso, antes de iniciar a etapa de cozimento, os grãos de arroz foram lavados de 2 a 4 vezes, de forma que retratasse o modo como os indivíduos daquele local preparavam o arroz, o que resultou em uma diminuição do teor de arsênio pouco significativa em todas as amostras. Os estudos realizados por Raab *et al.* (2009) também foram compatíveis com esse resultado.

Para avaliar os prováveis riscos à saúde devido à ingestão de metais pesados por meio do consumo de arroz, Jafari-Moghadam *et al.* (2015) realizaram procedimentos de cocção considerando os principais tipos de arroz consumidos no Irã. Para efeito de análise, uma das etapas de preparo de amostras incluiu a pré-lavagem do arroz, sendo realizado um enxágue de 4 vezes não obtendo resultados tão significativos na redução de metais pesados.

Conforme Ziarati e Azizi (2014), o arroz pode apresentar arsênio em concentrações totais que variam entre 100-400 ng/g, o que pode incluir tanto arsênio

inorgânico quanto espécies orgânicas, como o ácido dimetilarsínico (DMA) (FIGURA 4).

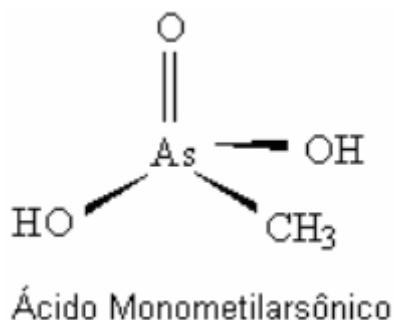
Figura 4 – Ácido dimetilarsínico (DMA)



Fonte: COSTA, 2009

Ocasionalmente quantidades de ácido monometilarsônico (MMA) (FIGURA 5) também são detectadas. A concentração de arsênio total em arroz pode ser influenciada tanto geograficamente, como em função de controles genéticos e ambientais. Além do arsênio, o arroz também pode conter outros elementos tóxicos como chumbo e cádmio, o que pode ser comprovado através de outros estudos como o de Halder *et al.* (2014) e Jafari-Moghadam *et al.* (2015).

Figura 5 – Ácido monometilarsônico (MMA)



Fonte: COSTA, 2009

Os resultados encontrados por Sengupta *et al.* (2006) relatam a redução de 57% de arsênio total utilizando o método tradicional indiano de cocção do arroz

(método em que o arroz é lavado de 5 a 6 vezes antes da cocção até que água fique límpida), em que do total removido, metade foi durante a lavagem prévia. Em estudos mais recentes, Ziarati e Azizi (2014) também relataram que após 4 ciclos, a etapa de lavagem do arroz antes do cozimento teve um papel significativo na diminuição dos teores de cádmio e chumbo, que também são considerados tóxicos. Desta forma, sugere-se que para uma remoção do arsênio mais eficiente é necessária uma maior repetição da etapa de lavagem (5 a 6 vezes) no arroz cru.

Mihucz *et al.* (2007) utilizaram duas amostras de arroz húngaro e uma de arroz chinês para avaliar o teor de arsênio removido durante a lavagem e o cozimento. Após 3 lavagens com duração de 2 minutos foi possível avaliar a influência dessa etapa na composição do grão e como resultado foi relatada uma remoção do arsênio (III) de 8% a 17%. Os estudos realizados por Abramsson-Zetterberg, Sundstron e Kollander (2016) também apresentaram significativa redução no teor de arsênio inorgânico, uma vez que a água da torneira usada (na Suíça) apresentou baixos níveis deste elemento, desta forma, foi possível reduzir o seu conteúdo em etapas posteriores (por meio do cozimento).

A eficácia da remoção de arsênio total (tAs)/arsênio inorgânico (iAs) durante a etapa da pré-lavagem do arroz (com o descarte da água utilizada durante essa etapa) pode sofrer variações dependendo da variedade de arroz utilizada. Signes *et al.* (2008) relatam que a quantidade de arsênio total removido durante a etapa de lavagem foi maior para o arroz integral e para o polido basmati (popularmente utilizado na cultura indiana). Para os outros tipos, incluindo o parboilizado, a concentração de arsênio após a lavagem não foi significativa, ou seja, a diminuição não foi tão eficaz. Desta forma, o enxágue parece mais efetivo, neste estudo em questão, para o arroz basmati do que outros, levando a considerar a influência do tipo de arroz utilizado sobre a etapa da pré-lavagem na remoção de elementos tóxicos. Nos estudos de Mihucz *et al.* (2010) também é relatada a influência do tipo de arroz durante a etapa de lavagem.

A água utilizada para o processo da pré-lavagem também influencia diretamente nos resultados obtidos. Em estudos realizados por Naito *et al.* (2015) é observado a diminuição no teor de arsênio total (71%-76%) após a lavagem com água deionizada que também pode ser comprovado nos resultados de Althobiti, Sadiq e

Beauchemin (2018) que também utilizaram água ultrapura na etapa da lavagem do arroz obtendo-se uma redução do teor deste elemento no grão (3-43%).

Com relação ao descarte da água utilizada para lavar e cozinhar o arroz, Mihucz et al. (2010), relatam que esse procedimento ajuda a eliminar grandes quantidades de elementos tóxicos (arsênio e cádmio), mas conseqüentemente também elimina os oligoelementos considerados essenciais (cobre, manganês e zinco) para a saúde dos seres humanos.

Estudos realizados por Horner e Beauchemin (2013) descrevem também o efeito da lavagem na bioacessibilidade dos metais presentes no arroz usando o método de lixiviação em linha. Segundo os autores, o tempo de lavagem do arroz que será submetido ao cozimento influencia diretamente na composição mineral deste. Desta forma, o tempo de lavagem pode contribuir para uma máxima eliminação de arsênio e, ao mesmo tempo, uma significativa retenção dos metais considerados essenciais.

Com base nos artigos mencionados ao longo do presente tópico, verifica-se que a influência da pré-lavagem na composição mineral do arroz está diretamente relacionada a outros fatores como a origem da água utilizada (se é ultrapura, da torneira, de poços, etc), do tipo de arroz utilizado e suas variedades e do tempo de lavagem ao qual o mesmo é submetido.

4.6 INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE COZIMENTO SOBRE A COMPOSIÇÃO MINERAL DO ARROZ

Silva *et al.* (2013) avaliaram de que forma o cozimento influencia na composição mineral do arroz. Foram analisadas amostras de arroz integral, parboilizado e branco obtidas na cidade de Salvador (Brasil). Após a quantificação, realizada por ICP OES, os autores verificaram que os teores dos elementos cálcio, potássio, magnésio, sódio, fósforo e ferro foram reduzidos durante o cozimento.

Para investigar os efeitos de diferentes formas de cozimento no arroz polido, Naseri et al. (2014) avaliaram dois métodos de cozimento (método Kateh e método Pilaw) para as concentrações médias de cádmio, chumbo, cromo, níquel e cobalto e observaram que após a cocção do arroz houve redução do teor dos metais pesados

estudados, sendo uma redução menor para o cromo. Além disso, verificaram que o efeito dos dois métodos de cozimento não foi significativamente diferente neste estudo.

Horner e Beauchemin (2013), por sua vez, relatam que o procedimento utilizado durante o cozimento do arroz (avaliado em algumas amostras) pode influenciar na bioacessibilidade de elementos tóxicos facilitada pela mudança da espécie de arsênio (V) e DMA para arsênio (III). Ackerman *et al.* (2005) relatam que no arroz cozido está presente o arsênio total proveniente do arroz cru e qualquer arsênio absorvido da água durante o preparo dos alimentos, salientando que a percentagem de água absorvida pelo arroz depende do tipo de arroz e da forma como ele é preparado.

Desta forma, faz-se necessário a realização de um estudo na literatura a respeito dos principais procedimentos utilizados na cocção do arroz (proporção água/arroz, destino da água utilizada no cozimento e o material do recipiente utilizado para o processo) e quais influências estes acarretam na composição mineral do grão.

4.6.1 Proporção arroz/água

Estudos mostram que a água potável empregada no arroz pode ser uma fonte de metais, mas também pode levar à ingestão de elementos tóxicos como o arsênio (ACKERMAN *et al.*, 2005). Diante disso, estudos presentes na literatura sobre a influência da proporção arroz/água durante o processo de cozimento na composição mineral do arroz são apresentados no Quadro 2.

QUADRO 2 – Proporção arroz/água utilizada durante o processo de cozimento do arroz relatado por alguns autores.

Referência	Proporção arroz/água
Bae <i>et al.</i> (2002)	1:3,2 – 1:4 (500g/ 2000 mL)
Laparra <i>et al.</i> (2005)	1:3,8 (131 g/ 500 mL)
Ackerman <i>et al.</i> (2005)	10g de amostra foram preparadas segundo instruções da embalagem do produto
Juhasz <i>et al.</i> (2006)	1:2,5 (v/v)

Rahman <i>et al.</i> (2006)	Baixo volume de água 1:2 (50 g / 100 mL) Alto volume de água 1:5 (50 g / 250 mL)
Sengupta <i>et al.</i> (2006)	Método A: 1:6 (v/v) Método B: 1:1,5 (v/v) Método C: 1:2 (v/v)
Dantas <i>et al.</i> (2007)	1:2,8 (m/m)
Mihucz <i>et al.</i> (2007)	1:6 (50 g / 300 mL)
Signes <i>et al.</i> 2008	baixo volume de água - 1:2,5 (100 g / 250 mL), alto volume de água - 1:6
Raab <i>et al.</i> (2009)	baixo volume de água - 1:2,5 (100 g / 250 mL), alto volume de água - 1:6
Mihucz <i>et al.</i> (2010)	1:3 (50 g / 150 mL)
Horner e Beauchemin (2013)	2:5 (20 g / 50 mL)
O'Neill <i>et al.</i> (2013)	1:3 (500 g / 1500 mL)
Halder <i>et al.</i> (2014)	1:6 (10 g / 60 mL)
Naseri <i>et al.</i> (2014)	1:7 (10 g / 70 mL)
Naito <i>et al.</i> (2015)	1:2 (arroz integral), 1:1,6 e 1:1,4 (arroz branco)
Abramsson-Zetterberg, Sundstron e Kollander (2016)	1:2,5 (100 g/250 mL) e 1:10 (100 g/1000 mL)
Gupta <i>et al.</i> (2016)	1:10 (2 g/20 mL)
Mota <i>et al.</i> (2016)	1:3 (50 g/150 g)
Zhuang <i>et al.</i> (2016)	Baixo volume de água - 1:2 (100 g/200 mL). 1:4 (médio volume) e 1:6 (alto volume de água)
Praveena e Omar (2017)	Arroz branco - 1:2 (50 g/100 mL) e para as outras variedades - 1:3 (50 g/150 mL)
Althobiti, Sadiq e Beauchemin (2018)	1:2

Fonte: Adaptado de da Silva *et al.*, (dados não publicados)

Conforme consta na literatura, determinar o perfil mineral baseando-se na forma crua do arroz pode variar consideravelmente dependendo de suas variedades. O arroz que passa pelo processo de cozimento pode conter uma quantidade significativa de metais presentes, porque além da concentração destes provenientes do arroz, também há um percentual dos que estão presentes na água absorvida por ele (ACKERMAN *et al.*, 2005; LAPARRA *et al.*, 2005).

Para investigar a absorção de arsênio no arroz cozido ocasionado pela água contaminada, Ackerman *et al.* (2005) utilizaram 10 g amostras de arroz branco (de

grão curto, branco de grão longo, integral de grão curto, instantâneo e cereal de arroz infantil instantâneo). A proporção de arroz/água utilizada variou de 1/1 a 1/4 (v/v) que dependeu do tipo de amostra. Para cada tipo de arroz utilizou-se água deionizada e água contaminada contendo 21,9 µg/kg de arsênio (V). Após a análise das amostras, foi obtido um maior percentual de absorção de arsênio para água contaminada, passando de 89% a 105%, o que levou a considerar que a água de cozimento contaminada com arsênio é uma fonte significativa deste elemento, que pode ser eficientemente absorvido pelo arroz.

Raab *et al.* (2009) estudaram o efeito da proporção arroz/água sobre o teor de arsênio inorgânico e para isso foi utilizada uma proporção 1:2,5 (baixo volume) onde o arroz foi cozido até que a água evaporasse e em seguida repetiu-se o processo usando 1:6 arroz/água (volume alto). Também foi analisado o mesmo processo (a volume alto) com a eliminação da água quando o arroz alcançou a textura alimentar. Desta forma, verificou-se que quando baixos volumes de água foram empregados na cocção, a redução dos teores de arsênio no arroz foi mínima, mas quando altos volumes de água foram empregados no cozimento, a redução dos teores de arsênio no arroz foi significativa: 35% do tAs e 45% do iAs, em relação ao arroz cru.

Estudos realizados por Rahamn *et al.* (2006) também comprovam que um excesso de água utilizada durante o processo de cozimento afeta significativamente o teor de arsênio presentes no arroz. Para isso foi analisada o cozimento do arroz com água limitada (1:2) e com excesso de água (1:5). As concentrações de arsênio diminuiram quando o excesso de água foi usado no cozimento (com a água escorrida ao final do processo) o que sugere que é mais seguro cozinhar com excesso de água para que o arsênio seja removido do arroz por lixiviação quando a água de cozimento residual é escorrida.

Estudos na Índia realizados por Sengupta *et al.* (2006) relatam que o tipo de água usada no cozimento contribui para o aumento de arsênio no arroz. No entanto, os métodos utilizados durante o cozimento também podem afetar esse aumento. A fim de avaliar tal questão, foram utilizados em seus estudos acerca da influência de arroz/água, três métodos (A, B e C) cujas proporções foram de 1:6, 1:1,5 e 1:2 (v/v) respectivamente. O método A (considerado método tradicional indiano de cocção do arroz) removeu até 57% do teor de arsênio inicial, enquanto que nos métodos modernos, a remoção foi de 28% (B) e 0,2% (C). Esses resultados sugerem, mais

uma vez, que ao submeter o cozimento do arroz à um excesso de água, o arsênio presente é removido significativamente durante o descarte da água.

Mihucz *et al.* (2007) e Zhuang *et al.* (2016) também usaram proporções de arroz/água semelhantes a Sengupta *et al.* (2006), no entanto, além do arsênio, o teor de cádmio também foi analisado. Foi recomendada pelos autores a cocção do arroz com água em grande quantidade, que deve ser descartada após a lavagem e cozimento, a fim de reduzir a ingestão do arsênio proveniente do arroz. Mihucz *et al.* (2007) não relataram redução expressiva das concentrações de cádmio para baixo e alto volume de água durante o cozimento do arroz.

Halder *et al.* (2014) também relatam que durante o processo de cozimento dos grãos com excesso de água, a concentração de arsênio diminui. Isto porque, em altas temperaturas usadas durante o cozimento, as formas químicas tóxicas do arsênio solúveis nos grãos de arroz poderão ser dissolvidas e descartadas juntamente com o amido na água utilizada no preparo do arroz cozido.

Ao utilizar água a baixo volume no cozimento do arroz, os resultados não foram considerados significativos nas concentrações de minerais presentes no arroz (BAE *et al.*, 2002; LAPARRA *et al.*, 2005; JUHASZ *et al.*, 2006; DANTAS *et al.* 2007; MOTA *et al.*, 2016; PRAVEENA e OMAR, 2017 e ALTHOBITI, SADIQ e BEAUCHEMIN, 2018).

Segundo Abramsson-Zetterberg, Sundstron e Kollander (2016) existem diferentes maneiras de reduzir o nível de arsênio no arroz. A primeira opção seria usar água com baixos níveis de arsênio para o cozimento do grão, no entanto, para a população que vive em áreas endêmicas de arsênio, esta opção pode ser dificultada. Para isso, a melhor opção é ferver o arroz com excesso de água e descartá-la após o processo. Estas formas de redução do arsênio no arroz também foram relatadas por Bae *et al.*, 2002, Rahman *et al.*, 2006, Sengupta *et al.*, 2006, Raab *et al.*, 2009, Mihucz *et al.*, 2010 e Naito *et al.*, 2015, no entanto, em nenhum deles foram utilizados água em condições reais (da torneira) diferentemente do estudo realizados por Abramsson-Zetterberg, Sundstron e Kollander (2016).

Com os estudos apresentados nos artigos anteriormente, sugere-se que quando o arroz é submetido a um alto volume de água (excesso) durante o cozimento associado ao descarte dessa água após o processo, a quantidade de elementos

tóxicos presentes, na maioria dos casos, diminui. Todavia, esses resultados obtidos também dependem da origem da água e do tipo de arroz utilizado.

4.6.2 Destino da água utilizada durante o processo de cozimento

Baseando-se nos estudos relatados no tópico anterior (influência da proporção arroz/água durante o cozimento na composição mineral do arroz), o Quadro 3 apresenta quais relataram o descarte ou a evaporação da água utilizada durante o processo de cocção do arroz.

QUADRO 3 – Destino da água utilizada durante o processo de cozimento do arroz relatado por alguns autores.

Referência	Destino da água utilizada durante o processo de cozimento
Bae <i>et al.</i> (2002)	Escorrida
Laparra <i>et al.</i> (2005)	Evaporada
Juhasz <i>et al.</i> (2006)	Evaporada
Rahman <i>et al.</i> (2006)	Cozimento com excesso de água → Escorrida Cozimento com água limitada → Evaporada
Sengupta <i>et al.</i> (2006)	Escorrida no método A e evaporada nos métodos B e C
Dantas <i>et al.</i> (2007)	Evaporada
Mihucz <i>et al.</i> (2007)	Escorrida
Signes <i>et al.</i> (2008)	Escorrida
Raab <i>et al.</i> (2009)	Cozimento com excesso de água → Escorrida Cozimento com água limitada → Evaporada
Mihucz <i>et al.</i> (2010)	Escorrida
Horner e Beauchemin (2013)	Evaporada
O'Neill <i>et al.</i> (2013)	Escorrida
Silva <i>et al.</i> (2013)	Escorrida
Halder <i>et al.</i> (2014)	Escorrida
Ziarati e Azizi (2014)	Escorrida e lavada uma vez com água fria (preparação do arroz no Irã)
Jafari-Moghadam <i>et al.</i> (2015)	Escorrida e lavada uma vez com água fria (preparação do arroz no Irã)
Naito <i>et al.</i> (2015)	Evaporada

Abramsson-Zetterberg, Sundstron e Kollander (2016)	Cozimento com excesso de água → Escorrida Cozimento com água limitada → Evaporada
Gupta <i>et al.</i> (2016)	Escorrida
Mota <i>et al.</i> (2016)	Escorrida
Zhuang <i>et al.</i> (2016)	Cozimento com excesso de água → Escorrida Cozimento com médio e baixo volume de água → Evaporada
Praveena e Omar (2017)	Evaporada
Althobiti, Sadiq e Beauchemin (2018)	Evaporada
Mandal <i>et al.</i> (2019)	Escorrida

Fonte: Adaptado de da Silva *et al.*, (dados não publicados)

Além da influência da proporção de água/arroz para a diminuição de elementos tóxicos, Rahman *et al.* (2006), Raab *et al.* (2009), Halder *et al.* (2014) entram em concordância no descarte da água utilizada durante o cozimento para uma redução mais efetiva dos metais pesados, o que pode ser comprovado pelos estudos realizados por Praveena *et al.* (2017), nos quais as amostras de vários tipos de arroz foram submetidas ao cozimento até a evaporação da água e, como resultado, obteve-se uma diminuição pouco significativa no teor de arsênio inorgânico. Nos resultados encontrados por Abramsson-Zetterberg, Sundstron e Kollander (2016) os níveis de iAs foram os mesmos no arroz cru e no arroz cozido até a secura total da água.

Zhuang *et al.* (2016) avaliaram os efeitos da cocção na contaminação de cádmio em arroz. Os efeitos também foram verificados em relação ao arsênio. Para isso, utilizou-se o critério de evaporação da água a baixo volume e descarte quando um excesso de água foi utilizado. Obteve-se como resultado a redução de 10% do teor de cádmio total nas amostras de arroz testados a baixo volume e não houve efeito na bioacessibilidade de cádmio quando o excesso de água foi utilizado. O arsênio, por sua vez, só foi removido do arroz quando maiores volumes de água foram empregados no cozimento.

Após estudos realizados por Laparra *et al.* (2005), foi observado que a quantidade de iAs aumentou significativamente no arroz cozido ($1,06 - 2,02 \text{ mg kg}^{-1}$) em relação ao arroz cru ($0,10 - 0,20 \text{ mg L}^{-1}$) com a evaporação da água durante o cozimento. No entanto, a água utilizada para a cocção estava contaminada com este elemento, o que pode ter influenciado nas concentrações encontradas. Visto que, Bae

et al. (2002) também relatam um aumento nas concentrações de arsênio no arroz cozido em relação ao arroz cru mesmo com o descarte da água utilizada no cozimento. Comparando os resultados desses autores, sugere-se que o tipo de água influencia diretamente no teor de arsênio independentemente do destino da água escolhido.

4.6.3 Material do recipiente

Várias são as possibilidades para a ingestão de metais tóxicos como o alumínio, devido a alimentação, aditivos nos alimentos, ingestão de antiácidos e de alguns medicamentos e ainda a partir da água potável. No entanto, quase nada se fala a respeito das panelas utilizadas durante o cozimento dos alimentos como uma fonte significativa de alumínio (Dantas *et al.*, 2007).

Segundo Liukkonen-Lilja e Piepponen (1992), em utensílios novos, a dissolução do alumínio em água aumenta durante a ebulição comparados aos utensílios antigos (em tempo de uso). No entanto, depois de certo tempo de aquecimento, a percentagem de liberação de alumínio torna-se igual em ambos.

Poucos estudos descrevem o material da panela utilizada e outros trabalharam com recipientes que não são usualmente utilizados em condições reais de preparo do arroz, o que poderia afetar diretamente nos resultados encontrados. O Quadro 4 apresenta alguns estudos que relataram o material utilizado durante a cocção do arroz.

QUADRO 4 – MATERIAL DO RECIPIENTE USADO NA COCÇÃO RELATADO POR ALGUNS AUTORES

Referência	Material do recipiente
Bae <i>et al.</i> (2002)	Panelas de cerâmica e alumínio
Sengupta <i>et al.</i> (2006)	Alumínio, aço, barro
Dantas <i>et al.</i> (2007)	Panela de alumínio do tipo caçarola com e sem revestimento interno de Teflon
Raab <i>et al.</i> (2009)	Béquer de borossilicato
Naseri <i>et al.</i> (2014)	Béquer de borossilicato
Naito <i>et al.</i> (2015)	Panela elétrica de arroz

Abramsson-Zetterberg, Sundstron e Kollander (2016)	Panela de aço inoxidável
Gupta <i>et al.</i> (2016)	Panelas de prata, cobre e alumínio com tampa de vidro
Mota <i>et al.</i> (2016)	Processador de alimentos elétrico
Zhuang <i>et al.</i> (2016)	Béquer
Althobiti, Sadiq e Beauchemin (2018)	Béquer de Vidro

Fonte: Adaptado de da Silva *et al.*, (dados não publicados)

Dos estudos apresentados, apenas Dantas *et al.* (2007) avaliaram os efeitos do material utilizado na composição mineral do arroz. Foi observado que a extração do alumínio da panela e a absorção pelo alimento foi mais acentuada quando o cozimento ocorreu em condições mais ácidas.

Entretanto, estudos mostram que a dissolução de alumínio em panelas compostas desse metal durante a preparação do arroz é bem pequena e não representa nenhum risco à saúde humana. Vários fatores influenciam no aumento da transferência de metais presentes nas panelas na dieta humana, como alimentos com baixo pH, que contribuem de maneira significativa para a transferência do metal para o alimento; o tempo de uso do recipiente; o tempo de cozimento e a presença de sal ou açúcar (DANTAS *et al.*, 2007; NAGY e JOBST, 1994; GARCIA, 2014).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica sobre a influência da etapa de pré-lavagem e cozimento na composição mineral do arroz, apresentando os principais resultados relatados na literatura. Entretanto, muitos trabalhos pesquisados limitam-se aos elementos tóxicos presentes. Desta forma, faz-se necessário mais estudos acerca disto.

Com base nos dados apresentados na literatura, foi possível constatar que os procedimentos de preparo de arroz influenciam na remoção de metais, como as etapas de lavagem do arroz antes do cozimento, a proporção de água em relação ao arroz durante o cozimento e o descarte da água utilizada durante o processo de cocção. Além desses fatores, o tipo de arroz e a origem da água utilizada também poderá influenciar.

REFERÊNCIAS

- ABRAMSSON-ZETTERBERG; SUNDSTROM, B.; KOLLANDER, B. How you cook rice influence the arsenic level. **National Food Agency**. p. 2-13. 2016.
- ACKERMAN, A. H. *et al.* Comparison of a Chemical and Enzymatic Extraction of Arsenic from Rice and an Assessment of the Arsenic Absorption from Contaminated Water by Cooked Rice. **Science Technology**. Ohio, v. 39, n. 14, p. 5241-5246, 2005
- ALTHOBITI, R. A.; SADIQ, N.; BEAUCHEMIN, D. Realistic risk assessment of arsenic in rice. **Food Chemistry**. p. 1-26. 2018.
- BAE, B. *et al.* Arsenic in cooked rice in Bangladesh. **The Lancet**, v. 360, p. 1839-1840. 2002
- BALBINOTI, T. C. V. *et al.* Parboiled rice and parboiling process. **Food Engineering Reviews**, 10, 165–185, 2018.
- BARIN, J. S.; BIZZI, C. A.; FLORES, E. M. M., Nóbrega, J. A.; KRUG, F. J. (2019). Decomposição de materiais orgânicos por via úmida. In F. J. Krug; F. R. P. Rocha (Eds.), **Métodos de preparo de amostras para análise elementar** (pp. 263–298). São Paulo: EditSBQ, 2019.
- BASSIONI, G; *et al.* Risk assessment of using aluminum foil in food preparation. **International Journal of Electrochemical Science**. v. 7, n. 5, p. 4498-4509, 2012.
- BOCALON, E. C. A transferência de metais para os alimentos e sua possível relação com a saúde do consumidor. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo, 2005.
- BOSS, C. B.; FREDEEN, K. J. Concepts, instrumentation and techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. (3^a ed). Shelton: Perkin-Elmer Precisely, (Capítulo 2), 2004.
- COSTA, B. E. S. **Extração seletiva por ponto nuvem para pré-concentração e especiação de arsênio inorgânico em matriz alimentícia empregando Espectrometria de Absorção Atômica Eletrotérmica em Forno de Grafite**. Universidade Federal de Goiás – Campus Catalão, Programa de Pós-Graduação em Química, Dissertação de Mestrado, p.88, Catalão-GO, 2013.
- CHAMPAGNE, E. T. **Rice: Chemistry and Technology**, 3. Ed. Edited by Published, Hardback, p. 640, 2004.
- DANTAS, S. T. *et al.* Determinação da dissolução de alumínio durante cozimento de alimentos em panelas de alumínio. **Ciência Tecnológica Alimentar**. Campinas, v. 27, p. 291-297, 2007.
- DA SILVA, D. G., SCARMINIO, I. S., ANUNCIACÃO, D. S., SOUZA, A. S., DA SILVA, E. G. P., & FERREIRA, S. L. C. Determination of the mineral composition of

Brazilian rice and evaluation using chemometric techniques. **Analytical Methods**, v. 5, n. 4, p. 998–1003, 2013.

DINIZ, V. W. B *et al.* Classificação multivariada de ervas medicinais da região amazônica e suas infusões de acordo com sua composição mineral. **Química nova**. v. 36, n. 2, p.257–261, 2013.

FARIA, L. C. Espectrometria de absorção atômica. **Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás**. Goiânia-GO, 2012

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

GARCIA, R. M. **Determinação de alumínio em arroz cozido em panela de alumínio e sua possível relação para a saúde**. Mestrado. Faculdade de Pindamonhangaba – São Paulo, 2014.

GIBSON, R.S. Assessment of trace element status in humans. **Progress in Food & Nutrition Science**. v. 13, p. 67, 1989.

GIL, A. C. **Como saber elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUPTA, S. S. *et al.* Cooking-Induced Corrosion of Metals. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 4, p. 4781-4787. Chennai, 2016.

HEINEMANN, R. J. B. *et al.* Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n.4, p.287-296, 2005.

HALDER, D. *et al.* Arsenic species in raw and cooked rice: Implications for human health in rural Bengal. **Science of the Total Environment**. Bengala, p. 200-208, 2014.

HOLLER, F. J.; SKOOG, D. A.; CROUCH, S. R. (2009). *Princípios de Análise Instrumental*. (6ª ed.). Porto Alegre: Bookman, Cap. 8, 9, 10 e 11. 2009.

HORNER, N. S.; BEAUCHEMIN, D. The effect of cooking and washing rice on the bio-accessibility of As, Cu, Fe, V and Zn using an on-line continuous leaching method. **Analytica Chimica Acta**. Canadá, p. 28-35, 16 nov. 2013.

HOU, X., JONES, B. T. Inductively Coupled Plasma/Optical Emission Spectrometry. In R. A. Meyers (Eds.), **Encyclopedia of Analytical Chemistry**, p. 9468–9485. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 2000.

Instituto Rio Grandense do Arroz – IRGA. Mercado: Produção Mundial de Arroz. (2019). <https://irga-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201909/17154729-producao-mundial-de-arroz-2019-20.pdf> Acessado em 05 maio 2022.

ITANI, T. *et al.* Distribution of amylose, nitrogen, and minerals in rice kernels with various characters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 5326-5332, 2002.

JAFARI-MOGHADAM, R. *et al.* Comparative Perspective to the Chemical Composition of imported Rice: Association of Cooking Method. **Biomedical e Pharmacology Journal**. Teerã-Ira, v. 8, p. 149-155, 2015.

JUHASZ, A. L. *et al.* In Vivo Assessment of Arsenic Bioavailability in Rice and Its Significance for Human Health Risk Assessment. **Environmental Health Perspectives**, v. 114, p. 1826-1831. 2006.

JULIANO, B.O.; BECHTEL, D.B. The rice grain and its gross composition. In: JULIANO, B.O. (Ed.). Rice: chemistry and technology. Minnesota, **USA: American Association of Cereal Chemists**, Cap.2, p.17-57, 1985.

JUNIOR, A. I. S.; BIDART, A. M. F.; CASELLA, R. J. Absorção atômica. 2012.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B.; NGUYEN, N. Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. **International Rice Commission Newsletter**. v.51, p.33-42, 2002.

KOIDE, T. *et al.* Antitumor effect of hydrolyzed anthocyanin from grape rinds and red rice. **Cancer Biotherapy and Radiopharmacology**. v.11, n.4, p.273-277, 1996.

KREJČOVA, A.; CERNOHORSKY, T.; MEIXNER D.; Elemental analysis of instant soups and seasoning mixtures by ICP–OES. **Food Chemistry**, v. 105, n. 1, p. 242, 2007

KRUG, F. J. Métodos de preparo de amostras: fundamentos sobre o preparo de amostras orgânicas e inorgânicas para análise elementar; 6ª ed., 2006.

KRUG, F. J.; NÓBREGA, J. A.; OLIVEIRA, P. V. Espectrometria de absorção atômica. Parte 1. Fundamentos e atomização com chama, 2004. 40p.

LAPARRA, J. M. *et al.* Bioavailability of Inorganic Arsenic in Cooked Rice: Practical Aspects for Human Health Risk Assessments. **Journal Of Agricultural and Food Chemistry**. Valencia, v. 53, n. 22, 2005.

LIUKKONEN-LILJA, H.; PIEPPONEN, S. Leaching of aluminium from aluminium dishes and packages. **Food Additives and Contaminants**, v. 9, n. 3, p. 213-223, 1992

LLOBET, J.M.; Falco, G.; CASAS, C.,Teixido, A.; DOMINGO, J.L.; Concentrations of Arsenic,Cadmium,Mercury, and Lead in Common Foods and Estimated Daily Intake by Children, Adolescents, Adults, and Seniors of Catalonia. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Spaim, v. 51, p. 838, 2003.

- MANDAL, U. *et al.* Arsenic retention in cooked rice: Effects of rice type, cooking water, and indigenous cooking methods in West Bengal, India. **Science of the Total Environment**. p. 720-727. Bengala, 2019.
- MATSUO, T. *et al.* Science of the rice plant. V. II - Physiology. **Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center**, 1995.
- MIHUCZ, V. G. *et al.* Arsenic removal from rice by washing and cooking with water. **Food Chemistry**, p. 1718-1725, 2007.
- MIHUCZ, V. G. *et al.* Removal of some elements from washed and cooked rice studied by inductively coupled plasma mass spectrometry and synchrotron based confocal micro-X-ray fluorescence. **Food Chemistry**. Budapest, V 121 p. 290–297, 2010.
- MILLER, J. B.; PANG, E.; BRAMALL, L. Rice: a high or low glycemic index food? **American Journal of Clinical Nutrition**. v. 56, p. 1034-1036, 1992.
- MORAES, D. P.; BIZZI, C. A., NÓBREGA, J. A.; FLORES, E. M. M.; NOGUEIRA, A. R. A.; BARIN, J. S.; MESKO, M. F. (2019). Preparo de amostras assistido por radiação micro-ondas. In J. F. Krug, & F. R. P. Rocha (Eds.), Métodos de preparo de amostras para análise elementar (pp. 299-369). São Paulo: EditSBQ, 2019.
- MOTA, C. *et al.* The effect of cooking methods on the mineral content of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus sp.*) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). **Journal of Food Composition and Analysis**. p. 57-64. Caparica, 2016.
- MUSTRA, C. J. G. O. **Aplicação da técnica de espectrofotometria de absorção atômica na análise de metais e metalóides em amostras biológicas**: preparação de amostras por digestão com a tecnologia microondas. Faculdade de Medicina de Lisboa, Programa de Pós-Graduação em Medicina Legal e Ciências Forenses, Dissertação de Mestrado, 124p, 2009.
- NAGY, E.; JOBST, K. Aluminum dissolved from kitchen utensils. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 52, n. 3, p. 396-399, 1994.
- NAITO, S. *et al.* Effects of polishing, cooking, and storing on total arsenic and arsenic species concentrations in rice cultivated in Japan. **Food Chemistry**. p. 294-301. Japan, 2015.
- NASERI, M. *et al.* Effects of two Cooking Methods on the Concentrations of Some Heavy Metals (Cadmium, Lead, Chromium, Nickel and Cobalt) in Some Rice Brands Available in Iranian Market. **Journal of Chemical Health Risks**. p. 65-72. Iran, 2014.
- O'NEILL, A. *et al.* Arsenic in groundwater and its influence on exposure risks through traditionally cooked rice in Prey Vêng Province, Cambodia. **Journal of Hazardous Materials**. P. 1072-1079. Cambodia, 2013.

PASCUAL, C. S. C. I. **Efeitos da parboilização do arroz (*Oryza sativa* L.) integral sobre os compostos bioativos e a disponibilidade do amido**. Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

POLETTI, J. Quantificação de elementos-traço em arroz. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

PRAVEENA, S. M.; OMAR, N. A. Heavy metal exposure from cooked rice grain ingestion and its potential health risks to humans from total and bioavailable forms analysis. **Food Chemistry**. p. 203-211. 2017.

QURESHI, A. A. *et al.* Novel tocotrienols of rice bran modulate cardiovascular disease risk parameters of hypercholesterolemic humans. **Nutritional Biochemistry**. v.8, p.290-298, 1997.

RAAB, A. *et al.* Cooking rice in a high water to rice ratio reduces inorganic arsenic content. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 11, p. 41-44, 2009.

RAHMAN, M. A. *et al.* Influence of cooking method on arsenic retention in cooked rice related to dietary exposure. **Science of the Total Environment**, p. 51-60. Bangladesh, 2006.

ROCHA, F. R. P.; NÓBREGA, J. A.; KAMOGAWA, M. Y. Fundamentos do preparo de amostras. In F. J. Krug; F. R. P. Rocha (Eds.), **Métodos de preparo de amostras para análise elementar** (pp. 19–40). São Paulo: EditSBQ, 2019.

SEMEDO, M. F. F. R. Importância Médico-Legal dos Metais Essenciais: Cobre e Zinco. **Dissertação de Mestrado em Medicina Legal**; Universidade do Porto, 2014.

SENGUPTA M. K. *et al.* Arsenic burden of cooked rice: traditional and modern methods. **Food and Chemical Toxicology**, v. 44, p. 1823–1829, 2006.

SIGNES, A. *et al.* Contribution of water and cooked rice to the estimation of the dietary intake of inorganic arsenic in a rural village of West Bengal, India. **Food Additives and Contaminants**. India, p. 41-50, 2008.

SIGNES-PASTOR, A. J.; CAREY, M.; MEHARG, A. A. Inorganic arsenic removal in rice bran by percolating cooking water. **Food Chemistry**, 234, 76–80. 2017.

SILVA, I. J. S. Desenvolvimento e validação de métodos analíticos empregando decomposição com ácido diluído para a determinação multielementar em amostras de arroz e colágeno. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2021.

SKOOG, D. A., WEST, D. M., HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. (9ª ed.). São Paulo: Cengage Learning, (Capítulos 28 e 29), 2015.

STORCK, C.R. **Variação na composição química em grãos de arroz submetidos a diferentes beneficiamentos**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de

Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

TULI, R. *et al.* Recent advances in arsenic accumulation and metabolism in rice. **National Botanical Research Institute, Council of Scientific & Industrial Research**. Índia, 2010

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

XIA, M. *et al.* Supplementation of diets with the black rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in apolipoprotein E deficient mice. **Journal of Nutrition**. v.133, n.3, p.744-751, 2003.

ZIARATI, P.; AZIZI, N. consequences of cooking method in essential and heavy metal contents in brown and polished alikazemi rice. **Journal international of plant, animal and environmental sciences**. Teerã-Irã, v. 4, p. 280-287, 2014.

ZHOU, Z. *et al.* Composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, p.849-868, 2002.

ZHUANG, P. *et al.* Assessment of influences of cooking on cadmium and arsenic bioaccessibility in rice, using an in vitro physiologically-based extraction test. **Food Chemistry**. p. 206-214. 2016.