

Andreia de Fátima Silva Vaz

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade Ciências da Saúde

Porto, 2018

Andreia de Fátima Silva Vaz

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade Ciências da Saúde

Porto, 2018

Andreia de Fátima Silva Vaz

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

(Andreia de Fátima Silva Vaz)

Trabalho Complementar apresentado à Universidade
Fernando Pessoa como parte dos requisitos para
obtenção do grau de licenciado em Ciências da
Nutrição

Orientadora:

Mestre Tânia Cordeiro

Índice

1. Introdução.....	1
2. Métodos.....	3
3. Resultados e Discussão.....	3
3.1. Pseudocereais.....	4
3.1.1. Amaranho	4
3.1.2. Quinoa	7
3.1.3. Trigo-sarraceno	9
3.2. Cereais.....	10
3.2.1. Arroz.....	10
3.2.1.2. Farinha de arroz integral	12
3.2.2. Trigo – processamento em farinha	14
3.2.2.1. Farinha de trigo integral germinado.....	14
3.2.2.2. Panificação	16
3.2.3. Aveia.....	18
Conclusão.....	20
Bibliografia.....	22

Índice de tabelas

Tabela 1 – Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais do amaranto.....	6
Tabela 2 – Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais da quinoa.....	8
Tabela 3 – Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais do trigo-sarraceno.....	10
Tabela 4 – Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais do arroz.....	13
Tabela 5 – Efeito do processamento no teor de vitaminas e minerais da farinha de trigo.....	15
Tabela 6 – Efeito do processamento no teor de vitaminas e minerais de pães de trigo.....	18
Tabela 7 – Efeito do processamento no teor de vitaminas e minerais da aveia.....	19

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

Andreia Vaz¹; Tânia Cordeiro²

1. Estudante finalista do 1º ciclo de Ciências da Nutrição da Universidade Fernando Pessoa.

2. Orientadora do trabalho complementar. Docente da Faculdade Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa.

Autor para correspondência:

Andreia de Fátima Silva Vaz

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa (Ciências da Nutrição)

Rua Carlos da Maia, 296 | 4200 – 150 Porto

Tel. +351 225074630; E-mail: 21375@ufp.edu.pt

Título resumido: Processamento, confecção de cereais e pseudocereais.

Contagem de palavras: 6705

Conflitos de interesse: Nada a declarar.

Resumo

Introdução: O tipo de processamento e confecção dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno) condiciona a bioacessibilidade e o teor de vitaminas e minerais. É essencial a adoção de métodos de processamento e confecção que potenciem os atributos nutricionais destes alimentos e minimizem perdas nutricionais.

Objetivo: Averiguar o impacto dos métodos de processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais em cereais (arroz, aveia, trigo), pseudocereais (amaranto, quinoa, trigo-sarraceno) e seus derivados (pão).

Métodos: Este trabalho baseia-se numa revisão bibliográfica, cuja informação, foi recolhida nas bases de dados *Pubmed* e *Sciencedirect*. Apenas foram considerados artigos publicados nos últimos 5 anos (2012-2017), recorrendo às palavras-chave “mineral bioaccessibility AND grains”, “vitamin bioaccessibility AND grains”, “mineral bioaccessibility AND pseudocereals”, “vitamin bioaccessibility AND pseudocereals”, “sprouting AND grains”, “fermenting cereals”, “milling grains”.

Foram selecionados 33 artigos para a elaboração deste trabalho.

Resultados: O processo de moagem é o tipo de processamento mais referenciado (9 artigos), seguido da fermentação (8 artigos), confecção (7 artigos), germinação (3 artigos), maltagem (3 artigos), demolha (2 artigos) e descascamento (1 artigo).

A quinoa é o pseudocereal mais referenciado (6 artigos), seguido do amaranto e trigo-sarraceno (2 e 1 artigos respectivamente).

O trigo é o cereal mais referenciado (10 artigos), inevitavelmente associado ao processo de panificação e moagem. O arroz é referenciado em 9 artigos e a aveia apenas em 1 artigo.

Conclusão: O descascamento e moagem dos cereais e pseudocereais promovem a redução de compostos anti-nutrientes embora, provoquem perdas de vitaminas e minerais. A demolha inactiva compostos anti-nutrientes, aumenta a bioacessibilidade de

ferro, zinco e reduz o tempo de confecção. É importante salientar que, durante a demolha podem ocorrer perdas de nutrientes por lixiviação.

A cozedura em água do amaranto, quinoa, trigo-sarraceno e arroz permite o aumento da bioacessibilidade da maioria dos minerais e oligoelementos. Durante este processo, podem ocorrer perdas de vitaminas e minerais por lixiviação.

A amassadura e cozedura do pão provocam perdas de vitamina E e vitaminas do complexo B.

Palavras-chave: pseudocereais, cereais, bioacessibilidade, minerais, vitaminas, processamento, valor nutricional.

Abstract

Introduction: The cereals (rice, wheat and oat) and pseudocereals (amaranth, quinoa and buckwheat) processing techniques and cooking methods affect the mineral, vitamin bioaccessibility and nutritional composition. The methods and techniques should be chosen in order to improve and retain the nutritional properties from these foods.

Objective: Evaluate the processing techniques and cooking methods impact on the mineral, vitamin composition and bioaccessibility in cereals (oats, rice and wheat), pseudocereals (amaranth, quinoa, buckwheat) and fermented goods - bread.

Methods: This review is based in an article collection from the databases *Pubmed* and *Sciencedirect*, published in the last 5 years (2012-2017).

The articles were sorted by using the keywords “mineral bioaccessibility AND grains”, “vitamin bioaccessibility AND grains”, “mineral bioaccessibility AND pseudocereals”, “vitamin bioaccessibility AND pseudocereals”, “sprouting AND grains”, “fermenting cereals”, “milling grains”.

For this review, 33 articles were selected.

Results: Milling is the most referenced subject in the article selection (9 articles), followed by fermentation (8 articles), cooking (7 articles), sprouting (3 articles), malting (3 article), soaking (2 articles), and dehulling (1 articles).

Quinoa is the most referenced pseudocereal (6 articles), followed by amaranth (2 articles) and buckwheat (1 article).

Wheat is the most referenced cereal (10 articles) and is mostly linked to fermented goods. Rice is referenced in 9 articles and oats is the less referenced (1 article).

The articles that relate the cooking process and it's effect on wheat's mineral, vitamin content and bioaccessibility are scarce.

Conclusion:

Dehulling and milling cereals and pseudocereals lead to vitamin and mineral losses. However, these processes are effective in reducing the anti-nutrients content in cereals and pseudocereals.

The soaking process allows an iron and zinc bioaccessibility increment, while reducing the cooking time. This process can cause nutrient loss by leaching.

Mineral and trace elements bioaccessibility increases especially after cooking, even though, it can cause nutrient loss by leaching.

Kneading and baking bread causes vitamin E and B complex vitamin loss.

Keywords: pseudocereals, cereals, bioaccessibility, minerals, vitamins, processing, nutritional composition.

1. Introdução

Em Portugal, a disponibilidade e acesso de cereais e pseudocereais integrais, pouco refinados e os seus derivados, tem vindo a aumentar consideravelmente assim como, as recomendações alimentares que preconizam o seu consumo. (1)

Dada a importância do consumo de cereais e pseudocereais na promoção da saúde e prevenção de doenças, principalmente oncológicas e cardíacas, é necessário elucidar a população para as melhores técnicas de processamento e confecção que preservem e potenciem a bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais e pseudocereais. (1,5)

Neste trabalho, o termo bioacessibilidade refere-se à fração de nutrientes libertados da matriz alimentar que, posteriormente é absorvida no epitélio intestinal. O termo biodisponibilidade engloba a fração de nutrientes absorvida, metabolizada e usada para satisfazer as necessidades fisiológicas do organismo. (2)

As técnicas mais comuns de processamento de cereais e pseudocereais englobam o descascamento, moagem, demolha, germinação, maltagem, processamento térmico e fermentação. (3)

O descascamento de cereais e pseudocereais remove as camadas mais externas dos grãos e tem como consequência, uma perda de minerais e oligoelementos, bem como, compostos anti-nutrientes. Neste processo, o contacto entre compostos anti-nutrientes, enzimas e minerais causam a redução da bioacessibilidade de minerais. (3)

A demolha de cereais e pseudocereais em água preferencialmente acidificada durante um período de tempo, tem como objectivo potenciar o aporte nutricional e reduzir o seu período de cocção. Devido ao acréscimo da actividade da fitase (dependente da temperatura e pH do meio) ocorre um aumento da bioacessibilidade do ferro e zinco. Segundo Raes *et al.*, o impacto do processo da demolha de cereais e pseudocereais é, de um modo geral, benéfico. No entanto, há que ter em conta que ocorrem perdas de minerais por lixiviação cuja magnitude, varia consoante o tipo de cereal e mineral em questão. (3,4)

Para iniciar o processo de germinação, os cereais e pseudocereais têm que ser demolhados. A água usada na demolha é descartada e os cereais e pseudocereais iniciam

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

o seu processo de germinação num ambiente húmido e com temperatura controlada. Este processo induz a activação de enzimas (fitase, amilases e proteases) responsáveis pela inactivação de compostos anti-nutrientes e aumento da bioacessibilidade de minerais (ferro). (3,5)

A maltagem tem em comum com a germinação, a fase de demolha e germinação propriamente dita. Durante a maltagem, concretamente na fase de demolha, é possível que se verifique a ocorrência de perdas de micronutrientes hidrossolúveis (vitaminas, minerais e oligoelementos) por processos de lixiviação. (3,5)

Durante a cozedura (em água e a vapor), há um aumento da capacidade de absorção de água pelo amido. No entanto, ocorrem processos de diluição com maior intensidade na confecção em água que contribuem para uma redução do teor de minerais e oligoelementos. (1,3,6)

Os microrganismos mais usados na fermentação de derivados de cereais e pseudocereais são bactérias lácticas, fungos, leveduras e espécies de *Bacillus*. A actividade enzimática da fitase está dependente do pH do meio que, consoante o tipo de microrganismo, apresenta valores de pH óptimo diferentes. Esta enzima, apresenta uma maior actividade em fermentações lácticas, devido ao decréscimo do pH no decurso de fermentações longas. (3,7,8,9)

Os pseudocereais são plantas dicotiledóneas que, embora sejam ricas em amido tal como os cereais (monocotiledóneas), apresentam características nutricionais diferentes. Os pseudocereais possuem algumas vitaminas, minerais e proteínas em quantidades superiores aos cereais. (6,10,11)

A família *Poaceae*, conhecida maioritariamente por *Gramineae*, inclui inúmeras plantas monocotiledóneas cujos cereais são de extrema importância na nutrição humana. (1)

Os estudos de avaliação da bioacessibilidade dos diferentes nutrientes nos pseudocereais são escassos. (12)

São ainda poucos os estudos que analisam o impacto do processamento na bioacessibilidade de micronutrientes em cereais e pseudocereais. Contudo, dado o consumo de alimentos deste grupo de alimentos, é crucial compreender o efeito do processamento e confecção no teor de vitaminas e minerais. Assim, o presente estudo, tem como objectivo, compilar dados científicos numa revisão sistemática acerca da

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

influência dos métodos de processamento e confecção em cereais designadamente o arroz, o trigo, a aveia e pseudocereais, tais como a quinoa, o amaranto e o trigo-sarraceno, na composição nutricional e na bioacessibilidade de vitaminas e minerais.

2. Métodos

A presente revisão sistemática, baseou-se em artigos científicos de língua Inglesa publicados em bases de dados de referência tais como *Pubmed* e *Sciencedirect*.

Foram apenas considerados os artigos que se baseassem no impacto dos diferentes métodos de processamento e confecção de cereais (arroz, aveia, trigo) e pseudocereais (trigo-sarraceno, quinoa e amaranto) na bioacessibilidade e composição nutricional, publicados nos últimos 5 anos (2012-2017).

Na seriação de artigos, foram tidas em conta as seguintes palavras-chave: “mineral bioaccessibility AND grains”, “vitamin bioaccessibility AND grains”, “mineral bioaccessibility AND pseudocereals”, “vitamin bioaccessibility AND pseudocereals”, “sprouting AND grains”, “fermenting cereals”, “milling grains”.

Foram recolhidos 75 artigos, dos quais, apenas 33 foram selecionados para a elaboração deste trabalho. Foram excluídos os artigos que consideraram exclusivamente a biodisponibilidade como o conjunto de bioacessibilidade e biodisponibilidade; artigos que não contemplassem o efeito do processamento térmico na bioacessibilidade e teor de vitaminas, minerais e artigos que em geral, a sua temática divergia dos objectivos deste artigo.

3. Resultados e Discussão

Neste artigo de revisão, foi analisado o processamento mecânico (descascamento, moagem), demolha, germinação, fermentação, maltagem, cozedura em água, a vapor e extrusão em cereais (exclusivamente do arroz) e pseudocereais.

O processo de moagem é o tipo de processamento mais referenciado (9 artigos), seguido da fermentação (8 artigos), confecção (7 artigos), germinação (3 artigos), maltagem (3 artigos), demolha (2 artigos) e descascamento (1 artigo).

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

A quinoa é o pseudocereal mais referenciado (6 artigos), seguido do amaranto e trigo-sarraceno (2 e 1 artigos respectivamente).

O trigo é o cereal mais referenciado (10 artigos), seguido do arroz (9 artigos) e a aveia (1 artigo). O trigo está inevitavelmente associado ao processo de panificação e não existem artigos que relacionem o efeito de outros processos culinários na bioacessibilidade e valor nutricional de minerais e vitaminas.

3.1. Pseudocereais

3.1.1. Amaranto

O efeito do processamento na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais no amaranto apenas foram verificados em dois trabalhos. (1,6)

Segundo Mota *et al.*, (6) as amostras de amaranto (*Amaranthus caudatus*, *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hypochondriacus*) maltado são as que apresentam um teor mais elevado de folatos. Há indícios de que durante a intensa actividade metabólica da semente germinada, possam ocorrer reacções que permitam a conversão de precursores em compostos, nomeadamente, a síntese/interconversão de folatos, ou a síntese de aminoácidos. Apesar dos folatos serem uma vitamina termolábil, verificou-se que apenas a cozedura em água do amaranto, instiga a diminuição do teor desta vitamina. Este fenómeno foi anteriormente reportado para os produtos hortícolas, verificando-se que a cozedura em água, é de facto, o principal motivo para a ocorrência de perdas desta vitamina. (1)

Da análise do teor de minerais, Mota *et al.*, (6) comprovaram que o amaranto cozido em água apresenta teores de cobre superiores ao amaranto *in natura* e cozido a vapor o que, não se verifica relativamente ao magnésio e potássio. Durante o processamento, as perdas de nutrientes termolábeis e de nutrientes hidrossolúveis por lixiviação são inevitáveis quando o meio da confecção é rejeitado. Realça-se que, no processo de cozedura que implica a incorporação do meio no produto final, não ocorrem perdas de elevada magnitude. Já na cozedura a vapor, as perdas por lixiviação não

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

podem ser totalmente excluídas uma vez que, os autores verificaram a possibilidade de os nutrientes hidrossolúveis serem arrastados para o reservatório de água de vaporização pela ação do vapor circulante. (1)

O processo de maltagem induziu perdas de cálcio e zinco. Durante a maltagem, particularmente durante a demolha, podem ocorrer processos de lixiviação e consequentes, perdas de nutrientes hidrossolúveis. No entanto, o processo de maltagem permitiu o aumento da bioacessibilidade dos folatos, manganês, magnésio e fósforo e apenas reduziu a do zinco e do cálcio. (1)

Motta, C. constatou que a cozedura do amaranto aumenta significativamente a bioacessibilidade de folatos, minerais e oligoelementos (cálcio, magnésio, potássio, fósforo, ferro, cobre e manganês), com a exceção do zinco. A bioacessibilidade do ferro e cálcio é mais elevada quando o amaranto é cozido em água (tabela 1). (1)

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

Tabela 1 – Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais do amaranto.

Autor	Pseudocereal	Tipo de processamento e confecção	Efeito na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais	Ano
<u>Efeito na bioacessibilidade</u>				
		Cozedura em água	↑ Folatos, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, ferro, cobre, manganês ↓ Zinco	
	Amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i> , <i>Amaranthus cruentus</i> , <i>Amaranthus hypochondriacus</i>)	Cozedura a vapor	↑ Folatos, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, ferro, cobre, manganês ↓ Zinco	2015 2016
		Maltagem	↑ Folatos, manganês, magnésio, fósforo ↓ Zinco Cálcio	
<u>Efeito no valor nutricional</u>				
Motta, C. (1) Mota <i>et al.</i> , (6)		Cozedura em água	↑ Cobre ↓ Magnésio, potássio	2015 2016

3.1.2. Quinoa

Na revisão realizada foram encontrados seis artigos referentes ao efeito do processamento na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais na quinoa.

A quinoa (*Chenopodium quinoa*) é considerada uma boa fonte de minerais e, tem como vantagem relativamente aos cereais, teores de cálcio, magnésio, ferro e zinco mais elevados. O valor nutricional da quinoa é afectado por factores climáticos, ambientais e riqueza mineral do solo. (13,14,15)

A quinoa parece ser o pseudocereal que mais beneficia do processo de cozedura a vapor, já que, este processo de cocção evita perdas significativas de minerais. Os teores de cobre, zinco e potássio diminuem quando a quinoa é cozida (em água e a vapor) e sujeita a maltagem (o mesmo se verifica para o ferro e magnésio, excepto para o potássio). (1)

A bioacessibilidade do manganês, zinco, magnésio e cálcio é superior quando a quinoa é cozida em água e, presume-se que esta ocorrência possa estar associada à capacidade de libertação dos minerais das fibras após a digestão. Já a cozedura a vapor apenas permite o aumento da bioacessibilidade do cobre, ferro, fósforo e potássio, comparativamente ao processo de maltagem e confecção em água (tabela 2). A moagem fina da quinoa reduz a bioacessibilidade do zinco e cálcio. No entanto, a bioacessibilidade dos restantes minerais e oligoelementos encontra-se aumentada, com a exceção do potássio. (1,6)

A inoculação e consequente fermentação de cereais e pseudocereais por fungos *Rhizopus oligosporus*, permite a obtenção de produtos com características nutricionais superiores relativamente aos cereais e pseudocereais cozidos. (16)

A preparação tradicional do *tempeh* envolve a demolha, fermentação e pré-confecção de leguminosas (soja). Porém, é possível obter *tempeh* a partir da conjugação de leguminosas-cereais/pseudocereais ou apenas cereais e/ou pseudocereais. (16)

Starzynska-Janiszewska *et al.*, (16) confeccionaram variedades de *tempeh* de quinoa (branca, preta e vermelha) e averiguaram o efeito de uma fermentação longa (40h) no conteúdo de riboflavina, tiamina, compostos fenólicos e biodisponibilidade de proteínas e hidratos de carbono. Os resultados obtidos foram comparados com dados relativos ao *tempeh* de quinoa (branca, preta e vermelha) *standard* (fermentação de

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

30h), quinoa cozida (branca, preta e vermelha) e verificou-se que o *tempeh* de quinoa obtido por um período de fermentação de 40h apresentou uma maior concentração de riboflavina e tiamina. (16)

Tabela 2 – Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais da quinoa.

Autor	Pseudocereal	Tipo de processamento e confecção	Efeito na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais	Ano
<u>Efeito na bioacessibilidade</u>				
		Cozedura em água	↑ Manganês, zinco, magnésio, cálcio	
		Cozedura a vapor	↑ Cobre, ferro, fósforo, potássio	
Mota <i>et al.</i> , (6)				2016
Motta, C. (1)		Maltagem	↑ Magnésio, fósforo, potássio	2015
	Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)			
		Moagem	↓ Zinco, cálcio	
			↑ Magnésio, sódio, fósforo, ferro, cobre, manganês	
<u>Efeito no teor de vitaminas e minerais</u>				
Starzynska-Janiszewska <i>et al.</i> , (16)		Fermentação (<i>Rhizopus oligosporus</i>)	↑ Riboflavina, tiamina	2016
		Cozedura (água e a vapor)	↓ Cobre, zinco, potássio	
Motta, C. (1)		Maltagem	↑ Potássio	2015
			↓ Cobre, zinco, potássio, ferro, magnésio	

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

3.1.3. Trigo-sarraceno

Na revisão realizada apenas foi encontrado um artigo que referenciasse o efeito na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais do processamento no trigo-sarraceno. (1)

A cozedura (em água e a vapor) do trigo-sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) contribui para uma diminuição significativa de cobre, manganês, zinco, magnésio, fósforo e potássio. Durante a cozedura (em água e cozedura a vapor) há um acréscimo da capacidade de absorção de água pelo amido, resultando num aumento do teor de humidade do produto final. No entanto, ocorrem processos de diluição com maior intensidade na cozedura em água que, contribuem para uma redução do teor proteico e mineral. (1)

A bioacessibilidade dos minerais e oligoelementos na generalidade, aumenta bastante após o processamento térmico. A cozedura a vapor é o método de confecção mais apropriado para o trigo-sarraceno uma vez que, a bioacessibilidade dos folatos, cobre, manganês, ferro, zinco, magnésio, cálcio, fósforo e potássio é superior aos restantes métodos. O processo de maltagem aumenta significativamente a bioacessibilidade de manganês, cobre, zinco, ferro, magnésio, potássio, cálcio, fósforo (tabela 3). (1)

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

Tabela 3 – Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais do trigo-sarraceno.

Autor	Pseudocereal	Tipo de processamento e confecção	Efeito na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais	Ano
<i><u>Efeito na bioacessibilidade</u></i>				
		Cozedura em água	↑ Cobre, manganês, zinco, magnésio, cálcio	
Motta, C. (1)		Cozedura a vapor	↑ Folatos, cobre, manganês, ferro, zinco, magnésio, cálcio, fósforo, potássio	2015
	Trigo-sarraceno (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	Maltagem	↑ Manganês, cobre, zinco, ferro, magnésio, potássio, cálcio, fósforo	
<i><u>Efeito no teor de vitaminas e minerais</u></i>				
Motta, C. (1)		Cozedura (em água e a vapor)	↓ Cobre, manganês, zinco, magnésio, fósforo, potássio	2015

3.2. Cereais

3.2.1. Arroz

Nesta revisão, foram encontrados nove artigos referentes ao efeito do processamento na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais no arroz.

O teor em minerais do arroz (*Oryza sativa*) está dependente do grau de polimento e/ou moagem. Durante o processo de polimento, o embrião e o pericarpo (camada aleurona) são removidos do arroz integral a fim de, se obterem grãos de arroz brancos. Tendo em conta que estas camadas removidas contêm elevadas quantidades de

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

minerais, a sua remoção lesa significativamente o conteúdo mineral (com maior ênfase no potássio, magnésio, manganês, fósforo e ferro) nos grãos de arroz polidos/moídos. (17,18)

O conteúdo de minerais e oligoelementos no arroz é significativamente mais baixo, comparativamente com os pseudocereais alvo de análise neste artigo. (1,6)

A cozedura em água provoca uma diminuição nos teores de todos os minerais (cobre, manganês, zinco, magnésio, cálcio, fósforo e potássio) com exceção do ferro, no arroz agulha. Já no arroz carolino, a diminuição do teor de cobre e manganês é mais pronunciada após a confeção. Tal como foi anteriormente referido, o processo de cozedura em água reduz as concentrações de minerais, pelo efeito de diluição desencadeado pela hidratação dos grãos. (1)

A cozedura em água do arroz agulha e carolino permite o aumento da bioacessibilidade da maioria dos minerais e oligoelementos embora, tal não se verifique com o fósforo e potássio. (1)

A bioacessibilidade dos folatos no arroz confeccionado é reduzida (tabela 4). O arroz fortificado em folatos não está sujeito a perdas tão excessivas após a cozedura em água e apresenta uma maior retenção de folatos durante períodos de acondicionamento a longo-prazo. (1,19)

Wieringa *et al.*, (20) desenvolveu um estudo acerca do efeito de cinco métodos de preparação e confecção (demolha de 30 minutos antes de cozer o arroz em água abundante que é descartada no final; cozedura do arroz em água abundante que é descartada no final; cozedura do arroz em água que é totalmente absorvida pelos grãos; lavagem prévia do arroz (3 vezes) antes de o cozer em água suficiente para ser absorvido pelos grãos; os grãos de arroz são salteados durante 1 minuto antes de serem cozidos em água suficiente para ser totalmente absorvida pelos grãos) na perda de micronutrientes (vitamina A, ferro, zinco, ácido fólico e vitamina B12) em variedades de arroz fortificado com uma *premix*. Para as amostras analisadas, a retenção de ferro e zinco obtida foi elevada independentemente do tipo de confecção, os autores apenas indicaram que estes resultados se deveram a especificações da composição da *premix* (vitaminas e minerais) do fabricante. A retenção de vitamina A, vitamina neste estudo, foi negativamente afectada pelo método de confecção, embora, tal não se tenha verificado para a vitamina B12 e ácido fólico. (20)

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

Os autores concluem que é crucial ter em conta as preferências de métodos de confecção e os seus determinantes nos indivíduos provenientes de países em desenvolvimento bem como, os custos de processamento na tomada de decisões relativas a iniciativas de fortificação de arroz. (20)

Kamaraddi V., Prakash J. (21) procederam à análise nutricional e bioacessibilidade de ferro, zinco e cálcio do arroz expandido. Neste estudo, os autores referem que, o arroz expandido apresenta uma bioacessibilidade de ferro elevada que pode estar relacionada com uma eventual contaminação proveniente do material utilizado. A análise ao perfil de vitaminas do complexo B indica que o arroz expandido é uma boa fonte de tiamina, riboflavina e niacina. (21)

3.2.1.2. Farinha de arroz integral

A moagem do arroz integral remove essencialmente o gérmen/embrião e o pericarpo/camada aleurona e está associado a perdas de ferro, tiamina, riboflavina, niacina, vitamina E, selénio, zinco, cálcio, cobre, magnésio e manganês (tabela 4). (22,23)

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

Tabela 4– Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais do arroz.

Autor	Tipo de arroz	Tipo de processamento e confecção	Efeito na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais	Ano
<i><u>Efeito na bioacessibilidade</u></i>				
Díaz-Gómez <i>et al.</i> , (19) Motta, C. (1)	Aglha e carolino	Cozedura em água	↑ Cobre, manganês, ferro, zinco, magnésio, cálcio	2017
			↓ Fósforo, potássio, folatos	2015
Kamaraddi V., Prakash J. (21)	Expandido (<i>Oryza sativa</i>)	Extrusão	↑ Ferro	2015
<i><u>Efeito no teor de vitaminas e minerais</u></i>				
Liu <i>et al.</i> , (23) Atungulu GG, Pan Z. (22)	Arroz integral (<i>Oryza sativa</i>)	Moagem	↓ Ferro, tiamina, riboflavina, niacina, vitamina E, selênio, zinco, cálcio, cobre, magnésio, manganês	2017 2014
Motta, C. (1)	Arroz agulha	Cozedura em água	↓ Cobre, manganês, zinco, magnésio, cálcio, fósforo, potássio	2015
	Arroz carolino		↑ Ferro	
Wieringa <i>et al.</i> , (20)	Arroz fortificado	Cozedura em água	↑ Zinco, magnésio, cálcio, fósforo, ferro, potássio	2014
			↓ Cobre, manganês	
			↓ Vitamina A	

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

3.2.2. Trigo – processamento em farinha

Nesta revisão, foram encontrados dez artigos referentes ao efeito do processamento no teor de vitaminas e minerais no trigo.

A maior parte do trigo (*Triticum aestivum L.*) destinado ao consumo humano é moído. (24)

A moagem do trigo tem como consequência, a perda de vitaminas do complexo B que se concentram sobretudo, nas camadas mais externas do grão. As farinhas com maior grau de extração são mais escassas em vitaminas do complexo B. Nurit *et al.*, (25) analisou o perfil de vitamina E e vitaminas do complexo B em farinha de trigo semi-integral (tipo 110 segundo a classificação Francesa), farelo de trigo (fino e grosseiro) e outras frações mais internas resultantes da extração do trigo (tabela 5). (24)

As concentrações de ácido nicotínico, piridoxal e ácido pantoténico obtidas por Nurit *et al.*, são superiores no farelo enquanto que, a riboflavina e tiamina abundam maioritariamente nas restantes fracções internas obtidas na extração (*middlings, discard sifting*). Neste estudo, o ácido pantoténico foi predominante nas frações das camadas mais exteriores do grão de trigo e o β -sitosterol e α -tocoferol, sobressalentes nas frações internas do grão do trigo. (25)

A concentração de cálcio, magnésio, potássio, cobre, zinco, ferro e selénio no trigo parece estar dependente do tipo de produção agrícola (convencional e biológico). Segundo Vrček *et al.*, (24) as farinhas provenientes de trigo biológico contêm quantidades superiores de zinco, potássio e molibdénio embora, sejam deficitárias em cálcio, manganês e ferro comparativamente às farinhas de trigo cultivado com recurso a pesticidas e outros adjuvantes químicos agrícolas (tabela 5).

3.2.2.1. Farinha de trigo integral germinado

A farinha integral obtida a partir de trigo germinado apresenta atributos nutricionais distintos da farinha de trigo moída e não germinada. A germinação induz a biossíntese de tocoferol, niacina e riboflavina no embrião do grão de trigo. (26)

Segundo Žilić *et al.*, (26) a niacina é a vitamina do complexo B predominante na farinha de trigo integral obtida de grãos de trigo não demolidos e germinados (grupo

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

controle) do lote analisado. Os autores reportam para um aumento do teor de niacina na farinha de trigo integral germinada que, supõem que se deva a um mecanismo compensatório que gera um aumento da síntese de niacina no embrião a fim de, compensar as perdas ocorridas no endosperma. No decurso da investigação dos autores anteriormente mencionados, a demolha de grãos de trigo gerou perdas de tiamina e piridoxina por processos de lixiviação. Os autores verificaram que o processo de germinação dos grãos de trigo induz o aumento do teor de tocoferol (α -tocoferol, $\beta + \gamma$ -tocoferol, δ – tocoferol e tocoferol total) que, tem um impacto positivo nos produtos de panificação (tabela 5). (26)

Tabela 5– Efeito do processamento no teor de vitaminas e minerais da farinha de trigo.

Autor	Tipo de farinha de trigo	Efeito no teor de vitaminas e minerais	Ano
Nurit <i>et al.</i> , (25)	Elevada extracção	↓ Vitaminas do complexo B	2016
Vrček <i>et al.</i> , (24)	Agricultura biológica	↑ Zinco, potássio, molibdénio ↓ Cálcio, manganês, ferro	2014
	Agricultura Convencional	↑ Cálcio, manganês, ferro	
Žilić <i>et al.</i> , (26)	Integral germinada	↑ Niacina, tocoferol ↓ Tiamina, piridoxina	2014

3.2.2.2. Panificação

O estudo de Nurit *et al.*, (25) teve em conta a análise do impacto do processo de panificação no conteúdo da vitamina E e vitaminas do complexo B. Os autores reportaram perdas significativas de tiamina, piridoxal, piridoxina e ácido pantoténico durante o processo de panificação (tabela 6).

A etapa de amassadura não é lesiva para a tiamina e ácido pantoténico uma vez que, estas vitaminas são mais susceptíveis ao efeito nocivo de temperaturas elevadas e mais tolerantes à luz e oxigénio. Porém, os autores verificaram que ocorreram perdas severas de piridoxal durante a amassadura, resultantes da exposição ao oxigénio, luz e calor. Nesta investigação, a etapa de amassadura contribuiu para o aumento da concentração de riboflavina e nicotinamida e diminuição do teor de ácido nicotínico, α -tocoferol, β - γ -tocotrienol, β - γ -tocoferol e α -tocotrienol. Perante a análise, os autores referem que a etapa de amassadura contribui para mais perdas de vitamina E, devidas a processos oxidativos. (25)

O pão tostado (no forno a 200°C durante 21 minutos) testado neste estudo, exibiu perdas de ácido pantoténico mais exacerbadas do que o processo de cozedura. Contudo, os autores verificaram que os teores de α -tocoferol, β - γ -tocoferol, α -tocotrienol e β - γ -tocotrienol são superiores no pão tostado que, se supõe que se devem à eficácia do processo experimental de extração da matriz alimentar. (25)

O processo de fermentação envolvido na fermentação natural (*sourdough*) é complexo, dinâmico e sujeito a uma elevada pressão de selecção natural que condiciona as estirpes de microrganismos. Neste ecossistema, coexistem leveduras e bactérias hetero e homofermentativas pertencentes aos géneros *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Weissella*, and *Pediococcus*. (27)

Segundo Russo *et al.*, a utilização de estirpes de *L. fermentum* PBCC11.5 na panificação (produtores de quantidades elevadas de riboflavina) permite o enriquecimento de riboflavina em derivados de cereais fermentados por intermédio de processos fermentativos longos. (28)

Edelmann *et al.*, (29) realizaram um estudo inovador acerca da estabilidade/retenção da vitamina B12 adicionada e produzida *in situ* nos processos de panificação. Neste estudo, foram testados três tipos de pães de trigo – *sourdough*, pão de trigo convencional e pão de forma fermentado por *Saccharomyces cerevisiae*

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

(períodos de fermentação e métodos de confecção diferentes para os pães de fermentação convencional) – com adição de cianocobalamina e hidroxocobalamina. Os mesmos tipos de pães foram inoculados com *Propionibacterium freudenreichii* a fim de, testar a magnitude da produção e retenção de vitamina B12 produzida *in situ*.

De um modo geral, os autores concluíram que, para os pães obtidos por fermentação convencional, ocorreu uma diminuição do teor de hidroxocobalamina enquanto que, o teor de cianocobalamina permaneceu praticamente inalterado. No pão *sourdough*, ocorreram perdas de cianocobalamina e hidroxocobalamina em maior extensão que, segundo os autores, se deveram maioritariamente ao longo período de cozedura, à redução drástica de pH resultante da produção de ácido láctico e acético por bactérias lácteas, interacção riboflavina-cianocobalamina e nicotinamida-cianocobalamina que promove a conversão de cianocobalamina a hidroxocobalamina em meio ácido, a acção lesiva da tiamina e vitamina B6 sobre a cianocobalamina e a destruição de hidroxocobalamina por parte do ácido ascórbico. A vitamina B12 produzida *in situ* nos pães de trigo convencional, exibiu uma maior estabilidade face aos pães *sourdough*. Os autores reportaram que a adição de malte inoculado com *Propionibacterium freudenreichii* em vez de água, não permitiu obter ilações de maior relevância devido às limitações da metodologia utilizada. (29-32)

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

Tabela 6 – Efeito do processamento no teor de vitaminas e minerais de pães de trigo.

Autor	Tipo de processamento	Efeito no teor de vitaminas e minerais	Ano
Nurit <i>et al.</i> , (25)	Amassadura	↓ Piridoxal, ácido nicotínico, α-tocoferol, β-γ-tocotrienol, β-γ-tocoferol, α-tocotrienol, vitamina E	2016
		↑ Riboflavina, nicotinamida	
Edelmann <i>et al.</i> , (29) Monajjemzadeh <i>et al.</i> , (31)	Tostar (forno a 200°C durante 21 minutos)	↓ Ácido pantoténico	2014
		↑ α-tocoferol, β-γ-tocoferol, α-tocotrienol, β-γ-tocotrienol	
Ahmad <i>et al.</i> , (32) Ahmad <i>et al.</i> , (30)	Fermentação natural (<i>sourdough</i>) Fermentação convencional (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	↓ Cianocobalamina, hidroxocobalamina	2012
		↓ Hidroxocobalamina	
Russo <i>et al.</i> , (28)	Fermentação convencional (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	↑ Riboflavina	2014

3.2.3. Aveia

Na revisão realizada apenas foi encontrado um artigo referente ao efeito do processamento no teor de minerais na aveia.

A aveia é um cereal cujo processamento industrial é relativamente brando face a outros cereais. Dada a inflexibilidade em remover o gérmen, endosperma e outras fracções do cereal, a riqueza nutricional da aveia é preservada de forma mais eficaz.

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

Moagens com duração superior que permita a remoção do farelo, intensificam a perda de ácido fítico. A remoção de ácido fítico, abundante no farelo da aveia, é acompanhada por um decréscimo do teor de ferro e zinco. (tabela 7) (33)

Tabela 7 – Efeito do processamento no teor de minerais da aveia.

Autor	Tipo de processamento	Efeito no teor de vitaminas e minerais	Ano
Li <i>et al.</i>, (33)	Moagem	↓ Ferro, zinco	2014

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

Conclusão

O tipo de processamento e método de confecção tem um impacto na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais nos cereais e pseudocereais.

O descascamento e moagem dos cereais e pseudocereais são técnicas vulgarizadas que, embora sejam eficazes a promover a redução do teor de compostos anti-nutrientes, conduzem a perdas de vitaminas e minerais.

Em contexto doméstico, é importante optar por uma demolha longa em meio acidificado. Este tipo de processamento simples inactiva compostos anti-nutrientes, aumenta a bioacessibilidade de ferro, zinco e reduz o tempo de confecção. É importante salientar que, durante a demolha podem ocorrer perdas de nutrientes por lixiviação.

O amaranto é o pseudocereal que contém teores de ferro, cálcio, potássio e magnésio mais elevados que a quinoa e trigo-sarraceno.

A cozedura do amaranto aumenta significativamente a bioacessibilidade dos minerais e oligoelementos (cálcio, magnésio, sódio, potássio, fósforo, ferro, cobre e manganês), com a excepção do zinco.

A bioacessibilidade do manganês, zinco, magnésio e cálcio da quinoa, é superior na cozedura em água. A cozedura a vapor apenas permite o aumento da bioacessibilidade do cobre, ferro, fósforo e potássio, comparativamente ao processo de maltagem e cozedura em água.

A cozedura a vapor do trigo-sarraceno é o método de confecção mais apropriado uma vez que, a bioacessibilidade do cobre, manganês, ferro, zinco, magnésio, cálcio, fósforo e potássio é superior aos restantes métodos.

De um modo geral, durante a cozedura (em água e a vapor), há um acréscimo da capacidade de absorção de água pelo amido, resultando num aumento do teor de humidade do produto final. No entanto, ocorrem processos de diluição com maior intensidade na cozedura em água que, contribuem para uma redução do teor proteico e mineral dos cereais e pseudocereais. A cozedura, com aproveitamento do meio de confecção contribui para a preservação da maioria dos minerais e oligoelementos.

Os estudos que relacionam a influência do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais nos cereais e pseudocereais são muito escassos. No futuro, seria útil ultrapassar esta limitação de forma a permitir o

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

desenvolvimento de produtos inovadores à base de cereais e pseudocereais com maior densidade nutricional e nutricionalmente mais adequados.

Bibliografia

1. Motta C. Pseudocereais como Ingredientes de Formulações Destinadas a uma Alimentação Especial. [Tese de Doutorado]. Repositório Científico da Universidade do Porto. Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto; 2015.
2. Wells ML, Potin P, Craigie JS, Raven JA, Merchant SS, Helliwell KE, et al. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *J Appl Phycol.* 2017;29(2):949–82.
3. Raes K, Knockaert D, Struijs K, Van Camp J. Role of processing on bioaccessibility of minerals: Influence of localization of minerals and anti-nutritional factors in the plant. *Trends Food Sci Technol.* 2014;37(1):32–41.
4. Albarracín M, González RJ, Drago SR. Effect of soaking process on nutrient bioaccessibility and phytic acid content of brown rice cultivar. *LWT - Food Sci Technol.* 2013;53(1):76–80.
5. Hübner F, Arendt EK. Germination of Cereal Grains as a Way to Improve the Nutritional Value: A Review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2013;53(8):853–61.
6. Mota C, Nascimento AC, Santos M, Delgado I, Coelho I, Rego A, et al. The effect of cooking methods on the mineral content of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus sp.*) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *J Food Compos Anal.* 2016;49:57–64.
7. Singh AK, Rehal J, Kaur A, Jyot G. Enhancement of Attributes of Cereals by Germination and Fermentation: A Review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2015;55(11):1575–89.
8. Mukhametzyanova AD, Akhmetova AI, Sharipova MR. Microorganisms as phytase producers. *Microbiology.* 2012;81(3):267–75.
9. Gobbetti M, Minervini F, Pontonio E, Di Cagno R, De Angelis M. Drivers for the establishment and composition of the sourdough lactic acid bacteria biota. *Int J Food Microbiol.* 2016;239:3–18.
10. Frølich W, Aman P. Whole grain for whom and why? *Food Nutr Res.* 2010;54:1–5.
11. Nascimento AC, Mota C, Coelho I, Gueifão S, Santos M, Matos AS, et al. Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth

- (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chem.* 2014;148:420–6.
12. Repo-Carrasco-Valencia RAM, Encina CR, Binaghi MJ, Greco CB, de Ferrer PAR. Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kañiwa on composition and availability of minerals in vitro. *J Sci Food Agric.* 2010;90(12):2068–73.
 13. Gonzalez JA, Konishi Y, Bruno M, Valoy M, Prado FE. Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *J Sci Food Agric.* 2012;92(6):1222–9.
 14. Miranda M, Vega-gálvez A, Quispe-fuentes I, Rodríguez MJ. NUTRITIONAL ASPECTS OF SIX QUINOA (*Chenopodium quinoa* WILLD.) ECOTYPES FROM THREE GEOGRAPHICAL AREAS OF CHILE. *Chil J Agric Res.* 2013;72(2):175–81.
 15. Palombini SV, Claus T, Maruyama SA, Gohara AK, Souza AHP, Souza NE de, et al. Evaluation of nutritional compounds in new amaranth and quinoa cultivars. *Food Sci Technol.* 2013;33(2):339–44.
 16. Starzyńska-Janiszewska A, Duliński R, Stodolak B, Mickowska B, Wikiera A. Prolonged tempe-type fermentation in order to improve bioactive potential and nutritional parameters of quinoa seeds. *J Cereal Sci.* 2016;71:116–21.
 17. Hansen TH, Lombi E, Fitzgerald M, Laursen KH, Frydenvang J, Husted S, et al. Losses of essential mineral nutrients by polishing of rice differ among genotypes due to contrasting grain hardness and mineral distribution. *J Cereal Sci.* 2012;56(2):307–15.
 18. Paiva FF, Vanier NL, Berrios JDJ, Pinto VZ, Wood D, Williams T, et al. Polishing and parboiling effect on the nutritional and technological properties of pigmented rice. *Food Chem.* 2016;191:105–12.
 19. Díaz-Gómez J, Twyman RM, Zhu C, Farré G, Serrano JC, Portero-Otin M, et al. Biofortification of crops with nutrients: factors affecting utilization and storage. *Curr Opin Biotechnol.* 2017;44(January):115–23.
 20. Wieringa FT, Lailou A, Guyondet C, Jallier V, Moench-pfanner R, Berger J. Stability and retention of micronutrients in fortified rice prepared using different

- cooking methods. 2014;1324:40–7.
21. Kamaraddi V, Prakash J. Assessment of suitability of selected rice varieties for production of expanded rice. *Cogent Food Agric.* 2015;1(1):1–14.
 22. Atungulu GG, Pan Z. Rice industrial processing worldwide and impact on macro- and micronutrient content, stability, and retention. *Ann N Y Acad Sci.* 2014;1324(1):15–28.
 23. Liu K lun, Zheng J bao, Chen F sheng. Relationships between degree of milling and loss of Vitamin B, minerals, and change in amino acid composition of brown rice. *LWT - Food Sci Technol.* 2017;82:429–36.
 24. Vrček IV, Čepo DV, Rašić D, Peraica M, Žuntar I, Bojić M, et al. A comparison of the nutritional value and food safety of organically and conventionally produced wheat flours. *Food Chem.* 2014;143:522–9.
 25. Nurit E, Lyan B, Pujos-Guillot E, Branlard G, Piquet A. Change in B and E vitamin and lutein, β -sitosterol contents in industrial milling fractions and during toasted bread production. *J Cereal Sci.* 2016;69:290–6.
 26. Žilić S, Šukalović V, Jankovic M, Basić Z, Maksimovic V, Jankovic M FM. Can the sprouting process applied to wheat improve the contents of vitamins and phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour? *Int J Food Sci Technol.* 2014;49(4):1040–7.
 27. De Vuyst L, Van Kerrebroeck S, Harth H, Huys G, Daniel HM, Weckx S. Microbial ecology of sourdough fermentations: Diverse or uniform? *Food Microbiol.* 2014;37:11–29.
 28. Russo P, Capozzi V, Arena MP, Spadaccino G, Dueñas MT, López P, et al. Riboflavin-overproducing strains of *Lactobacillus fermentum* for riboflavin-enriched bread. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2014;98(8):3691–700.
 29. Edelman M, Chamlagain B, Santin M, Kariluoto S, Piironen V. Stability of added and in situ-produced vitamin B12 in breadmaking. *Food Chem.* 2016;204:21–8.
 30. Ahmad I. Effect of Riboflavin on the Photolysis of Cyanocobolamin in Aqueous Solution. *Open Anal Chem J.* 2012;6(1):22–7.
 31. Monajjemzadeh F, Ebrahimi F, Zakeri-Milani P, Valizadeh H. Effects of formulation variables and storage conditions on light protected vitamin B12 mixed parenteral formulations. *Adv Pharm Bull.* 2014;4(4):329–38.

Efeito do processamento e confecção na bioacessibilidade e teor de vitaminas e minerais dos cereais (arroz, trigo e aveia) e pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno).

32. Ahmad I, Qadeer K, Zahid S, Sheraz MA, Ismail T, Hussain W, et al. Effect of Ascorbic Acid on the Degradation of Cyanocobalamin and Hydroxocobalamin in Aqueous Solution: A Kinetic Study. *AAPS PharmSciTech*. 2014;15(5):1324–33.
33. Li H, Qiu J, Liu C, Ren C, Li Z. Milling characteristics and distribution of phytic acid, minerals, and some nutrients in oat (*Avena sativa* L.). *J Cereal Sci*. 2014;60(3):549–54.