



---

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
Faculdade de Engenharia Química  
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos

---



**JUNIA ARIANE DUARTE BARROSO**

**Aspectos tecnológicos e nutricionais envolvidos na  
germinação de grãos e produção de brotos comestíveis**

**Patos de Minas – MG**

**2022**

**JUNIA ARIANE DUARTE BARROSO**

**Aspectos tecnológicos e nutricionais envolvidos na  
germinação de grãos e produção de brotos comestíveis**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Orientador(a): Dra. Marta Fernanda Zotarelli

Coorientador(a): Dr. Ricardo Corrêa de Santana

Coorientador(a): Dra. Letícia Rocha Guidi

**Patos de Minas – MG**

**2022**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

|              |  |
|--------------|--|
| B277<br>2022 | <p>Barroso, Junia Ariane Duarte, 1998-<br/>Aspectos Tecnológicos e Nutricionais Envolvidos na<br/>Germinação de Grãos e Produção de Brotos Comestíveis<br/>[recurso eletrônico] / Junia Ariane Duarte Barroso. -<br/>2022.</p> <p>Orientadora: Marta Fernanda Zotarelli.<br/>Coorientadora: Leticia Rocha Guidi.<br/>Coorientador: Ricardo Corrêa de Santana.<br/>Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de<br/>Uberlândia, Pós-graduação em Engenharia de Alimentos.<br/>Modo de acesso: Internet.<br/>Disponível em: <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.232">http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.232</a><br/>Inclui bibliografia.</p> <p>I. Alimentos - Indústria. I. Zotarelli, Marta<br/>Fernanda, 1985-, (Orient.). II. Guidi, Leticia Rocha,<br/>1984-, (Coorient.). III. Santana, Ricardo Corrêa de,<br/>1981-, (Coorient.). IV. Universidade Federal de<br/>Uberlândia. Pós-graduação em Engenharia de Alimentos. V.<br/>Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 664</p> |
|--------------|--|

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos - Patos  
 de Minas

Av. Getúlio Vargas, 230 - Bairro Centro, Patos de Minas-MG, CEP 38700-103  
 Telefone: (34) 3823-3714 - www.ppgea.feq.ufu.br - coordppgea@feq.ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

|                               |   |                 |       |                       |       |
|-------------------------------|---|-----------------|-------|-----------------------|-------|
| Programa de Pós-Graduação em: | Engenharia de Alimentos   |                 |       |                       |       |
| Defesa de:                    | Dissertação de Mestrado Acadêmico n. 3/2022 - PPGEA   |                 |       |                       |       |
| Data:                         | Seis de junho de dois mil e vinte e dois  | Hora de início: | 13:30 | Hora de encerramento: | 15:36 |
| Matrícula do Discente:        | 42012EAL011   |                 |       |                       |       |
| Nome do Discente:             | Junia Ariane Duarte Barroso   |                 |       |                       |       |
| Título do Trabalho:           | Aspectos tecnológicos e nutricionais envolvidos na germinação de grãos e produção de brotos comestíveis |                 |       |                       |       |
| Área de concentração:         | Engenharia de Alimentos   |                 |       |                       |       |
| Linha de pesquisa:            | Desenvolvimento de Processos e Produtos   |                 |       |                       |       |

Reúne-se por webconferência (RNP - MConf) a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, assim composta: Marta Fernanda Zotarelli (Presidente - FEQUI/UFU), Rodrigo Aparecido Moraes de Souza (UFU) e Bruno Martins Dala Paula (UNIFAL).

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa apresentou a Comissão Examinadora e a discente, agradeceu a participação do público, e concedeu à discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da mesma se deu em conformidade às normas do Programa.

A seguir, a senhora presidente concedeu a palavra aos examinadores, que passaram a arguir a discente. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos legais, a Banca Examinadora, em sessão reservada, atribuiu o conceito final, considerando a discente:

Aprovada.

Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico integra os requisitos à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme será assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Martins Dala Paula, Usuário Externo**, em 06/06/2022, às 15:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Marta Fernanda Zotarelli, Presidente**, em 06/06/2022, às 15:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Aparecido Moraes de Souza, Professor(a) do Magistério Superior**, em 06/06/2022, às 15:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3647436** e o código CRC **951CD2F9**.

Referência: Processo nº 23117.038892/2022-23

SEI nº 3647436

Dedico este trabalho ao meu marido Felipe, aos meus filhos Maria Liz e José Felipe e aos meus pais Andreлина e Geraldo, amores da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

A meu querido e amado Deus que me permite essa conquista e por ser o meu sustento, fonte de vida e dispensador de todos os dons que foram tão necessários para concluir esta pesquisa. A misericórdia do Senhor e a intercessão da Mãe Santíssima foram essenciais nesse tempo de mestrado.

Um agradecimento especial à minha querida família. Meu amado esposo Felipe que sempre me apoiou e suportou minha ausência, minha bebê Maria Liz que veio para as nossas vidas no tempo de mestrado e ressignificou todo esse processo, meus amados pais Andreлина e Geraldo que nunca mediram esforços para me incentivar e dar suporte nesse tempo. Amo-os muito.

A minha orientadora, professora Dra. Marta Zotarelli, por quem tenho um carinho enorme. Obrigada Marta, pela compreensão, instrução, incentivo e pela docilidade até mesmo para “puxar minha orelha” quando precisava. Você foi um grande cuidado de Deus para mim, nesse tempo. Aprendi muito com você.

Aos meus coorientadores, Dr. Ricardo Santana (Ricardinho) e Dra. Letícia Guidi, por dedicarem tempo e conhecimento à minha orientação. Vocês são muito queridos.

À coordenadora Dra. Líbia, a todos os professores do PPGEA, técnicos de laboratórios que me ajudaram bastante no início, com o antigo projeto de dissertação e à Samira que sempre foi tão solícita com o serviço de secretaria. Aos meus colegas por caminharem nesse período comigo, especialmente à Shismany que alegrou tanto os meus dias.

Agradeço, especialmente, aos professores que compõe a banca de avaliação, Dr. Rodrigo Aparecido Moraes de Souza e Dr. Bruno Martins Dala Paula, por todas as contribuições à realização deste trabalho.

À minha amiga Lorrane Santos que é responsável direta pela realização deste trabalho. Muito obrigada por me ajudar, me salvar nos sufocos e ainda tornar essa caminhada tão leve. Quem tem você como aluna de iniciação científica, tem muita sorte.

Um agradecimento muito especial ao Ministério Universidades Renovadas, em especial ao GPP São José Operário que me ensina diariamente a ser profissional do reino, santificando o trabalho e sendo santificada por ele.

Por fim, agradeço a Universidade Federal de Uberlândia, em especial a Faculdade de Engenharia de Alimentos, campus Patos de Minas pelos recursos oferecidos e à CAPES pela bolsa de estudos que possibilitou minha dedicação exclusiva a este trabalho.

“Que a tua vida não seja uma vida estéril.  
Sê útil. Deixe rasto. Ilumina com o  
resplendor da tua fé e do teu amor.”

S. Josemaria Escrivá

## RESUMO

É crescente o interesse da população pelo consumo de alimentos funcionais, já que são considerados alimentos ricos em compostos bioativos que exercem efeitos benéficos à saúde. Os brotos, oriundos da germinação de sementes, são ricos em compostos bioativos, vitaminas, minerais e fibras alimentares e se popularizaram nas redes sociais como “alimentos vivos”. Diante deste cenário, a comunidade científica tem se empenhado, nos últimos anos, na investigação dos processos envolvidos na produção de brotos e grãos germinados, fazendo-se necessária uma revisão narrativa atualizada das abordagens tecnológicas e nutricionais da germinação de sementes que foram estudadas. Nesse sentido, este trabalho contempla os principais aspectos relacionados à produção de grãos germinados e brotos comestíveis a partir da germinação de sementes, abordando: (i) quais sementes podem ser germinadas; (ii) as metodologias que contribuem para a germinação e a sanitização de sementes; (iii) a influência da germinação na qualidade nutricional de brotos e; (iv) a aplicação de grãos germinados na produção de alimentos funcionais. Desse modo, por meio da revisão bibliográfica, foram compiladas informações, quanto ao aspecto nutricional de trinta e três espécies de sementes utilizadas para a produção de brotos, oriundas de cereais, pseudocereais, leguminosas, oleaginosas e hortaliças. Em diversos estudos, foi observado que a germinação possibilitou o aumento do teor de importantes compostos bioativos dos brotos, nomeadamente, compostos fenólicos, flavonoides, ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA), vitaminas do complexo B, bem como aumentou a capacidade antioxidante e reduziu os antinutrientes presentes nas sementes. Apesar de serem considerados saudáveis, os brotos e as sementes requerem a prática da sanitização, para garantir a segurança microbiológica aos consumidores, sendo que diferentes tratamentos emergentes foram demonstrados como eficientes para eliminação de agentes patogênicos. Os estudos revisados revelaram que grãos germinados possuem melhores propriedades de promoção da saúde, em comparação com suas respectivas sementes não germinadas e podem servir, ainda, como ingredientes interessantes na produção de alimentos com propriedades funcionais, agregando valor aos alimentos processados.

**Palavras-chaves:** Germinação de sementes. Brotos. Grãos germinados. Compostos bioativos. Alimentos funcionais.

## ABSTRACT

The population's interest in consuming functional foods is growing since they are considered foods rich in bioactive compounds that exert beneficial effects on health. The sprouts, originating from the germination of seeds, are rich in bioactive compounds, vitamins, minerals, and dietary fibers and have become popular on social networks as “living foods”. Given this scenario, the scientific community has been engaged, in recent years, in the investigation of the processes involved in the production of sprouts and germinated grains, requiring an updated review of technological and nutritional approaches to seed germination that have been studied. In this sense, this work contemplates the main aspects related to the production of germinated grains and edible sprouts from seed germination, addressing (i) which seeds can be germinated (ii) the methodologies that contribute to the germination and sanitization of seeds (iii) the influence of germination on the nutritional quality of shoots and (iv) the application of germinated grains in the production of functional foods. through the bibliographic review, information was compiled, regarding the nutritional aspect, thirty-three species of seeds used for the production of sprouts were characterized from cereals, pseudocereals, legumes, oilseeds and vegetables. In several studies, it was observed that germination made it possible to increase the content of important bioactive compounds in the sprouts, namely, phenolic compounds, flavonoids,  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA), B vitamins, as well as increasing the antioxidant capacity and reducing the antinutrients present in the seeds. Despite being considered healthy, sprouts and seeds require the practice of sanitization to ensure microbiological safety for consumers, and different emerging treatments have been shown to be efficient in eliminating pathogens. The reviewed studies reveal that sprouted grains have better health-promoting properties than their respective non-sprouted seeds and can also serve as interesting ingredients in producing foods with functional properties, adding value to processed foods.

**Keywords:** Seed germination. Sprouts. Sprouted grains. Bioactive compounds. Functional foods.

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1. Propriedades funcionais e composição química de diferentes brotos comestíveis .....   | 20 |
| Tabela 2. Tratamentos microbiológicos de sementes e brotos por diferentes processos .....   | 33 |
| Tabela 3. Efeitos da germinação, por diferentes metodologias, na composição nutricional, no teor de compostos bioativos e na atividade antioxidante de diferentes sementes..... | 38 |
| Tabela 4: Alimentos elaborados com grãos germinados.....  | 50 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Representação diagramática de uma seção longitudinal do grão de trigo mostrando a sequência dos principais eventos metabólicos durante a germinação inicial do grão. .... | 17 |
| Figura 2. Trigo ( <i>Triticum</i> ) na forma de (A) semente, (B) broto, (C) malte, (D) grão inteiro germinado .....   | 19 |

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>2</b> | <b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>3</b> | <b>O QUE É A GERMINAÇÃO DE GRÃOS E QUAIS SEMENTES GERALMENTE SÃO UTILIZADAS? .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>4</b> | <b>METODOLOGIAS EMPREGADAS NA GERMINAÇÃO CONTROLADA DE SEMENTES: USO EMERGENTE DE FORMAS DE ENERGIA FÍSICA.....</b>           | <b>25</b> |
| 4.1      | Tratamento de ultrassom de alta intensidade .....   | 26        |
| 4.2      | Processamento de alta pressão.....  | 27        |
| 4.3      | Tratamentos com diferentes fontes de luz .....  | 29        |
| <b>5</b> | <b>SANITIZAÇÃO DE SEMENTES (SEGURANÇA ALIMENTAR) .....</b>  | <b>30</b> |
| <b>6</b> | <b>EFEITO DA GERMINAÇÃO SOBRE A COMPOSIÇÃO QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE GRÃOS GERMINADOS.....</b> | <b>37</b> |
| <b>7</b> | <b>PRODUTOS ALIMENTÍCIOS PROCESSADOS DESENVOLVIDOS À BASE DE GRÃOS GERMINADOS .....</b>                                       | <b>48</b> |
| <b>8</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>  | <b>52</b> |
| <b>9</b> | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>   | <b>53</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A epidemia de Doenças Crônicas não Transmissíveis (DCNTs) que aflige os países desenvolvidos e em desenvolvimento, consumindo recursos e sobrecarregando os sistemas de saúde, se relaciona diretamente com o estilo de vida e o padrão dietético da população. O consumo de dietas densas em energia, com elevados teores de gordura saturada e carboidratos refinados, associado a um estilo de vida sedentário da população, ocasiona, particularmente, o aumento da obesidade, diabetes mellitus, doenças cardiovasculares, hipertensão, derrame e alguns tipos de câncer (WHO, 2003).

Indivíduos com maior suscetibilidade às DCNTs possuem maior probabilidade de tomarem medidas preventivas de saúde, segundo o Modelo de Crença em Saúde, que é uma teoria comportamental, desenvolvida nos anos 50 por psicólogos sociais do serviço de saúde pública dos Estados Unidos e amplamente utilizada em práticas clínicas. De acordo com este modelo, as pessoas tendem a adotar comportamentos saudáveis, quando inseridas em um meio de educação pró-saúde que fornece formas práticas para motivá-las a agirem (WANG *et al.*, 2020). Dessa forma, as recomendações de saúde pública que promovem um padrão de vida saudável refletem diretamente nos hábitos da população (NELSON *et al.*, 2013).

Os novos padrões dietéticos constituem componentes fundamentais na prevenção das doenças relacionadas ao estilo de vida (NELSON *et al.*, 2013; WHO, 2003). Nesse sentido, é crescente o consumo de alimentos com propriedades funcionais, como parte de uma dieta saudável, já que são considerados alimentos ricos em compostos bioativos que exercem efeitos fisiológicos benéficos à saúde (SPAGNUOLO *et al.*, 2019). Diversos estudos demonstram as vantagens do consumo destes alimentos, incluindo a redução de riscos cardiovasculares e estresse oxidativo, tratamento de hipercolesterolemia, efeito hipolipemiante, hipoglicêmico, anti-inflamatório e de prevenção à obesidade (VÁSQUEZ-MANJARREZ *et al.*, 2021; YI *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2021).

Dentre os alimentos com propriedades funcionais existentes, os brotos oriundos de grãos germinados ganharam destaque para consumo humano, principalmente nas redes sociais, sendo popularmente chamados de “Alimentos

Vivos”. A germinação é um processo fisiológico que ocorre em sementes, gerada por um conjunto de transformações fitoquímicas que conferem qualidade nutricional e funcional aos grãos. Essas transformações iniciam-se a partir da embebição das sementes na água e são finalizadas quando uma parte do embrião, geralmente a radícula, estende-se para penetrar as estruturas próximas. Para que o processo ocorra, os fatores temperatura, luz, umidade e tempo impulsionam a transição do estado de dormência das sementes para o estado de metabolismo ativo por meio das enzimas hidrolíticas endógenas (BEWLEY, 1997). A partir da germinação controlada, os grãos se tornam alimentos ricos em compostos bioativos, vitaminas, minerais e fibras alimentares que contribuem com a prevenção de DCNTs (ZHANG *et al.*, 2021).

Nesse contexto, o consumo de brotos vem crescendo consideravelmente a cada ano, pois além de possuírem importantes benefícios nutricionais, podem ser produzidos facilmente livres de agrotóxicos, em um curto espaço de tempo e em pequenos espaços físicos (MARQUES *et al.*, 2017). Em geral, os consumidores de brotos, consideram o alimento como “natural”, de “melhor sabor”, “mais nutritivo” e “mais saudável” (LEMMENS *et al.*, 2019; MATTUCCI, 2015).

A demanda por este alimento funcional cresce em todo o mundo, embora na China as espécies de brotos já sejam produzidas e consumidas há 5 mil anos (SILVA, 2017). Há uma grande variedade de brotos no mercado, atualmente, destacando-se os brotos de alfafa, feijão moyashi, feijão azuki, brócolis, ervilha, trigo sarraceno, centeio e quinoa (SILVA, 2017; TANG *et al.*, 2014). Além do consumo dos grãos germinados, é crescente a tendência do desenvolvimento de novos produtos a partir destes pela indústria de alimentos (PEÑARANDA *et al.*, 2021).

Apesar do crescente interesse pelo assunto, existem algumas problemáticas relacionadas à obtenção de brotos, tendo em vista a atenção às questões tecnológicas e microbiológicas do processo, por parte dos que praticam a germinação. Para que os brotos tenham qualidade nutricional, faz-se necessário o controle das condições ambientais (temperatura, luz e umidade) e da duração do processo de germinação. As condições inadequadas de germinação reduzem significativamente o potencial de produção de brotos comestíveis com elevado teor nutricional (DING; FENG, 2019). Além disso, tendo em vista que as condições ideais para a germinação também são mais favoráveis para a proliferação bacteriana, a germinação de sementes pode promover o crescimento de patógenos e provocar graves problemas de saúde,

fazendo-se necessário o conhecimento das práticas de sanitização de sementes (DING *et al.*, 2013).

Nesse sentido, é de grande importância uma revisão narrativa atualizada dos aspectos tecnológicos e nutricionais envolvidos no processo de germinação. Além disso, a literatura carece da estruturação de informações relacionadas aos diferentes tipos de grãos germinados e brotos comestíveis existentes, quanto à composição nutricional e à aplicação destes na produção de alimentos com propriedades funcionais. Dessa forma, a presente revisão tem como objetivo reunir os principais aspectos relacionados à produção de grãos germinados e brotos comestíveis a partir da germinação de sementes. Neste estudo, aborda-se (i) os tipos de brotos mais consumidos, bem como seus compostos de importância e propriedades funcionais; (ii) as metodologias que contribuem para a germinação e a sanitização de sementes; (iii) a influência da germinação na qualidade nutricional, de compostos bioativos e propriedades funcionais de brotos e; (iv) a aplicação de grãos germinados na produção de alimentos com propriedades funcionais.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi baseado em revisão bibliográfica de artigos internacionais, publicados entre os anos de 2010 e 2022, dentro do tema proposto, com o objetivo de sintetizar as informações relevantes, com os principais resultados, discussões e conclusões reportados.

As palavras chaves utilizadas para pesquisa em Base de Dados como *Scielo*, *ScienDirect* e *Google Acadêmico* foram: “*germination of seeds*”, “*sprouts*”, “*bioactive compounds*”, “*sprouted grains*”, “*effect of germination*”, “*controlled germination*” e “*functional food*”. Estes termos foram utilizados de forma isolada ou em combinação de acordo com o tópico desenvolvido.

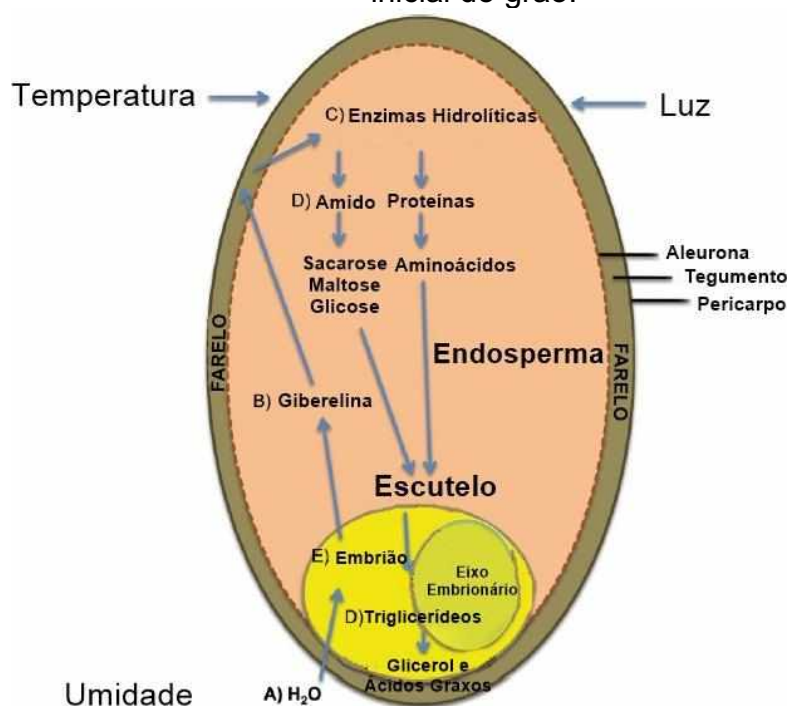
## **3 O QUE É A GERMINAÇÃO DE GRÃOS E QUAIS SEMENTES GERALMENTE SÃO UTILIZADAS?**

A germinação é a primeira decisão adaptativa no desenvolvimento das sementes. Inicialmente, a semente encontra-se em estado de dormência, condição na qual o metabolismo encontra-se inativo para o processo germinativo. Um certo grau

de dormência é uma característica desejável nas produções agrícolas, já que evita a germinação precoce ou o brotamento dos grãos antes da colheita. Os grãos podem ser liberados do estado de dormência por uma série de tratamentos, tais como a pós-maturação e a estratificação a frio. O primeiro é definido como o processo de armazenamento a seco de sementes recém-colhidas à temperatura ambiente, já o segundo tratamento se refere à hidratação ou embebição das sementes em baixas temperaturas (TUAN *et al.*, 2019). A germinação por embebição é caracterizada como uma germinação induzida de forma controlada (MEREDITH; POMERANZ, 1985) que pode melhorar a composição de compostos bioativos dos grãos (CHUNGCHAROEN *et al.*, 2014). Dessa forma, é um processo que envolve reações catabólicas, caracterizadas pela degradação de substâncias de reservas, e reações anabólicas que se destinam para a produção de novas células e organelas do embrião (METIVIER, 1979).

Após a embebição em água, um intenso processo bioquímico começa a ocorrer, a fim de apoiar o crescimento da planta. O calor e a umidade possibilitam a ativação de numerosas enzimas e hormônios hidrolíticos e de desramificação que liberam nutrientes do embrião (germe), endosperma e escutelo dentro da semente. A transição do estado de dormência para o de metabolismo ativo ocorre a partir da síntese do hormônio giberelina, responsável por promover a expressão de genes de enzimas hidrolíticas, como as amilases, que atuam nas moléculas de armazenamento no endosperma e no germe (DANISOVA *et al.*, 1994; NELSON *et al.*, 2013). O estado de metabolismo ativo gera mudanças fitoquímicas nos grãos, devido ao intenso fluxo dinâmico de nutrientes, os quais podem sofrer remobilização, degradação e acúmulo (NELSON *et al.*, 2013). Essas transformações agregam importantes qualidades nutricionais aos grãos. Na Figura 1, é demonstrada a sequência dos principais eventos metabólicos durante a germinação inicial do grão de trigo.

Figura 1. Representação diagramática de uma seção longitudinal do grão de trigo mostrando a sequência dos principais eventos metabólicos durante a germinação inicial do grão.



Fonte: Adaptado de Nelson *et al.* (2013)

A germinação, para diferentes grãos é desencadeada sob condições específicas para os diferentes grãos, incluindo temperatura, luz e umidade ideais. Considerando a germinação do trigo como exemplo para descrição do processo, de acordo com a Figura 1, tem-se a sucessão de etapas detalhadas a seguir. Na etapa (A), a embebição de água facilita a reidratação da semente, por sua vez, estimulando a síntese embrionária de giberelina que promove a expressão do gene das enzimas hidrolíticas. Em (B), a giberelina se mobiliza do embrião para a camada de aleurona, sinalizando uma mudança de baixa atividade metabólica durante a dormência para alta atividade metabólica durante a germinação. Na etapa (C), as enzimas como amilases, proteases e enzimas de desramificação são secretadas no endosperma, enquanto os inibidores enzimáticos diminuem a atividade. As enzimas degradam os nutrientes de reserva (D), como proteínas, amido e polissacarídeos não amiláceos e geram energia para o completo funcionamento do organismo vegetal, incluindo respiração e síntese de novos compostos para o desenvolvimento das radículas (raízes embrionárias da planta) dentro do germe em (E).

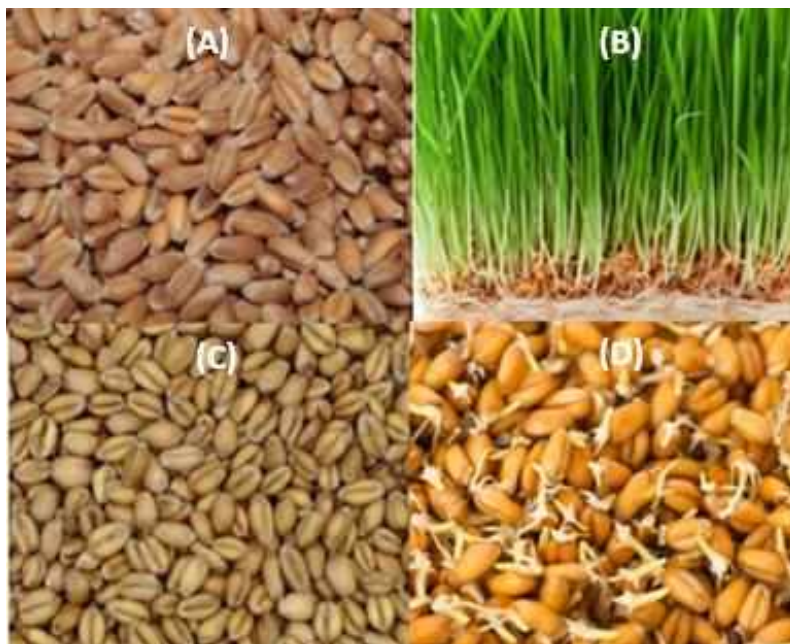
O processo de germinação forma a base para a produção de grãos inteiros germinados, bem como de brotos e do malte (LEMMENS *et al.*, 2019). Estes termos são frequentemente usados como sinônimos, no entanto, é possível diferenciá-los com base na fisiologia vegetal e nas aplicações potenciais de cada produto (NELSON *et al.*, 2013).

A *European Sprouted Seeds Association* (ESSA) caracteriza os brotos como o produto obtido a partir da germinação e do desenvolvimento das sementes para produzir um broto verde com folhas muito jovens e/ ou cotilédones (ESSA, 2016).

Tanto os maltes não curtidos quanto os grãos inteiros germinados são produtos da fase da germinação, na qual, a semente absorve mais água, gerando uma grande mobilização do material de reserva para a muda começar a crescer (LEMMENS *et al.*, 2019). Além disso, grãos inteiros germinados e malte estão associados à germinação de cereais e pseudocereais para produção de alimentos e de bebidas (DING; FENG, 2019). A principal diferenciação entre malte e grãos germinados advém das alterações bioquímicas induzidas nos grãos e da forma típica como os grãos maltados são processados (LEMMENS *et al.*, 2019). A maltagem é uma forma específica de germinação, sendo um processo altamente industrializado e controlado cujo objetivo é produzir extratos fermentáveis para as indústrias de cerveja e destilação. A maltagem consiste em 3 etapas subsequentes: maceração para hidratar e ativar a semente (germinação), brotação e queima que interrompe o crescimento da muda e forma compostos de sabor e cor (LEMMENS *et al.*, 2019).

Na Figura 2 é demonstrada a diferença entre grão inteiro germinado, broto e malte advindos da germinação do trigo.

Figura 2. Trigo (*Triticum*) na forma de (A) semente, (B) broto, (C) malte, (D) grão inteiro germinado



Fonte: Pixabay (2021)

São diversos os tipos de sementes que podem ser germinadas para a produção de brotos destinados ao consumo, incluindo hortaliças, leguminosas, cereais e oleaginosas. Na Tabela 1, são apresentadas algumas das variedades de brotos mais consumidas, identificadas nos artigos revisados, juntamente com as respectivas propriedades nutricionais.

Tabela 1. Propriedades funcionais e composição química de diferentes brotos comestíveis.

| <b>Tipo de broto</b>                           | <b>Compostos de importância</b>  | <b>Propriedades funcionais</b>   | <b>Referências</b>  |
|--|--|--|---|
| <b>Cereais</b>                                 |  |  |   |
| <b>Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)</b>        | Fonte de vitaminas A, B, C, E e K, altas concentrações de clorofila, enzimas ativas, cálcio, potássio, ferro, magnésio, sódio, enxofre e aminoácidos   | Atividades antioxidante, desintoxicante e depurativa   | Yi <i>et al.</i> (2011); Mujoriya e Bodla (2011)              |
| <b>Centeio (<i>Secale cereale</i>)</b>         | Contém gliadina, inulina, fruto-oligossacarídeos e galato-oligossacarídeos; possui mais vitaminas em comparação ao trigo e outros cereais; o broto de centeio tem o teor mais alto de antioxidantes, vitaminas, flavonoides e fibras do que o grão | Atividade prebiótica e antioxidante  | Noori <i>et al.</i> (2017)                                    |
| <b>Cevada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)</b>      | Rico em fibras, ácidos fenólicos, flavonoides, lignanas, tocois, fitoesteróis e folato   | Controla hiperglicemia crônica, estresse oxidativo e reduz o nível de colesterol                           | Ramakrishna <i>et al.</i> (2017); Idehen <i>et al.</i> (2016) |
| <b>Aveia (<i>Avena sativa</i>)</b>             | Fonte de proteína, $\beta$ -glucano, tiamina, riboflavina, minerais (P, K, Mg e Ca), aminoácidos, ácidos graxos, ácido $\gamma$ -aminobutírico; contém fenólicos livres  | Atividade antioxidante, anti-inflamatória, antiproliferativa e vasodilatadora, reduz o nível de colesterol | Aparício-Garcia <i>et al.</i> (2021)                          |
| <b>Espelta (<i>Triticum espelta</i>)</b>       | Elevados teores de fibras em comparação ao trigo comum. Possui vitaminas do complexo B e alguns minerais como ferro, fósforo e magnésio.   | Efeito benéfico no controle do colesterol LDL.   | Muñoz-Insa <i>et al.</i> (2013)                               |
| <b>Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)</b>          | É rico em minerais como ferro, zinco, proteínas, fibras e vitamina E. Ainda é fonte de fibras, antocianinas, ácidos fenólicos e taninos.   | Atividade antioxidante; atua no controle da diabetes   | Marengo <i>et al.</i> (2015); Taylor <i>et al.</i> (2014)     |
| <b>Arroz vermelho (<i>Oryza sativa</i> L.)</b> | Fonte de compostos fenólicos (ácidos cafeico, cumárico, ferúlico e miricetina), GABA; rico em fibras   | Atividade antioxidante e anti-inflamatória   | Müller <i>et al.</i> (2021)                                   |

Tabela 1. Propriedades funcionais e composição química de diferentes brotos comestíveis.  
(continuação)

| <b>Tipo de broto</b>                                      | <b>Compostos de importância</b>   | <b>Propriedades funcionais</b>  | <b>Referências</b>  |
|---|---|---|---|
| <b>Pseudocereais</b>                                      |   |   |   |
| <b>Trigo-sarraceno</b><br>( <i>Fagopyrum esculentum</i> ) | Contém altas concentrações dos minerais ferro e selênio; rico em fibra alimentar; possui flavonoides e antioxidantes;   | Reduz o nível de glicose no sangue; atividade antioxidante anti-hipertensiva e anticancerígena  | Tsai <i>et al.</i> (2012); Rao <i>et al.</i> (2021); Almuhayawi <i>et al.</i> (2021); Alvarez-Jubete <i>et al.</i> (2010) |
| <b>Quinoa</b><br>( <i>Chenopodium quinoa</i> )            | Rico em fenólicos totais, flavonoides e antioxidantes; fonte rica de glicosídeos de quercetina e kaempferol; fonte rica de magnésio, leucina, vitamina C, $\beta$ -caroteno; contém saponinas, fagopiritóis, fitoesteróis e esqualeno   | Atividade antioxidante que pode servir para prevenir diabetes, alergias, inflamações agudas e doenças cardiovasculares, atividades anti-inflamatórias, antifúngicas e imunoadjuvantes | Le <i>et al.</i> (2021); Alvarez-Jubete <i>et al.</i> (2010)  |
| <b>Amaranto</b><br>( <i>Amaranthus</i> )                  | Boa fonte de antocianinas e de compostos fenólicos; fonte de amido (58-66%), proteínas (13-19%) com um equilíbrio adequado de aminoácidos, fibra rica em substâncias pécticas e xiloglucanos (14-16%), lipídios contendo quantidades significativas de esqualeno (5-13%), minerais (Ca, Fe, Mg, Mn, K, P, S e Na) e vitaminas do complexo B | Atividade antioxidante, anti-inflamatória, anti-hipertensiva e antiaterosclerótica  | Paško <i>et al.</i> (2009); Paucar-Menacho <i>et al.</i> (2017)   |
| <b>Leguminosas</b>  |   |   |   |
| <b>Alfafa</b> ( <i>Medicago sativa</i> )                  | Rico em compostos fenólicos, ácidos graxos, compostos voláteis, vitaminas A e C, e saponinas; contém isoflavonas (daidzeína e genisteína)   | Atividade antioxidante, anti-inflamatória e anticancerígena; reduz níveis de colesterol do sangue   | Silva <i>et al.</i> (2013)  |
| <b>Feijão Azuki</b> ( <i>Vigna angularis</i> )            | Rico em proteínas, fibras, GABA, isoflavonas, vitamina B  | Atividade de inibição contra $\alpha$ -glucosidase  | Wu <i>et al.</i> (2020)   |
| <b>Feijão-caupi</b> ( <i>Vigna unguiculata</i> )          | Proteínas, fibra alimentar, amidos resistentes, possui baixo teor de gordura. Fonte de vitamina B, minerais e compostos fenólicos   | Atividade antioxidante, anti-inflamatória e hipocolesterolêmica   | Teixeira-Guedes <i>et al.</i> (2019); Kanetro (2015)  |

Tabela 1. Propriedades funcionais e composição química de diferentes brotos comestíveis.  
(continuação)

| Tipo de broto   | Compostos de importância  | Propriedades funcionais   | Referências  |
|---|---|---|--|
| <b>Feijão mungo</b><br>( <i>Vigna radiata</i> )         | Fonte de proteínas, vitaminas, minerais e fibras; é rico em compostos fenólicos, como ácido cafeico, catequina, ácido ferúlico, ácido gálico e rutina;                  | Atividades antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória e antitumorais, benéfico na regulação de distúrbios gastrointestinais e na hidratação da pele  | Lacumin e Comi (2019); Gan <i>et al.</i> (2016); Tang <i>et al.</i> (2014) |
| <b>Feijão preto</b><br>( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)  | Saponinas, flavonóis e isoflavonas; ácidos fenólicos e compostos antioxidantes  | Atividades antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória  | Ampofo e Ngadi (2021)  |
| <b>Lentilha</b> ( <i>Lens culinaris</i> )               | Boa fonte de lisina e arginina; ricas em fibras alimentares, minerais, isentas de colesterol, baixo teor de gordura saturada e açúcares                                 | Atividades antioxidante e anticancerígena; reduz os riscos de doenças cardiovasculares  | Perri <i>et al.</i> (2021)   |
| <b>Soja</b> ( <i>Glycine max</i> )                      | Rica em isoflavonas (genisteína, daidzeína e seus glicosídeos); contém esteróis, tocoferóis, minerais, lipídios, açúcares e compostos fenólicos                         | Atividades antioxidante e anticancerígena; reduz os riscos de doenças cardiovasculares, podem reduzir o risco de osteoporose e os sintomas da menopausa   | Budryn <i>et al.</i> (2019); Perri <i>et al.</i> (2021)                    |
| <b>Grão-de-bico</b><br>( <i>Cicer arietinum</i> L)      | Rico em isoflavonas (formononetina, biochanina-A e seus glicosídeos); os brotos de grão de bico selenizados representam uma excelente fonte de selênio e isoflavonoides | Atividade antioxidante, anticancerígena e antiproliferativa, potencial quimiopreventivo; podem ser potencialmente utilizados no tratamento do câncer colorretal; reduz os sintomas da menopausa | Dulce-María <i>et al.</i> (2021)   |
| <b>Trevo vermelho</b><br>( <i>Trifolium pratense</i> L) | Fonte de fitoestrógenos   | Reduz os sintomas da menopausa  | Budryn <i>et al.</i> (2019)  |

Tabela 1. Propriedades funcionais e composição química de diferentes brotos comestíveis.  
(continuação)

| <b>Tipo de broto</b>   | <b>Compostos de importância</b>  | <b>Propriedades funcionais</b>  | <b>Referências</b>  |
|--|--|---|---|
| <b>Trevo persa</b><br>( <i>Trifolium resupinatum</i> )       | Fonte de ácido ascórbico, compostos fenólicos, antioxidantes e minerais (Fe, Zn, Mn, Mg, Ca e Na)  | Propriedades anti-inflamatórias   | Shirvani <i>et al.</i> (2016)   |
| <b>Feno Grego</b><br>( <i>Trigonella foenum-graecum</i> L.)  | Rico em proteínas, vitaminas e minerais; fonte de trigonelina e alcaloides   | Potencial terapêutico para diabetes e doenças do sistema nervoso central  | Naghdi-Badi <i>et al.</i> (2018)  |
| <b>Ervilha</b><br>( <i>Pisum sativum</i> )                   | Fonte de vitamina C, proteínas, compostos fenólicos, flavonoides e antioxidantes   | Propriedades anti-inflamatórias   | Zhang <i>et al.</i> (2019)  |
| <b>Hortalças</b>   |  |   |   |
| <b>Brócolis</b><br>( <i>Brassica oleracea var. itálica</i> ) | Glucosinolatos e seus metabólitos bioativos cognatos, isotiocianatos, compostos de nitrogênio-enxofre e derivados fenólicos (flavonoides, glicosídeos e ácidos hidroxicinâmicos), vitaminas C, E, K e minerais | Propriedades anticancerígenas, efeitos protetores contra doenças cardiovasculares, neurodegeneração, diabetes e vários distúrbios inflamatórios | López-Chillon <i>et al.</i> (2019); Bello <i>et al.</i> (2018); Baenas <i>et al.</i> (2017) |
| <b>Couve-chinesa</b><br>( <i>Brassica rapa pekinensis</i> )  | Flavonoides, glucosinolatos, carotenoides, derivados de indol e selênio  | Propriedades antioxidantes, antidiabéticas e anticancerígenas   | Sola <i>et al.</i> (2020)   |
| <b>Rabanete</b><br>( <i>Raphanus sativus</i> L.)             | Flavonoides (quercetina), ácidos fenólicos (ferúlico, cafeico e p-cumárico), glucosinolatos e isotiocianatos;  | Possuem capacidade antioxidantes, combatem o risco de câncer, doenças do coração e capacidade antioxidantes                                     | Li e Zhu (2018); Abellán <i>et al.</i> (2019)   |
| <b>Couve</b> ( <i>Brassica oleracea var. acephala</i> )      | Flavonoides (quercetina e cianidina), ácidos fenólicos e glucosinolatos;   | Possuem capacidade antioxidante, combatem o risco de câncer, doenças cardiovasculares   | Abellán <i>et al.</i> (2019)  |
| <b>Agrião</b><br>( <i>Nasturtium officinale</i> )            | Rico em compostos antioxidantes, fonte de aminoácidos essenciais e ácidos graxos; ácidos fenólicos e flavonoides   | Propriedades anticancerígenas, anti-inflamatórias e hepatoprotetoras  | Abdel-Aty <i>et al.</i> (2019)  |
| <b>Cenoura</b> ( <i>Daucus carota subsp. sativus</i> )       | Fonte de fibra alimentar, antioxidantes naturais, carotenoides, vitaminas, minerais e compostos fenólicos  | Atuam como eliminadores de radicais livres e inibidores de enzimas pró-oxidativas ou agentes externos   | Martínez-Zamora <i>et al.</i> (2021)  |

Tabela 1. Propriedades funcionais e composição química de diferentes brotos comestíveis.  
(continuação)

| <b>Tipo de broto</b>                                 | <b>Compostos de importância</b>   | <b>Propriedades funcionais</b>   | <b>Referências</b>   |
|--|---|--|--|
| <b>Mostarda</b><br><b>(<i>Brassica juncea</i>)</b>   | Rica em compostos fenólicos (ácido gálico, ácido 3,4-dihidroxibenzoico, ácido sinápico, ácido ferúlico, ácido cumárico e rutina), flavonoides totais, taninos condensados. Fonte de vitaminas B e E | Possuem capacidade antioxidante, combatem o risco de câncer, doenças cardiovasculares                                | Rasera <i>et al.</i> (2020)                                  |
| <b>Oleaginosas</b>                                   |   |  |  |
| <b>Gergelim</b><br><b>(<i>Sesamum indicum</i>)</b>   | Contém alto teor de aminoácidos livres, GABA e compostos fenólicos  | Possuem efeitos antioxidantes, hipocolesterolêmicos e hepatoprotetores e foram associadas à prevenção da hipertensão | Liu <i>et al.</i> (2011)                                     |
| <b>Linhaça (<i>Linum usitatissimum</i>)</b>          | Altos níveis de proteínas solúveis em água e aminoácidos livres, ácidos graxos livres e frações glicolípídicas, lisofosfatidilcolina e ácido fosfatídico  | Propriedades anti-inflamatória, antioxidante, antimutagênica, antimicrobiana, atua no controle glicêmico             | Wu <i>et al.</i> (2021)                                      |
| <b>Oliveira (<i>Olea europaea</i> L.)</b>            | Rica em compostos fenólicos e é fonte de antioxidantes  | Atividade antioxidante   | Falcinele <i>et al.</i> (2018)                               |
| <b>Girassol</b><br><b>(<i>Helianthus annuus</i>)</b> | Rico em compostos fenólicos, especialmente ácidos clorogênico, quínico e cafeico, contém antioxidantes, flavonoides e vitamina C  | Atividade antioxidante   | Supapvanich <i>et al.</i> (2020); Pająk <i>et al.</i> (2014) |

Fonte: A autora, 2022.

A partir da revisão dos estudos da Tabela 1, verifica-se que os brotos, de modo geral, são ricos em compostos bioativos, vitaminas, minerais e fibras e se destacam pela capacidade antioxidante e anti-inflamatória. Os grãos germinados são capazes de atuar na prevenção de diversas doenças, como câncer, diabetes, doenças cardiovasculares, distúrbios inflamatórios; amenizar sintomas de menopausa; agir de modo terapêutico nas doenças do sistema nervoso central e nos distúrbios gastrointestinais, além de reduzir níveis de colesterol no sangue.

De um modo particular, os brotos de cereais e pseudocereais são fontes de fibras alimentares, vitaminas e minerais, especialmente ferro, magnésio, selênio e potássio e possuem alta capacidade antioxidante. Os brotos oriundos das leguminosas são ricos em vitaminas do complexo B e isoflavonoides, incluindo as isoflavonas (genisteína e didzeína), seus glicosídeos e metoxiéteres, bem como os cumestanos representados pelo cumestrol. Os isoflavonoides pertencem à família dos fitoestrógenos, um grupo de compostos de origem vegetal que apresentam atividade estrogênica (ROCHFORT; PANOZZO, 2007). Os brotos de soja, trevo vermelho, lentilhas, grão de bico e alfafa se destacam no conteúdo de isoflavonoides.

Brotos de hortaliça possuem alta capacidade antioxidante. Particularmente, os brotos da família Brassica (brócolis, couve, couve-chinesa, mostarda) são fontes ricas de glucosinolatos, que são metabólitos secundários, cuja hidrólise produz isotiocianatos liberadores de mirosinase, os quais possuem propriedades anticancerígenas e combatem doenças cardiovasculares. Por fim, é importante frisar as propriedades dos brotos oriundos de oleaginosas, que podem atuar no controle glicêmico; prevenção da hipertensão e possuem efeito hipocolesterolêmico, isto é, de reduzir o nível de colesterol no sangue.

#### **4 METODOLOGIAS EMPREGADAS NA GERMINAÇÃO CONTROLADA DE SEMENTES: USO EMERGENTE DE FORMAS DE ENERGIA FÍSICA**

Para que os brotos tenham qualidade nutricional, faz-se necessário o controle das condições ambientais (temperatura, luz e umidade) e da duração do processo de germinação. Condições inadequadas de temperatura e umidade e a prática de germinação descontrolada reduzem significativamente o potencial de produção de brotos comestíveis (DING; FENG, 2019). Convencionalmente, a germinação controlada envolve a manipulação do processo de germinação por meio

do controle da temperatura, água, oxigênio, iluminação e duração da germinação. Métodos de intervenção química, física e biológica podem ser utilizados para promover o crescimento ou melhorar a qualidade nutricional e microbiológica de brotos.

Além dos tratamentos convencionais, novas formas de energia física vêm sendo investigadas para estimular sementes em germinação, já que esses métodos podem sintetizar compostos de importância em brotos, melhorar a germinação das sementes, garantir a segurança alimentar e produzir baixos impactos ambientais (DING; FENG, 2019; LIU *et al.* 2021). Os tratamentos físicos utilizam formas de energia como pressão hidrostática, energia acústica, energia elétrica, luz, campos magnéticos, plasma, entre outros (DING; FENG, 2019). Nas sessões seguintes serão abordados alguns dos tipos de energias utilizadas na germinação de sementes.

#### **4.1 Tratamento de ultrassom de alta intensidade**

O ultrassom é uma tecnologia não-térmica emergente, considerada sustentável e econômica que transmite ondas sonoras em frequências além da capacidade auditiva humana ( $> 20$  kHz) (FENG *et al.*, 2008). Os parâmetros fundamentais dessa energia são potência, intensidade e frequência, sendo que os dois últimos classificam o ultrassom em ultrassom de alta frequência de baixa intensidade (HF-LIU), com frequências superiores a 100 kHz e intensidades inferiores a  $1 \text{ W cm}^{-2}$ , e ultrassom de baixa frequência de alta intensidade (LF-HIU) com faixa de frequências de 20–100 kHz e intensidades superiores a  $1 \text{ W cm}^{-2}$ . Para a germinação de sementes, geralmente é aplicado o LF-HIU. Em um tratamento ultrassônico, a energia acústica é aplicada mediante um meio líquido às superfícies das sementes; esse processo é chamado de sonicação (DING; FENG, 2019).

O LF-HIU é aplicado nas sementes e, em condições adequadas, pode aumentar significativamente a porcentagem de germinação dos brotos. O aumento nas taxas de germinação causado por este tratamento é associado à vibração acústica e energia mecânica que atuam no enfraquecimento do tegumento, o que pode ajudar a aumentar a absorção de água e superar a dormência da semente (AMPOFO; NGADI, 2020). Além disso, a vibração pode provocar aumento das atividades bioquímicas, alterando a ultraestrutura celular, a estabilidade da enzima e

a permeabilidade das membranas dentro e fora das células da semente e, finalmente, acelerar o processo de germinação (LIU *et al.*, 2021).

Chiu (2015) avaliou a aplicação de ultrassom a 40 kHz, durante 1 min em sementes de alfafa, feijão mungo, feijão azuki, ervilha, soja, amendoim, rabanete, repolho roxo e couve-flor submetidas a uma germinação de 6 dias. O tratamento da semente com ultrassom elevou a porcentagem de germinação das sementes testadas de 75,47% para 93,56% (a média de todas as espécies de culturas testadas) e reduziu tanto as contagens aeróbicas totais quanto as contagens de coliformes totais dos brotos de alfafa, feijão mungo e brotos de rabanete. As mesmas condições de tratamento com ultrassom (40 kHz, 1 min; germinação de 6 dias), em três variedades de sementes de ervilha, promoveram um crescimento do hipocótilo e da radícula em 34 e 74%, respectivamente (CHIU; SUNG, 2014).

Sementes de feijão comum submetidos ao tratamento com ultrassom a 40 kHz a 180W e 360W com duração de 30, 40 e 60 min obtiveram melhorias significativas nas características morfológicas, como comprimento da radícula, comprimento do hipocótilo, porcentagem de brotação, índices de brotação e vigor, em comparação com as amostras controle (AMPOFO; NGADI, 2020). O tratamento com ultrassom também aumentou o comprimento do broto e o conteúdo de GABA dos brotos de soja (YANG *et al.*, 2015). Kim *et al.* (2006) observaram que, se por um lado o tratamento ultrassônico aumenta a germinação de sementes de alfafa e brócolis, uma overdose de ultrassom pode resultar em uma diminuição nas porcentagens de germinação.

## **4.2 Processamento de alta pressão**

O processamento de alta pressão hidrostática (HPP), também conhecido como processamento de ultra alta pressão, é utilizado para uma série de processamento de alimentos, sobretudo para preservação. Envolve o uso de pressão hidrostática na faixa geral de 100-800 MPa, com ou sem a aplicação de calor (BALASUBRAMANIAM *et al.*, 2015; DING; FENG, 2019). É recente o uso de HPP em condições moderadas para tratar plantas e este processo tem sido empregado para preservar nutrientes e outros atributos de qualidade dos alimentos ao inativar micro-organismos patogênicos e deteriorantes (WESTPHAL *et al.*, 2017). A estabilidade e a atividade das enzimas podem ser afetadas pelo processamento em alta pressão,

sendo, portanto, uma estratégia importante para o controle enzimático e modificação da estrutura dos alimentos. Desta forma, pode-se melhorar a bioacessibilidade e biodisponibilidade de nutrientes e compostos bioativos, extrair compostos de alto valor agregado, reduzir a alergenicidade de alimentos, bem como a formação de contaminantes no processamento de alimentos (WANG *et al.*, 2019).

No caso dos brotos, o HPP tem sido uma ferramenta eficiente para conservar e aumentar compostos de importância. Ruan *et al.* (2021) avaliaram o efeito do estresse HPP leve (30 MPa/ 5 min) nas mudanças globais do metaboloma (concentração relativa de metabólitos) do arroz integral durante a germinação. Os autores observaram que as assinaturas de metabólitos que diferenciam a germinação natural e com estresse de HPP incluem glicerol-3-fosfato, monossacarídeos, GABA, 2,3-butanodiol, gliceril-glicosídeo, aminoácidos e mio-inositol. Além disso, o estresse da HPP levou ao aumento da ribose, arabinitol, ácido salicílico, ácido azelaico e GABA, bem como redução dos ácidos fenólicos.

O efeito do HPP na germinação é reportado em alguns trabalhos da literatura, como no tratamento de brotos de couve de Bruxelas com HPP (200-800 MPa, 5 °C por 3 min), que alterou a proteólise e certas vias metabólicas de aminoácidos e aumentou a concentração de ácido aspártico e ácido glutâmico ao longo de 7 dias de armazenamento (BARBA *et al.*, 2017). Em grãos de arroz integral, germinados por 36 h, ao serem tratados com HPP (100, 300 e 500 MPa a 20 °C por 15 min), Xia *et al.* (2017) obtiveram maior concentração de aldeídos, álcoois e cetonas, responsáveis pelos aromas, sabor e odor dos grãos. Quando foram submetidos a tratamentos com HPP (50-350 MPa a 20 °C por 20 min) antes de serem germinados, os grãos de arroz integral melhoraram significativamente a digestibilidade do amido *in vitro*, sendo que os grãos tratados com 50 MPa mostraram um incremento de 25% em GABA (XIA *et al.*, 2018).

Westphal *et al.* (2017) avaliaram a influência do HPP (100-600 MPa, 3 min, 30 °C) no conteúdo de glucosinolato e grau de conversão em isotiocianatos em brotos de brócolis, durante o armazenamento. O maior grau de conversão (85%) foi observado após o tratamento de 600 MPa, sendo que o sistema glucosinolato-mirosinase não foi afetado negativamente. Em outros estudos, o HPP (600 MPa, 60 °C, 10 min) também foi eficiente para controlar a degradação de glucosinolatos em brotos de couve de Bruxelas, ao modificar a estabilidade e a atividade da mirosinase (WANG *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2018).

### 4.3 Tratamentos com diferentes fontes de luz

A luz é um dos fatores ambientais mais importantes para o desenvolvimento dos brotos. Diversos tratamentos à base de luz têm sido aplicados na germinação de grãos, sendo que o comprimento de onda, a intensidade, o fotoperíodo e a direção uniforme são as características que os diferenciam (ZHANG *et al.*, 2020).

O uso de fontes de luz artificiais (lâmpadas fluorescentes, luz halógena, diodo emissor de luz (ou em inglês: *Light emitter diode* – LED) e lâmpadas de sódio de alta pressão), que emitem fótons em uma faixa espectral de 250 nm a 750 nm, tem gerado resultados convenientes na qualidade dos nutrientes de brotos (ZHANG *et al.*, 2020). Fiutak e Michalczyk (2020) investigaram o efeito da iluminação incandescente, fluorescente e LED (RGB vermelho, verde e azul, (do inglês *red, green e blue*); branco frio; branco quente) nas características de brotos de couve. Eles identificaram maiores concentrações de clorofilas,  $\beta$ -caroteno, luteína, neoxantina e violaxantina nos cotilédones de brotos crescendo em luz RGB LED. Os maiores teores de proteína e tiocianatos totais foram observados em brotos cultivados em luz incandescente, seguidos por plantas crescendo sob luz LED RGB. No geral, o LED permitiu a obtenção de plantas com o maior teor da maioria dos compostos examinados. Compostos fenólicos em brotos de trigo sarraceno comuns também foram enriquecidos pela aplicação de LED vermelho após germinação por 9 dias (LEE *et al.*, 2014).

Os hipocótilos são uma das principais partes comestíveis dos brotos e o crescimento destes pode ser afetado por luzes artificiais, seja de forma positiva ou negativa. A exposição de grãos de trigo sarraceno tartário a luzes fluorescentes reduziu significativamente o comprimento do hipocótilo dos brotos de trigo em 40% (PENG *et al.*, 2015). O mesmo comportamento foi observado em brotos de soja, cuja redução dos hipocótilos foi em 16% (YUAN; JIA; DING *et al.*, 2015). Por outro lado, a luz fluorescente aumentou o diâmetro dos hipocótilos do broto de soja em 12%, em comparação com os brotos cultivados no escuro (YUAN; JIA; DING *et al.*, 2015) e a luz LED azul aumentou significativamente o comprimento do hipocótilo dos brotos de trigo sarraceno (LEE *et al.*, 2014).

Outro importante processo com grande potencial para ser utilizado em brotos e sementes em germinação é o de ultravioleta (UV) com comprimentos de onda na faixa de 320 a 390 nm, sendo UV-A e UV-B os mais utilizados. A radiação UV atua como

um estressor e impacta no aumento biossintese de metabólitos secundários em plantas (DING; FENG, 2019; ZLATEV *et al.*, 2012). Goyal *et al.* (2014) utilizou UV e campo elétrico pulsado para tratar brotos de feijão mungo e observou um aumento de ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante nos brotos, após 2 dias de armazenamento.

A luz laser foi relatada como um método promissor para melhorar os aspectos nutricionais de brotos. Almuhayawi *et al.* (2021) avaliaram os impactos do tratamento de brotos de trigo sarraceno comum e trigo sarraceno tartário (TBW) com laser (IHe-Ne, 632 nm, 5 mW). Segundo os autores, de 49 minerais, vitaminas, pigmentos e antioxidantes direcionados, mais de 35 propriedades aumentaram significativamente. A luz laser aumentou a capacidade antioxidante e a atividade anti-inflamatória por meio da inibição das atividades da ciclooxygenase-2 e da lipoxigenase em brotos de TBW. Balkhyor *et al.* (2021) avaliaram o efeito do tratamento de sementes com irradiações de laser hélio-neônio (He-Ne, 632 nm, 5 mW) e hélio-cádmio (He-Cd, 460 nm, 16,2 mW) a 500 mJ de energia por 5 min nas propriedades nutricionais de duas variedades de brotos de ajwain, ou seja, Desi e Chakwal. Os autores relataram que a irradiação a laser aumentou o acúmulo de biomassa brotada, melhorando a fotossíntese, o conteúdo de clorofila e a respiração dos brotos. Além disso, o tratamento a laser melhorou o metabolismo das cumarinas e do óleo essencial, induziu o acúmulo de fenólicos e flavonoides totais e individuais.

## **5 SANITIZAÇÃO DE SEMENTES (SEGURANÇA ALIMENTAR)**

Apesar dos benefícios nutricionais e todas as vantagens associadas ao consumo, os brotos são considerados um alimento de alto risco em termos de contaminação microbiológica. Os brotos representam um desafio em termos de segurança alimentar, já que a germinação de sementes pode promover o crescimento de patógenos, tendo em vista que as condições ideais para a germinação também são favoráveis para a proliferação bacteriana (DING *et al.*, 2013).

A ocorrência de contaminação alimentar pela ingestão de brotos é relatada desde anos remotos. Em 1996 ocorreu um surto de *E. coli* O157: H7 (STEC) em pelo menos 14 grupos separados no Japão, e houve aproximadamente 10.000 casos confirmados da doença ligada ao consumo de brotos. A maioria dos casos ocorreu em crianças em idade escolar. Um dos grupos contaminados foi da cidade de Sakai,

província de Osaka, envolvendo mais de 6.000 crianças do ensino fundamental. O surto começou em 13 de julho de 1996, e uma investigação sugeriu que os brotos de rabanete eram a causa mais provável. Na Alemanha, ocorreu um surto com 3.842 casos de infecção humana por *Escherichia coli* O104: H4, em 2011, sendo que as investigações epidemiológicas revelaram sementes de feno-grego como a fonte de entrada de EAHEC O104: H4 na cadeia alimentar (BEUTIN; MARTIN, 2012). A Organização Mundial da Saúde (OMS) relatou que este surto se estendeu aos países da Dinamarca, Reino Unido, Estados Unidos, Suécia, França, Áustria, Suíça, Noruega, Espanha e Holanda; sendo que a maioria das pessoas afetadas viajou para a Alemanha antes do início da doença (OMS, 2011). Diversos casos isolados de surtos são mencionados na revisão de Miyahira e Antunes (2021), sendo relatadas ocorrências desde 1986 até 2020, por diferentes espécies de bactérias *Salmonella* e *Escherichia coli* em brotos.

Para evitar a contaminação dos brotos, alguns procedimentos devem ser realizados, incluindo atividades de pré-colheita, pós-colheita e durante os processos de germinação. Na pré-colheita, os cuidados estão associados à qualidade da semente e aos procedimentos de higiene da cultura, incluindo a qualidade da água de irrigação, manejo de fertilizantes a base de estrume e saúde e higiene dos trabalhadores agrícolas (MIYAHIRA; ANTUNES, 2021, USDA, 2011). Na pós-colheita, recomenda-se que pelo menos dois procedimentos de desinfecção de sementes sejam escolhidos, exemplificados a seguir, e após, as sementes devem ser armazenadas em local seco e livre de insetos. Os cuidados envolvidos durante o processo de germinação são pautados nas boas práticas de manuseio, sobretudo o uso de água potável para não causar contaminação cruzada (EFSA, 2011). Após o processo de germinação, os brotos devem ser mantidos sob refrigeração, a fim de evitar o crescimento de bactérias patogênicas durante o armazenamento (EFSA, 2011).

O maior desafio associado à segurança alimentar de brotos se deve ao fato de muitos tratamentos de higienização serem ineficazes, devido à espessa camada de tegumento que alguns tipos de sementes possuem, o que provoca a incapacidade dos compostos antimicrobianos de atingirem patógenos viáveis dentro da semente e nos tecidos internos dos brotos (SIKIN *et al.*, 2013). Nesse sentido, a comunidade científica tem se empenhado em buscar alternativas que viabilizem o consumo de brotos, a partir da desinfecção das sementes. Diversos métodos de descontaminação

têm sido investigados, incluindo o uso de água clorada, aplicação de calor, água ativada por plasma, água eletrolisada, ultrassom, branqueamento, irradiação, além de métodos combinados (IACUMIN; COMI, 2019; NGNITCHO *et al.*, 2017 KIM; RHEE, 2018; KUMAR; GAUTAM, 2019; XIANG *et al.*, 2019;). Na Tabela 2, estão reunidos estudos de descontaminação de sementes em germinação por diferentes processos e os impactos destes processos na qualidade microbiológica dos brotos.

Tabela 2. Tratamentos microbiológicos de sementes e brotos por diferentes processos.

| Tipo de tratamento   | Sementes   | Contaminantes  | Impacto do tratamento nas sementes   | Referência                 |
|--|--|--|--|----------------------------|
| Calor moderado e umidade relativa favorável (65 °C/ 40% Umidade Relativa (UR) por 8, 15 ou 22h)  | Rabanete ( <i>Raphanus sativus</i> L.); feijão mungo ( <i>Vigna radiata</i> ); Mostarda ( <i>Brassica juncea</i> ) e alfafa ( <i>Medicago sativa</i> L.) | Escherichia coli O157: H7, Salmonella Typhimurium e Listeria monocytogenes   | O tratamento de 22 horas eliminou E. coli O157: H7 de sementes de rabanete e mostarda e L. monocytogenes de sementes de mostarda e alfafa. A viabilidade do grão de mostarda caiu cerca de 9,8% e não afetou significativamente a viabilidade das outras sementes.   | Kim e Rhee (2018)          |
| Água clorada (hipoclorito de sódio 2,5% em tampão de fosfato de potássio 0,05 M (pH 6,8, 21 ° C) a 100 ppm)                                      | Feijão mungo ( <i>Vigna radiata</i> )  | Cepas de STEC, <i>L. monocytogenes</i> e <i>Salmonella</i> spp.  | A solução de lavagem clorada reduziu a concentração das cepas investigadas em sementes e brotos em aproximadamente 3 e 7 logs unidades formadoras de colônias logarítmicas (UFC) g <sup>-1</sup> , respectivamente. No entanto, não foi possível eliminar completamente os patógenos das sementes ou dos brotos do feijão mungo.   | Iacumin e Comi (2019)      |
| Água ativada por plasma não-térmico (PAW)  | Feijão mungo ( <i>Vigna radiata</i> )  | Culturas de bactérias aeróbias, leveduras e bolores.   | PAW reduziu efetivamente as cargas microbianas nos brotos de feijão mungo. O tratamento PAW não teve efeito significativo sobre o potencial antioxidante de brotos de feijão mungo, não causou alterações significativas na concentração de compostos fenólicos total e conteúdo de flavonoides, nem afetou as características sensoriais dos brotos.  | Xiang <i>et al.</i> (2019) |
| Tratamento combinado: ultrassom, branqueamento, imersão em ascorbato e irradiação gama, seguido de armazenamento em baixa temperatura (4 ± 1 °C) | Feijão mungo ( <i>Vigna radiata</i> ), alfafa ( <i>Medicago sativa</i> ) e grão de bico ( <i>Cicer arietinum</i> )                                       | Contagens aeróbicas totais em placa (TAPC), leveduras e bolores (YMC), coliformes presuntivos (PC), espécies presuntivas de <i>Staphylococcus</i> (PS) | A combinação de tratamentos garantiu a segurança microbiana dos brotos e estendeu a vida útil em até 35 dias para feijão mungo e grão de bico, e 21 dias para brotos de alfafa a 4 ± 1 °C. Os atributos nutricionais, físico-químicos e sensoriais foram considerados bem retidos durante o armazenamento. O tratamento combinado também reduziu os antinutrientes dos brotos, como, glicosídeos cianogênicos e oxalato. | Kumar e Gautam (2019)      |

Tabela 2. Tratamentos microbiológicos de sementes e brotos por diferentes processos. (Continuação)

| Continuação Tipo de tratamento  | Sementes   | Contaminantes   | Impacto do tratamento nas sementes   | Referência                    |
|---|--|---|--|-------------------------------|
| Fermentação de ácido láctico  | Trevo vermelho ( <i>Trifolium pratense</i> L.), grão de bico ( <i>Cicer arietinum</i> L.), lentilha ( <i>Lens culinaris medik.</i> ) e alfafa ( <i>Medicago sativa</i> L.) | <i>E. coli</i> ; <i>Klebsiella</i> sp.; <i>Salmonella</i> sp.; <i>Shigella</i> sp; <i>Staphylococcus epidermidis</i> ; <i>S. aureus</i> ; <i>S. saprophyticus</i> | Durante a fermentação, o número de bactérias lácticas aumentou em 2 Log <sub>10</sub> UFC / mL (LU), enquanto o fungo diminuiu em 1 LU; <i>E. coli</i> e <i>Klebsiella</i> sp. por 2 LU; <i>Salmonella</i> sp. e <i>Shigella</i> sp. não ocorreu após a fermentação, semelhante a <i>Staphylococcus epidermidis</i> , enquanto <i>S. aureus</i> e <i>S. saprophyticus</i> diminuíram em 3 LU e em alguns ensaios não foram detectados. Porém o método isolado não garante segurança ao consumidor. | Budryn <i>et al.</i> (2019)   |
| Procedimento que combina ozônio com água eletrolisada ácida (AEW) (pH 3,0)  | Brotos de alfafa ( <i>Medicago sativa</i> L.)  | <i>Salmonella</i> e <i>Escherichia coli</i>   | O uso de tratamentos combinados não mostrou alterações significativas na qualidade do produto, incluindo prazo de validade, peso e cor dos brotos em comparação com os controles. Os resultados sugerem que a combinação de ozônio e AEW foi eficaz na inativação de <i>Salmonella</i> e <i>Escherichia coli</i> em sementes e brotos de alfafa, sem efeitos adversos na qualidade dos brotos.   | Mohammad <i>et al.</i> (2020) |
| Irradiados com radiação gama na faixa de dose de 0,25 –1,25 kGy   | Brotos de alho ( <i>Allium sativum</i> )   | Contagem bacteriana total e contagem de fungos e leveduras  | A análise microbiana indicou que a dose de 1,25 kGy inibiu o fungo, bem como o crescimento bacteriano em até 8 dias de armazenamento e resultou em uma redução de cerca de 2 log na contagem de leveduras e fungos, bem como na contagem de bactérias após 15 dias de armazenamento.   | Fouzia <i>et al.</i> (2021)   |
| Água eletrolisada levemente ácida (SAEW), ácido fumárico (FA) ou óxido de cálcio (CaO) e tratamento físico usando ultrassonicação (US), | Brotos de alfafa ( <i>Medicago sativa</i> L.)  | <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> O157: H7, <i>Staphylococcus aureus</i> e <i>Salmonella spp</i>  | Todos os tratamentos foram eficazes contra as bactérias nos brotos, mas ocorreram diferenças na redução microbiana entre os grupos de tratamento, sendo que a maior redução por tratamento individual foi observada para ácido fumárico com  | Ngnitcho <i>et al.</i> (2017) |

microbolhas (MB) ou ultravioleta (UV)

redução de *L. monocytogenes* e *Salmonella* spp. em 2,17 e 2,12 log UFC/g, respectivamente.

Tabela 2. Tratamentos microbiológicos de sementes e brotos por diferentes processos.  
*Continuação*

| Tipo de tratamento  | Sementes  | Contaminantes   | Impacto do tratamento nas sementes   | Referência                    |
|---|---|---|--|-------------------------------|
| Água funcional eletrolisada (EFW)   | Feijão mungo ( <i>Vigna radiata</i> )                     | Bactérias totais  | As contagens de micro-organismos nos brotos produzidos por dois tratamentos de EFW foram 1,03 e 1,06 log UFC/g menor do que o tratamento com água encanada, respectivamente. O EFW foi eficaz para reduzir a população de <i>E. coli</i> O157: H7 e <i>Salmonella enteritidis</i> inoculadas no feijão mungo.  | Rui <i>et al.</i> (2011)      |
| Água eletrolisada levemente ácida (SAEW) em comparação com hipoclorito de sódio a 10%           | Daikon ( <i>Raphanus sativus</i> L.)                      | <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> spp. e bactérias mesófilas aeróbias totais | O tratamento com SAEW reduziu significativamente o total de bactérias aeróbias mesófilas dos brotos em 2,45 log <sub>10</sub> CFU/g, em relação aos não tratados. Os patógenos foram significativamente reduzidos dos brotos 2,8 log <sub>10</sub> CFU/g ( <i>E. coli</i> ) e 2,91 log <sub>10</sub> CFU/g ( <i>Salmonella</i> spp.), após um tratamento com SAEW. As soluções SAEW e NaClO não apresentaram diferença significativa de sanitização.                                     | Zacharia <i>et al.</i> (2011) |
| Ácido láctico combinado (LA, 2%, v/v) e hipoclorito de sódio de baixa concentração (SH, 4 mg/L) | Brócolis ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> ) | Bactérias aeróbicas, leveduras e bolores, e <i>L. innocua</i>                 | Os efeitos antimicrobianos nos brotos de brócolis orgânicos mostraram que o tratamento combinado resultou em reduções de 0,82, 1,51 e 1,77 unidades formadoras de colônias logarítmicas (UFC)/g de peso fresco (FW) respectivamente para bactérias aeróbicas, leveduras e bolores, e <i>L. innocua</i> . Além disso, não houve diferenças significativas nos resultados da qualidade sensorial entre os grupos de tratamento e controle e todos foram maiores do que a aceitação limite. | Chen <i>et al.</i> (2019)     |

Fonte: A autora, 2022.

Na Tabela 2, são expostos diferentes tipos de tratamentos para desinfecção de brotos, que variam desde o uso de água clorada até tratamentos mais complexos, ou ainda, combinação de diferentes tratamentos. O uso de água clorada como fonte de sanitização possibilitou a redução significativa de cepas de STEC, *L. monocytogenes* e *Salmonella* spp. em feijão mungo (IACUMIN e COMI, 2019); de *E. coli*, *Salmonella* spp. e bactérias mesófilas aeróbias totais em brotos de Daikon (ZACHARIA *et al.*, 2011) e de bactérias aeróbicas, leveduras e bolores, e *L. innocua* em brotos de brócolis (CHEN *et al.*, 2019). Esses resultados viabilizam o uso de hipoclorito de sódio, como uma etapa para desinfecção, sobretudo na produção de brotos em pequena escala (e/ou para consumo próprio), já que é um método simples, de baixo custo e fácil acessibilidade.

Métodos mais avançados do ponto de vista tecnológico demonstraram-se eficientes para reduzir a carga de patógenos sem prejudicar compostos de importância. O uso de água ativada por plasma reduziu efetivamente a carga bacteriana em brotos de feijão mungo sem prejudicar o potencial antioxidante, a concentração de compostos fenólicos totais e o conteúdo de flavonoides, nem afetar as características sensoriais dos brotos (XIANG *et al.*, 2019). Outrossim, o uso da água eletrolisada foi abordada em diferentes estudos e demonstrou-se eficiente para reduzir, significativamente, *E. coli*, *Salmonella* spp. e bactérias mesófilas aeróbias totais de diferentes variedades de brotos. Vale ressaltar, também, que o uso de radiação gama na faixa de dose de 0,25 –1,25 kGy foi capaz de inibir fungos e leveduras, bem como o crescimento bacteriano em brotos de alho (FOUZIA *et al.* 2021).

Por fim, é importante frisar o uso de métodos combinados que aumentam a eficácia da remoção de patógenos e estende a vida útil dos brotos, como é exemplificado no estudo de Kumar e Gautam (2019), os quais utilizaram tratamento combinado de ultrassom, branqueamento, imersão em ascorbato e irradiação gama, seguido de armazenamento em baixa temperatura ( $4 \pm 1$  °C) em brotos de alfafa, feijão mungo e grão de bico. Os tratamentos estenderam a vida útil em até 35 dias para brotos de feijão mungo e grão de bico, e 21 dias para brotos de alfafa a  $4 \pm 1$  °C. O tratamento combinado também reduziu os antinutrientes dos brotos.

## **6 EFEITO DA GERMINAÇÃO SOBRE A COMPOSIÇÃO QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE GRÃOS GERMINADOS**

A germinação é uma forma barata e eficaz de melhorar a qualidade nutricional de sementes (NELSON *et al.*, 2016). No processo germinativo, a semente passa por inúmeras mudanças na sua composição e estrutura química, mudanças que provocam a concentração ou a formação de novos compostos bioativos (CHO; LIM, 2016). O controle da germinação é importante não somente para as características físicas e microbiológicas dos brotos, mas também para a qualidade nutricional.

Na Tabela 3, estão reunidos alguns estudos, dos últimos anos, que avaliaram a influência da germinação na composição química, no conteúdo de compostos bioativos e na atividade antioxidante de diferentes sementes. As condições ambientais (temperatura, luz e umidade), pré-tratamentos de sementes para germinação e a duração do processo de germinação são variáveis relatadas nos estudos.

Tabela 3. Efeitos da germinação, por diferentes metodologias, na composição nutricional, no teor de compostos bioativos e na atividade antioxidante de diferentes sementes.

| Semente  | Etapas da metodologia de germinação  | Compostos bioativos e nutricionais analisados                     | Efeito da germinação nos grãos, quanto aos compostos bioativos e nutricionais em relação às sementes não germinadas   | Referência                  |
|--|--|---|---|-----------------------------|
| <b>Milho (<i>Zea mays</i> L.)</b>  | (1) Sementes sanitizadas com hipoclorito de sódio (0,5%, m/v);<br>(2) Embebidas em água por 8 h;<br>(3) Secas e extrusadas para obtenção de farinhas de milho germinadas extrusadas (EGWCF). | Propriedades funcionais e perfil de polifenóis não antocianínicos | Aumentou o conteúdo de ácido fenólico livre e de flavonoides conjugados;<br>O número de polifenóis aumentou de 12 para 15 espécies.   | Gong <i>et al.</i> (2018)   |
| <b>Arroz vermelho (<i>Oryza sativa</i> L.)</b>   | (1) Grãos germinados por 8, 16, 24, 32 ou 40 h.  | Compostos fenólicos, atividade antioxidante GABA e proteínas      | Reduziu o teor de cinzas, umidade e pH;<br>Aumentou o teor os ácidos cafeico, cumárico, ferúlico e miricetina após 16 h de germinação;<br>O conteúdo de GABA aumentou com o tempo, chegando a 1,86 mg/ 100g em 40 h.  | Müller <i>et al.</i> (2021) |
| <b>Lentilhas marrons (<i>Lens culinaris</i> L. <i>Medikus</i>), feijão branco (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) e feijão-fradinho (<i>Vigna unguiculata</i> L. subsp. <i>unguiculata</i>)</b> | (1) Sementes sanitizadas com hipoclorito de sódio 0,07%;<br>(2) Embebidas em água por 8 h;<br>(3) Germinadas com 1, 3, 5, 7 e 9 dias.  | Espécies de folato  | Aumentou de 2,5–4 vezes no conteúdo de folatos totais;<br>A quantidade de folato atingiu o máximo no quinto dia: feijão-fradinho (861 µg/ 100 g de peso fresco), feijão branco (755 µg/ 100 g) e lentilhas marrons (681 µg/ 100 g);<br>O folato de 5-CH <sub>3</sub> -H <sub>4</sub> foi a espécie mais dominante e atingiu máximo conteúdo nos brotos de feijão-fradinho germinados em 5 dias (490 µg/ 100 g). | Sallan <i>et al.</i> (2021) |

Tabela 3. Efeitos da germinação, por diferentes metodologias, na composição nutricional, no teor de compostos bioativos e na atividade antioxidante de diferentes sementes. (*continuação*)

| Semente   | Etapas da metodologia de germinação   | Compostos bioativos e nutricionais analisados  | Efeito da germinação nos grãos, quanto aos compostos bioativos e nutricionais em relação às sementes não germinadas  | Referência                     |
|---|---|--|--|--------------------------------|
| <b>Trigo (<i>Triticum</i>)</b>  | (1) Grãos mergulhados em água por 4 h e submetidos à maceração;<br>(2) Germinados durante 6 dias (16 ~ 18 °C).<br>(3) Secos no forno para maltagem.   | Composição química, compostos fenólicos extraíveis e hidrolisáveis e capacidade antioxidante | Reduziu amido, proteína, gordura e cinzas; Aumentou a fibra alimentar, carboidratos e energia;<br>Aumentou a concentração e a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos livres e conjugados.   | Yang <i>et al.</i> (2021)      |
| <b>Grão de bico (<i>Cicer arietinum</i> L.),<br/>lentilha (<i>Lens culinaris</i> Merr.) E<br/>ervilha amarela (<i>Pisum sativum</i> L.)</b> | (1) Sementes sanitizadas com hipoclorito de sódio (0,07%);<br>(2) Embebidas em água por 5,5 horas.<br>Germinadas por 6 dias no escuro (UR: 99%);<br>(3) Liofilizadas e moídas a fim de obter a farinha. | Composição química: teor de proteínas, lipídeos e amido                                      | Aumentou o teor de proteína, destacando-se o da lentilha (30,65 para 33,60 g/ 100 g base seca);<br>Reduziu o teor de lipídeos nas farinhas de leguminosas, com o grão de bico tendo o maior declínio, ou seja, de 8,00 para 5,90 g/ 100 g (b.s.).<br>Reduziu o amido total nas farinhas de lentilha e ervilha amarela.   | Xu <i>et al.</i> (2019)        |
| <b>Trigo mole (<i>Triticum aestivum</i> L.) e milho (<i>Panicum Miliaceum</i>, L.)</b>  | (1) Cereais foram germinados em um sistema automático de maltagem;<br>(2) Duas temperaturas diferentes foram testadas, 15 e 20 °C;<br>(3) A germinação foi então conduzida por 24, 48 e 72 h.           | Teor de polifenóis e perfil de ácidos fenólicos  | A baixa temperatura (15 °C) promoveu a disponibilidade de polifenóis livres em trigos comuns, enquanto o genótipo do trigo afetou os níveis de fração ligada;<br>A alta temperatura (20 °C) influenciou positivamente a disponibilidade de polifenóis livres e ligados no milho;<br>O teor de compostos fenólicos livres foi influenciado positivamente pelas baixas temperaturas, enquanto tendência oposta foi detectada para a fração ligada. | Ceccaroni <i>et al.</i> (2020) |

Tabela 3. Efeitos da germinação, por diferentes metodologias, na composição nutricional, no teor de compostos bioativos e na atividade antioxidante de diferentes sementes. (*continuação*)

| Semente   | Etapas da metodologia de germinação  | Compostos bioativos e nutricionais analisados  | Efeito da germinação nos grãos, quanto aos compostos bioativos e nutricionais em relação às sementes não germinadas  | Referência                      |
|---|--|--|--|---------------------------------|
| <b>Quinoa</b><br>( <i>Chenopodium quinoa</i> )              | (1) Sementes foram embebidas por 1h;<br>(2) A germinação foi realizada por hidratação das sementes, em uma sala escura a 25 °C.<br>(3) As sementes foram germinadas por 48 h, com enxague a cada 8 h e drenadas para evitar o crescimento de fungos deteriorantes. | Conteúdo fenólico total, conteúdo total de flavonoides e atividade antioxidante        | Aumentou o conteúdo fenólico total e o conteúdo total de flavonoides;<br>Aumentou capacidade antioxidante.   | Ujiroghene <i>et al.</i> (2019) |
| <b>Feno-grego</b><br>( <i>Trigonella foenum-graecum</i> L.) | (1) As sementes foram germinadas em pedaço de algodão úmido por 48 h a 28 °C;<br>(2) As sementes germinadas foram secas a 60 °C;<br>(3) Foram preparados extratos aquosos dos grãos germinados.  | Atividade antioxidante total pelo método do fosfomolibdênio e componentes fitoquímicos | Aumentou a capacidade antioxidante do extrato;<br>Aumentou os componentes fitoquímicos (flavonoides, taninos, esteroides, alcaloides, fitato e trigonelina) do extrato, que se acredita ter atividade antitumoral.   | Abas e Naguib (2019)            |
| <b>Amendoim bambara</b><br>( <i>Vigna subterrânea</i> )     | (1) Sementes foram sanitizadas com hipoclorito de sódio;<br>(2) Embebidas em água por 6 h;<br>(3) Germinadas a 28 ± 1 °C por 24, 48 e 72 h;<br>(4) Selecionadas e secas em estufa a 40 °C por 24 h.  | Composição química e conteúdo fenólico total   | De maneira dependente do tempo, aumentou a proteína (26,1-28,79 g/ 100 g), componentes da fibra alimentar, amido digestível, digestibilidade da proteína <i>in vitro</i> (73,67-88,9%), cálcio, magnésio, potássio, conteúdo fenólico total e a maioria dos aminoácidos;<br>Diminuiu significativamente os teores de fatores antinutricionais (ácido fítico e tanino) e a ação inibitória de tripsina. | Chinma <i>et al.</i> (2021)     |

Tabela 3. Efeitos da germinação, por diferentes metodologias, na composição nutricional, no teor de compostos bioativos e na atividade antioxidante de diferentes sementes. (*continuação*)

| Semente   | Etapas da metodologia de germinação   | Compostos bioativos e nutricionais analisados   | Efeito da germinação nos grãos, quanto aos compostos bioativos e nutricionais em relação às sementes não germinadas   | Referência                   |
|---|---|---|---|------------------------------|
| Três variedades de arroz nigeriano ( <i>Jamila, Jeep e Kwandala</i> ) | (1) Os grãos foram embebidos por 12 h;<br>(2) Germinados por 48 h a 30 °C;<br>(3) Secos a 60 °C até atingirem um teor de umidade de 10;<br>(4) Moídos usando um moinho de martelo.  | Composição química e atividade antioxidante   | Aumentou os teores de proteína, magnésio, fósforo, potássio e a capacidade antioxidante das farinhas<br>Diminuiu os teores de ácido fítico e amido total.   | Chinma <i>et al.</i> (2015)  |
| Soja ( <i>Glycine max</i> )   | (1) As sementes de soja foram germinadas por 168 h e os brotos coletados a cada 24 h.   | Conteúdo de diferentes formas de isoflavonas  | Entre 72 e 168 h de germinação, a concentração de genistina e de daidzina aumentaram 2,2 vezes e 2,1 vezes, respectivamente;<br>Houve uma redução de 1,1, 1,9 e 1,8 vezes no conteúdo de daidzina, genistina e $\beta$ -glicosídeo total após 168 h de germinação, respectivamente. | Quinhone Júnior e Ida (2015) |
| Soja preta ( <i>Glycine max</i> (L.) Merr.)                           | (1) As sementes foram embebidas em água por 5 h;<br>(2) Germinados e colhidos no primeiro, terceiro, quinto e sétimo dia após 24 h iniciais de crescimento dos brotos;<br>O polissacarídeo preto de soja solúvel em água (BSPS) foi isolado de brotos colhidos para análises cromatográficas. | Perfis de composição, atividade antioxidante dos polissacarídeos solúveis da soja preta | Aumentou significativamente o teor de fenólicos e flavonoides após o quinto dia de germinação, sugerindo que esses ingredientes também contribuíram para as atividades antioxidantes;<br>Aumentou o conjugado de polissacarídeo-proteína com atividades antioxidantes.              | Lee <i>et al.</i> (2018)     |

Tabela 3. Efeitos da germinação, por diferentes metodologias, na composição nutricional, no teor de compostos bioativos e na atividade antioxidante de diferentes sementes. (*continuação*)

| Semente   | Etapas da metodologia de germinação  | Compostos bioativos e nutricionais analisados                           | Efeito da germinação nos grãos, quanto aos compostos bioativos e nutricionais em relação às sementes não germinadas  | Referência                      |
|---|--|---|--|---------------------------------|
| <b>Feijão de arroz (<i>Vigna umbellata</i>)</b> | <p>(1) Sementes foram embebidas em água contendo 1% (p/v) de ácido cítrico durante 6 h;</p> <p>(2) Germinadas em temperatura ambiente (<math>30 \pm 1</math> °C com <math>73 \pm 5\%</math> de umidade relativa) no escuro com nebulização de água da torneira a cada 6 h;</p> <p>(3) Seleccionadas após 0, 6, 12, 18 e 24 h de germinação, e cozidas no vapor por 10 min.</p> | Composição química, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante | <p>Aumentou os teores de fenólicos totais, açúcares redutores e vitaminas B (tiamina, riboflavina e niacina) dos brotos cozidos no vapor conforme o aumento do tempo de germinação;</p> <p>O pré-tratamento com ácido cítrico 1% (p/v) por 6 h aumentou significativamente o conteúdo fenólico total;</p> <p>O feijão de arroz germinado por 18 h apresentou o maior teor de proteína bruta;</p> <p>Ocorreu aumento significativo na atividade de eliminação de radicais e no poder antioxidante de redução do ferro, especialmente em brotos de sementes tratadas com ácido cítrico;</p> <p>Os principais fenólicos encontrados nos grãos de arroz com germinação de 0 e 18 h foram a catequina e a rutina.</p> | Sritongtae <i>et al.</i> (2017) |
| <b>Soja (<i>Glycine max</i>)</b>                | <p>(1) Sementes foram sanitizadas com hipoclorito de sódio (0,1%);</p> <p>(2) Germinadas no escuro em germinador comercial com sistema nebulizador de diferentes soluções de <math>\text{Na}_2\text{SeO}_3</math> (25,4 a 62,2 mg/L) (<math>15,5</math> °C — <math>27</math> °C e UR: 80%);</p> <p>(3) O tempo variou entre 15,82 h e 56,18 h.</p>                             | Isoflavonas e atividade antioxidante celular                            | <p>Aumentou significativamente os teores de Se, o teor das principais isoflavonas, bem como a capacidade antioxidante dos brotos de soja;</p> <p>As condições ótimas de germinação foram menores concentração de Se na água de maceração (&lt;32 mg/L), temperatura em torno de <math>20</math> °C e tempo de germinação de 48 h;</p> <p>Sob condições ótimas, a soja acumulou a maior quantidade de isoflavonas e selênio e os extratos exerceram alta atividade antioxidante.</p>  | Lazo-Vélez <i>et al.</i> (2018) |

Tabela 3. Efeitos da germinação, por diferentes metodologias, na composição nutricional, no teor de compostos bioativos e na atividade antioxidante de diferentes sementes. (*continuação*)

| Semente  | Etapas da metodologia de germinação   | Compostos bioativos e nutricionais analisados   | Efeito da germinação nos grãos, quanto aos compostos bioativos e nutricionais em relação às sementes não germinadas  | Referência                           |
|--|---|---|--|--------------------------------------|
| <b>Feijão vermelho (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. Pinto)</b>                    | (1) A germinação foi realizada a 20 °C, 95% de UR no escuro por 8 dias;<br>(2) As sementes foram irrigadas diariamente com soluções frescas de eliciadores (500 µM de ácido ascórbico, 50 µM de ácido fólico e 5 µM de ácido glutâmico) ou água destilada (controle). | Composição fenólica e atividades antioxidante e inibitória da enzima conversora da angiotensina de extratos fenólicos | Reduziu flavan-3-óis e antocianinas de brotos;<br>Aumentou o teor de flavonoides e flavonóis;<br>Os tratamentos com eliciadores reduziram o conteúdo fenólico total dos brotos, mas promoveram a síntese de flavanonas específicas e O-glicosídeos de flavonóis, efeito que dependia do tipo de eliciador;<br>A atividade antioxidante não foi afetada pelos tratamentos com ácido ascórbico e fólico, ao passo que foi ligeiramente reduzida nos brotos tratados com ácido glutâmico;<br>O ácido fólico foi o único tratamento que causou um aumento notável na atividade inibitória da enzima conversora da angiotensina dos brotos. | Dueñas <i>et al.</i> (2015)          |
| <b>Feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) e ervilha (<i>Pisum sativum</i>)</b> | (1) As sementes foram lavadas com solução cloreto de sódio e prata coloidal;<br>(2) A germinação foi conduzida por 10 dias no escuro, a 25 °C e 70% de UR.  | Teor de compostos fenólicos e flavonoides   | Aumentou a concentração de compostos fenólicos totais, para ambas as leguminosas, com a concentração máxima para <i>P. vulgaris</i> no dia 6 de germinação e no dia 7 para <i>P. sativum</i> ;<br>Aumentou o conteúdo de flavonoides de <i>P. vulgaris</i> ;<br>A presença e concentração desses compostos nos extratos apresentaram altas correlações com atividades anti-inflamatórias.  | Martínez <i>et al.</i> (2021)        |
| <b>Kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>)</b>                                      | (1) Sementes foram lavadas com solução de hipoclorito de sódio (0,1%)<br>(2) Embebidas na água por 24 h;<br>A germinação foi realizada no escuro, em uma cabine de germinação (UR: 90%), em diferentes temperaturas (12–28 °C) e tempos (12–72 h).                    | GABA, compostos fenólicos e atividade antioxidante  | Aumentou GABA, compostos fenólicos e atividade antioxidante em 29,1, 4,0 e 6,4 vezes, respectivamente, nas condições ótimas de temperatura e o tempo de 26 °C e 63 h, respectivamente;<br>A brotação nas condições ideais de germinação aumentou principalmente as concentrações dos ácidos 4-O-cafeoilquínico, 4-O-feruloilquínico e quercetina-3-O-rutinósido.   | Paucar-Menacho <i>et al.</i> (2017a) |

Tabela 3. Efeitos da germinação, por diferentes metodologias, na composição nutricional, no teor de compostos bioativos e na atividade antioxidante de diferentes sementes. (*continuação*)

| Semente  | Étapas da metodologia de germinação  | Compostos bioativos e nutricionais analisados                      | Efeito da germinação nos grãos, quanto aos compostos bioativos e nutricionais em relação às sementes não germinadas  | Referência                                |
|--|--|--|--|---|
| Diferentes cultivares de sementes de brócolis ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> cv. Lucky, cv. Tiburon e cv. Belstar) e rabanete ( <i>Raphanus sativus</i> cv. Rebel and cv. Bolide | <p>(1) As sementes foram lavadas com hipoclorito de sódio 0,07% e embebidas em água por 5 h;</p> <p>(2) A germinação das sementes de brócolis foi realizada a 25 °C em condições de fotoperíodo (16 h de luz e 8 h de escuridão);</p> <p>(3) A germinação das sementes de rabanete foi realizada a 25 °C no escuro;</p> <p>(4) As sementes germinadas foram colhidas após 3, 4 e 5 dias.</p> | Teor de glucosinolatos, vitamina C e capacidade antioxidante total | <p>Germinação por 4 dias forneceu o maior conteúdo de glucorafanina e glucorafenina, para brócolis cv. Belstar e rabanete cv. Rebel respectivamente;</p> <p>Aumentou a quantidade de vitamina C acentuadamente em brócolis e brotos de rabanete (162–350 e 84–113 mg/ 100 g de matéria seca, respectivamente), sendo que a vitamina não foi detectada em sementes cruas;</p> <p>Aumentou a capacidade antioxidante.</p>  | Martinez-Villaluenga <i>et al.</i> (2010) |
| Milho roxo ( <i>Zea mays</i> L.)   | <p>(1) Sementes foram lavadas com solução de hipoclorito de sódio (0,1%)</p> <p>(2) Embebidas na água por 24 h;</p> <p>(3) A germinação foi realizada no escuro, em uma cabine de germinação (UR: 90%), em diferentes temperaturas (12–28 ° C) e tempos (12–72 h).</p>   | GABA, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante          | <p>Aumentou 3,5 vezes o conteúdo de GABA em comparação com as sementes, em condições ideais de temperatura de 26 °C e tempo de 63 h;</p> <p>As condições ideais reduziram ~30 e ~15% dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante, respectivamente, no milho roxo;</p> <p>Os brotos obtidos nas condições ideais apresentaram as antocianinas como a classe fenólica mais abundante, detectadas principalmente como glicosídeos de cianidina, pelargonidina e peonidina ou seus derivados malonil;</p> <p>Derivados de ácidos hidroxicínâmicos e flavonóis foram detectados como compostos menores.</p> | Paucar-Menacho <i>et al.</i> (2017b)      |

Tabela 3. Efeitos da germinação, por diferentes metodologias, na composição nutricional, no teor de compostos bioativos e na atividade antioxidante de diferentes sementes. (*continuação*)

| Semente   | Etapas da metodologia de germinação   | Compostos bioativos e nutricionais analisados                                       | Efeito da germinação nos grãos, quanto aos compostos bioativos e nutricionais em relação às sementes não germinadas   | Referência                    |
|---|---|---|---|-------------------------------|
| <b>Cevada</b><br>( <i>Hordeum vulgare</i> L.<br>var. Bataone) | (1) As sementes foram germinadas por 24, 48, 72 e 96 h a 25 °C em uma câmara de crescimento.  | Composição química, compostos fenólicos, flavonoides, GABA e atividade antioxidante | Aumentou os níveis de proteína bruta, gordura bruta e cinzas brutas, conforme o período de germinação progrediu;<br>Diminuiu o teor de amido;<br>Aumentou os compostos bioativos, em particular o fenólico total (122,84–322,67 µg/g), flavonoide total (32,20–124,09 µg/g) e o conteúdo de GABA (176,94–212,64 µg/g);<br>Aumentou as propriedades antioxidantes, principalmente a atividade de eliminação de radicais DPPH e ABTS, durante o período de germinação.  | Islam <i>et al.</i><br>(2021) |
| <b>Arroz silvestre chinês</b><br>( <i>Zizania latifolia</i> ) | (1) As sementes foram lavadas com solução de hipoclorito de sódio (0,5%);<br>(2) Embebidas em água por 5h;<br>(3) As sementes foram germinadas a 30 °C no escuro, por 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108 ou 120 h. | Compostos fenólicos, proteínas, aminoácidos livres                                  | As maiores diferenças no conteúdo fenólico ocorreram nas fases de 36 h e 120 h de germinação;<br>Uma análise proteômica identificou 7031 proteínas, e uma comparação dos estágios de 120 e 36 h revelou 956 proteínas reguladas positivamente e 188 reguladas negativamente;<br>Enriqueceu as proteínas nas “vias metabólicas”, “biossíntese de metabólitos secundários” e “biossíntese de fenilpropanoides”;<br>Quatro fenilalaninas amônia-liases, uma 4-cumarato-CoA ligase, uma cinamoil-CoA redutase, duas cinamil álcool desidrogenases e quatro glutamato descarboxilases exibiram maior expressão no tempo de 120 h do que no de 36 h e promoveram fenólicos e acúmulo de GABA. | Chu <i>et al.</i><br>(2019)   |

Tabela 3. Efeitos da germinação, por diferentes metodologias, na composição nutricional, no teor de compostos bioativos e na atividade antioxidante de diferentes sementes. (*continuação*)

| Semente   | Etapas da metodologia de germinação   | Compostos bioativos e nutricionais analisados  | Efeito da germinação nos grãos, quanto aos compostos bioativos e nutricionais em relação às sementes não germinadas   | Referência                     |
|---|---|--|---|--------------------------------|
| <b>Feijão mungo (<i>Vigna radiata</i> L.)</b>   | <p>(1) As sementes foram imersas em água por 18 h (26 °C);</p> <p>(2) Germinadas por 21 h em local escuro à temperatura ambiente;</p> <p>(3) As sementes germinadas foram secas usando três diferentes técnicas de secagem (micro-ondas, forno e infravermelho).</p>      | Fenol total, atividade antioxidante, flavonoide total, carotenoide total, compostos fenólicos e minerais   | <p>Aumentou os conteúdos fenólicos totais, variando entre 48,19 mg/ 100g (controle) e 62,08 mg/ 100g (forno de micro-ondas);</p> <p>Reduziu os valores da atividade antioxidante, o conteúdo de flavonoides totais (exceto germinados frescos) e carotenoides nas sementes germinadas e aquecidas;</p> <p>O maior teor de carotenoides foi determinado em sementes frescas de feijão mungo germinadas;</p>  | Alkaltham <i>et al.</i> (2020) |
| <b>Grão-de-bico (<i>Cicer arietinum</i> L.)</b> | <p>(1) Os grãos foram higienizados em solução de hipoclorito a 0,07%.</p> <p>(2) Colocados em câmara com temperatura de 25 °C e 80% de umidade relativa, na ausência de luz, sem embebição;</p> <p>(3) Os tempos de germinação utilizados foram 0, 12, 24, 36 e 48 h.</p> | Composição centesimal, solubilidade proteica, acidez lipídica, perfil de ácidos graxos, compostos fenólicos totais, atividade antioxidante, carotenoides totais, tocoferóis individuais e GABA | <p>Reduziu o conteúdo de carotenoides e tocoferóis;</p> <p>Não alterou o perfil dos ácidos graxos insaturados;</p> <p>Aumentou conteúdo de GABA (6,42–245,76 mg/ 100g);</p> <p>Aumentou o teor de proteína após 24 h de germinação, com maior valor observado em 48 h (24,46%);</p> <p>A solubilidade proteica foi maior às 24, 36 e 48h nas sementes germinadas quando comparada à dos grãos não germinados com maior valor observado às 24 h de germinação;</p> <p>Aumentou em 20,10% (36 h) e 19,05% (48 h) os níveis de compostos fenólicos livres, 30,41% (36 h) e 38,85% (48 h) os níveis de taninos totais, e 71,23% (36 h) e 67,66% (48 h) a atividade antioxidante ABTS;</p> <p>Reduziu os compostos fenólicos ligados em 17,90% (12 h) e 45,95% (24 h), seguido de aumento de 6,0% (36 h) e 31,9% (48 h).</p> | Ferreira <i>et al.</i> (2019)  |

A partir da revisão dos estudos na Tabela 3, é possível observar que há tendência de aumento de diversos compostos secundários. Em primeiro lugar, é importante destacar o impacto da germinação no teor de compostos fenólicos, apontado em diferentes estudos. A germinação aumentou os compostos fenólicos, em diferentes sementes estudadas, quais sejam: milho, arroz vermelho, trigo, milheto, quinoa, feno-grego, amendoim, soja, feijão de arroz, feijão-vermelho, feijão-comum, kiwicha, milho-roxo, cevada, arroz-silvestre chinês, feijão-mungo e grão de bico (ABAS e NAGUIB 2019; ALKALTHAM *et al.*, 2020; CHINMA *et al.* 2021; CHU *et al.*, 2019; DUEÑAS *et al.* 2015; FERREIRA *et al.*, 2019; GONG *et al.*, 2018; ISLAM *et al.*, 2021; LAZO-VÉLEZ *et al.*, 2018; MARTÍNEZ *et al.*, 2021; MÜLLER *et al.*, 2021; PAUCAR-MENACHO *et al.*, 2017; QUINHONE JÚNIOR e IDA 2015; UJIROGHENE *et al.* 2019; YANG *et al.*, 2021; ).

Os principais compostos fenólicos identificados nestes estudos foram: ácidos fenólicos livres, como o cafeico, cumárico, ferúlico e miricetina; flavonoides e isoflavonas. O elevado teor de compostos fenólicos confere aos brotos as propriedades funcionais mencionadas, tais como: propriedades anti-inflamatórias, anti-cancerígenas, hipercolesterolêmica, hipolipemiante e hipoglicêmica. Nos diferentes estudos, foram destacados também o aumento da capacidade antioxidante dos brotos, demonstrando que sementes germinadas podem ter melhores propriedades de promoção da saúde em termos de fontes antioxidantes dietéticas, em comparação com suas respectivas sementes não germinados.

Outro importante fitoquímico relatado foi o GABA, um dos principais aminoácidos livres, que é composto por quatro carbonos, e considerado um calmante natural por inibir a estimulação cerebral excessiva e auxiliar no relaxamento das tensões musculares (BARANZELLI *et al.*, 2018). O acúmulo de GABA foi abordado nos estudos de germinação de Kiwicha (63 h), milho roxo (63 h), cevada (96 h), arroz chinês (120 h) e grão-de-bico (48 h) (CHU *et al.*, 2019; FERREIRA *et al.*, 2019; PAUCO-MENACHO *et al.*, 2017 ab; ISLAM *et al.*, 2021).

É importante frisar, também, o enriquecimento do teor de vitaminas do complexo B destacado nos estudos de germinação de leguminosas. Brotos de feijão, após germinação por 24 h obtiveram elevado teor de vitaminas do complexo B, sendo elas: tiamina, riboflavina e niacina (STRITONGTAE *et al.*, 2017). Nos estudos de germinação de lentilha marrom, feijão branco e feijão fradinho foram relatados

aumento do conteúdo de folato, também conhecido como Vitamina B9 (Sallan *et al.*, 2021)

Se por um lado a germinação possibilita o acúmulo de compostos secundários, por outro lado, é possível observar, em alguns dos estudos apresentados, a redução do teor de macromoléculas. No processo de germinação, as enzimas podem degradar os nutrientes de reserva, como proteínas, amido e polissacarídeos não amiláceos (NELSON *et al.*, 2013). No estudo de Yang *et al.* (2021), por exemplo, as sementes de trigo germinados por 6 h tiveram um decréscimo no teor de proteínas e amido em relação às sementes não germinadas. Comportamento semelhante foi também observado no estudo de Xu *et al.* (2019), em que o teor de lipídios reduziu após a germinação por 6 dias em grão de bico, lentilha e ervilha amarela; e no estudo de Islam *et al.* (2021), em que o teor de amido reduziu após a germinação de cevada.

Por fim, é importante salientar que a germinação também possibilita a redução de fatores antinutricionais dos brotos, o que ajuda a favorecer o melhor aproveitamento dos nutrientes dos alimentos germinados. A germinação diminuiu significativamente a atividade inibitória do ácido fítico em brotos de amendoim bambara (CHINMA *et al.*, 2021) e arroz nigeriano (CHINMA *et al.*, 2015). O ácido fítico é um composto antinutriente que pode impedir ou dificultar a absorção de nutrientes pelo sistema digestivo (CHINMA *et al.*, 2021).

## **7 PRODUTOS ALIMENTÍCIOS PROCESSADOS DESENVOLVIDOS À BASE DE GRÃOS GERMINADOS**

O consumo de grãos germinados cresce consideravelmente a cada ano. A busca dos consumidores por grãos germinados resultou no lançamento de novos alimentos e bebidas nos últimos anos. O lançamento de novos produtos com grãos germinados aumentou exponencialmente desde 2006, para todas as categorias de alimentos, destacando-se salgadinhos (22%), farinhas (19%) e produtos de panificação (15%) (PAGAND *et al.*, 2017). A tendência se refletiu principalmente nos mercados americano, europeu e australiano com marcas como *Food for Life Baking Co*, *Silver Hills Sprouted Bakery*, *Angelic Bakehouse* e *Spring Wholefoods* na categoria de panificação (PEÑARANDA *et al.*, 2021). Para a categoria de bebidas, países da Ásia, como a Índia, possuem produtos posicionados como *Heinz Power Sprouts®*, *Sprouvita®* e *Prana SproutedMalt Drink®* (PEÑARANDA *et al.*, 2021).

O processamento dos grãos para aplicação como ingrediente alimentar compreende algumas etapas, como: germinação, secagem, moagem para formação de farinha ou formação de outras granulações, incluindo farinhas grossas e flocos (FINNIE *et al.*, 2019). Enquanto o germe estiver intacto, qualquer um dos seguintes cereais ou pseudocereais pode ser germinado e incluído em várias aplicações alimentares: trigo, centeio, espelta, cevada, arroz, aveia, sorgo, milho, quinoa, trigo sarraceno e amaranto. As aplicações comuns podem incluir barras, cereais, granola, pão, tortilhas, massa congelada, doces, lanches, acompanhamentos, sopas e massas (FINNIE *et al.*, 2019). Na Tabela 4, são apresentados alguns alimentos produzidos à base de grãos germinados, com menção da contribuição destes grãos nas propriedades funcionais dos produtos elaborados.

Tabela 4: Alimentos elaborados com grãos germinados.

| <b>Alimento</b>   | <b>Grãos germinados utilizados</b> | <b>Aspectos nutricionais e/ou físico-químicos do alimento</b>   | <b>Análise sensorial</b>   | <b>Referências</b>                  |
|---|------------------------------------|---|--|-------------------------------------|
| <b>Cupcake à base de farinha de arroz germinada</b>                 | Arroz vermelho                     | A germinação enriqueceu o conteúdo de ácidos cafeico, cumárico, ferúlico e miricetina e GABA da farinha de arroz utilizada.   | Índice de aceitabilidade de 86,65%   | Müller <i>et al.</i> (2021)         |
| <b>Iogurte contendo chia e brotos de lentilha e feijão-fradinho</b> | Lentilha e feijão fradinho         | A adição dos grãos germinados aumentou o teor de proteínas do iogurte.  | iogurte contendo 3% de brotos foi pontuado em 3,47 na escala hedônica  | Eker e Karakaya (2020)              |
| <b>Iogurte contendo quinoa germinada</b>                            | Quinoa                             | A adição de quinoa germinada aumentou a capacidade antioxidante do iogurte.   | -  | Ujiroghene <i>et al.</i> (2019)     |
| <b>Pão de trigo com brotos de quinoa</b>                            | Quinoa                             | O uso de quinoa germinada melhorou a capacidade de fermentação (alto desenvolvimento da massa, produção de gás e retenção de gás) e as propriedades do pão (alto volume específico e baixa firmeza do miolo).   | -  | Suárez-Estrela <i>et al.</i> (2020) |
| <b>Cheesecake com pós de cevada germinada</b>                       | Cevada                             | Os pós de cevada germinada conferiram boa capacidade de impressão e estabilidade de textura do cheesecake impresso em 3D; e em comparação ao cheesecake sem os pós, apresentou maior atividade antioxidante e menor índice glicêmico.                       | -  | Park <i>et al.</i> (2022)           |
| <b>Bebida instantânea à base de brotos de leguminosas</b>           | Feijão azuki, soja e grão-de-bico  | Bebidas instantâneas ricas em melatonina, serotonina e triptofano livre.  | -  | Nontasan <i>et al.</i> (2022)       |
| <b>Snacks à base de brotos de moringa</b>                           | Moringa                            | A formulação com 18% de brotos de moringa aumentou significativamente o conteúdo de aminoácidos totais, o conteúdo relativo de ácidos graxos insaturados, GABA e glucosinolatos totais e individuais, bem como a atividade antioxidante dos <i>snacks</i> . | Textura e odor foram os atributos mais apreciados nas barras pelos provadores; o índice de aceitabilidade foi de 70% | Coello <i>et al.</i> (2022)         |

Tabela 4: Alimentos elaborados com grãos germinados. (*continuação*)

| <b>Alimento</b>   | <b>Grãos germinados utilizados</b> | <b>Aspectos nutricionais e/ou físico-químicos do alimento</b>   | <b>Análise sensorial</b>   | <b>Referências</b>                     |
|---|------------------------------------|---|--|--|
| <b>Iogurte com brotos de quinoa</b>   | Quinoa                             | Um total de 36 compostos fenólicos foram detectados em todas as formulações de iogurte de quinoa, sendo que os principais compostos fenólicos identificados foram os flavonoides (kaempferol e quercetina). | Índice de aceitabilidade de 67%  | Ujiroghene <i>et al.</i> (2019)        |
| <b>Fettuccine com brotos de moringa</b>   | Moringa                            | A adição de brotos de moringa elevou o teor de proteínas, lipídios, fibras e minerais; também aumentou os níveis de tiamina, riboflavina, GABA, glucosinolatos e a atividade antioxidante em massas.        | A incorporação de até 10% de brotos não modificou substancialmente os atributos sensoriais do fettuccine, mas quantidades maiores tiveram um impacto negativo. | Coello <i>et al.</i> (2021)            |
| <b>Biscoitos de água enriquecidos com pão germinado de trigo ou cevada</b>  | Trigo e cevada                     | Os biscoitos de água enriquecidos apresentaram maior teor de carotenoides, tocois, compostos fenólicos e capacidade antioxidante do que os controles.   | -  | Hidalgo <i>et al.</i> (2019)           |
| <b>Pão sem glúten, à base de farinhas integrais (milho, arroz integral parboilizado e sorgo) com incorporação de milho germinado a 5%</b> | Milho                              | A incorporação de 5% de milho germinado aumentou a maciez da farinha de rosca; também melhorou a distribuição das células de ar impedindo sua integração.   | -  | Comettant-Rabanal <i>et al.</i> (2021) |

Fonte: A autora, 2022.

Os estudos revisados abordaram diferentes alimentos produzidos à base de grãos germinados. A incorporação dos grãos germinados, na elaboração de pães, impactou positivamente, não apenas, no conteúdo nutricional desses alimentos, como também melhorou algumas das suas propriedades, sendo elas: a capacidade de fermentação, estabilidade de textura, maciez, distribuição de células de ar e volume específico da massa (SUÁREZ-ESTRELA *et al.*, 2020; COMETTANT-RABANAL *et al.*, 2021).

É importante destacar também o uso de brotos de lentilha, feijão e quinoa, como ingredientes que elevaram o teor de proteínas e a capacidade antioxidante de diferentes iogurtes (EKER; KARAKAYA 2020; UJIROGHENE *et al.* (2019); e a incorporação da cevada germinada em *cheesecake* e biscoitos (PARK *et al.*, 2022; HIDALGO *et al.*, 2019). No primeiro, a cevada aumentou a atividade antioxidante e diminuiu índice glicêmico, já nos últimos, elevou a capacidade antioxidante e o teor de carotenoides, tocois e de compostos fenólicos.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão reuniu as principais publicações, recentes, acerca da germinação de sementes e fornece subsídio para os pesquisadores do ramo compreenderem o cenário atual dos aspectos tecnológicos, nutricionais e sanitários envolvidos na produção de diferentes brotos. Com o processo de germinação de sementes é possível a obtenção de grãos germinados, bem como de brotos e do malte. Dentro dos tipos de semente utilizados para a produção de brotos, trinta e três espécies foram caracterizadas quanto ao aspecto nutricional, oriundas de cereais, pseudocereais, leguminosas, oleaginosas e hortaliças. No geral, os brotos são ricos em compostos bioativos e são considerados alimentos funcionais importantes para a prevenção das doenças relacionadas ao estilo de vida. O elevado conteúdo de compostos nutricionais advém da prática da germinação controlada. A partir da revisão dos trabalhos, foi possível observar que as condições ambientais (temperatura, luz e umidade) e a duração do processo de germinação são variáveis que podem influenciar as características nutricionais dos brotos. Após a germinação, ocorre o aumento nos teores de compostos fenólicos, flavonoides, GABA, vitaminas do complexo B, bem como a capacidade antioxidante, além da redução de antinutrientes presentes nas

sementes. Se por um lado a germinação possibilita o acúmulo de compostos secundários, por outro lado, foi possível observar, nos estudos apresentados, a redução do teor de macromoléculas, já que enzimas podem degradar os nutrientes de reserva, como proteínas, amido e polissacarídeos não amiláceos. Porém esta redução não gera um impacto nutricional negativo significativo quando observamos o ganho em micronutrientes e compostos bioativos. Apesar de serem considerados saudáveis, os brotos e as sementes requerem a prática da sanitização, para garantir a segurança microbiológica aos consumidores, sendo que diferentes tratamentos emergentes foram demonstrados como eficientes para eliminação de agentes patogênicos. Os estudos abordados revelaram que grãos germinados possuem melhores propriedades de promoção da saúde, em comparação com suas respectivas sementes não germinadas e podem servir, ainda, como ingredientes interessantes na produção de alimentos com propriedades funcionais, agregando valor aos alimentos processados.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAS, A. M.; NAGUIB, D. M. Effect of germination on anticancer activity of *Trigonella foenum* seeds extract. **Biocatalysis And Agricultural Biotechnology**, v. 18, p. 101067, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101067>.

ABDEL-ATY, A. M.; SALAMA, W. H.; FAHMY, A. S.; MOHAMED, S. A. Impact of germination on antioxidant capacity of garden cress: new calculation for determination of total antioxidant activity. **Scientia Horticulturae**, v. 246, p. 155-160, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.062>.

ABELLÁN, Á.; DOMÍNGUEZ-PERLES, R.; MORENO, D.; GARCÍA-VIGUERA, C. Sorting out the Value of Cruciferous Sprouts as Sources of Bioactive Compounds for Nutrition and Health. **Nutrients**, v. 11, n. 2, p. 429, 19 fev. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/nu11020429>.

ALKALTHAM, M. S.; SALAMATULLAH, A. M.; ÖZCAN, M. M.; USLU, N.; HAYAT, K. The effects of germination and heating on bioactive properties, phenolic compounds and mineral contents of green gram seeds. **Lwt**, v. 134, p. 110106, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110106>.

ALMUHAYAWI, M. S.; HASSAN, A. H.A.; ABDEL-MAWGOUD, M.; KHAMIS, G.; SELIM, S.; JAOUNI, S. K. Al; ABDELGAWAD, H. Laser light as a promising approach to improve the nutritional value, antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of flavonoid-rich buckwheat sprouts. **Food Chemistry**, v. 345, p. 128788, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128788>.

ALVAREZ-JUBETE, L.; WIJNGAARD, H.; ARENDT, E.K.; GALLAGHER, E. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 770-778, 15 mar. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.032>

AMPOFO, J. O.; NGADI, M. I. Ultrasonic assisted phenolic elicitation and antioxidant potential of common bean (*Phaseolus vulgaris*) sprouts. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 64, p. 104974, jun. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.104974>.

AMPOFO, J. O.; NGADI, M. Stimulation of the phenylpropanoid pathway and antioxidant capacities by biotic and abiotic elicitation strategies in common bean (*Phaseolus vulgaris*) sprouts. **Process Biochemistry**, v. 100, p. 98-106, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2020.09.027>.

APARICIO-GARCÍA, N., et al. Sprouted Oat as a Potential Gluten-Free Ingredient with Enhanced Nutritional and Bioactive Properties". **Food Chemistry**, vol. 338, fevereiro de 2021, p. 127972. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127972>.

BAENAS, N.; GÓMEZ-JODAR, I.; MORENO, D. A.; GARCÍA-VIGUERA, C.; PERIAGO, P. M. Broccoli and radish sprouts are safe and rich in bioactive phytochemicals. **Postharvest Biology And Technology**, v. 127, p. 60-67, maio 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.01.010>.

BALASUBRAMANIAM, V.M.; MARTÍNEZ-MONTEAGUDO, Sergio I.; GUPTA, Rockendra. Principles and Application of High Pressure–Based Technologies in the Food Industry. **Annual Review Of Food Science And Technology**, v. 6, n. 1, p. 435-462, 10 abr. 2015. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-food-022814-015539>.

BALKHYOUR, M. A.; TAMMAR, A. M.; SUMMAN, A. S.; HASSAN, A. H. A. Enhancing biomass and productivity of coumarins and essential oil in ajwain (*Trachyspermum ammi*) sprouts via laser light treatment. **Industrial Crops And Products**, v. 170, p. 113837, out. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113837>.

BARBA, F. J.; POOJARY, M. M.; WANG, J.; OLSEN, K.; ORLIEN, V. Effect of high pressure processing and storage on the free amino acids in seedlings of Brussels sprouts. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 41, p. 188-192, jun. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2017.03.004>.

BELLO, C.; MALDINI, M.; BAIMA, S.; SCACCINI, C.; NATELLA, F. Glucoraphanin and sulforaphane evolution during juice preparation from broccoli sprouts. **Food Chemistry**, v. 268, p. 249-256, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.089>.

BEUTIN, L.; MARTIN, A. Outbreak of Shiga Toxin–Producing *Escherichia coli* (STEC) O104: h4 infection in germany causes a paradigm shift with regard to human pathogenicity of stec strains. **Journal Of Food Protection**, v. 75, n. 2, p. 408-418, 1

fev. 2012. International Association for Food Protection. <http://dx.doi.org/10.4315/0362-028x.ifp-11-452>.

BEWLEY, J. D. Seed Germination and Dormancy. **The Plant Cell**, julho de 1997, p. 1055–66. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055>.

BUDRYN, G.; KLEWICKA, E.; GRZELCZYK, J.; GAŁĄZKA-CZARNECKA, I.; MOSTOWSKI, R. Lactic acid fermentation of legume seed sprouts as a method of increasing the content of isoflavones and reducing microbial contamination. **Food Chemistry**, v. 285, p. 478-484, jul. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.178>.

CECCARONI, D.; ALFEO, V.; BRAVI, EI.; SILEONI, V.; PERRETTI, G.; MARCONI, O. Effect of the time and temperature of germination on the phenolic compounds of *Triticum aestivum*, L. and *Panicum miliaceum*, L. **Lwt**, v. 127, p. 109396, jun. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109396>.

CHEN, L.; ZHANG, H.; LIU, Q.; PANG, X.; ZHAO, X.; YANG, H. Sanitising efficacy of lactic acid combined with low-concentration sodium hypochlorite on *Listeria innocua* in organic broccoli sprouts. **International Journal Of Food Microbiology**, v. 295, p. 41-48, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.02.014>.

CHINMA, C. E.; ABU, J. O.; ASIKWE, B. N.; SUNDAY, T.; ADEBO, O. A. Effect of germination on the physicochemical, nutritional, functional, thermal properties and in vitro digestibility of Bambara groundnut flours. **Lwt**, v. 140, p. 110749, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110749>

CHINMA, C. E.; ANUONYE, J. C.; SIMON, O. C.; OHIARE, R. O.; DANBABA, N. Effect of germination on the physicochemical and antioxidant characteristics of rice flour from three rice varieties from Nigeria. **Food Chemistry**, v. 185, p. 454-458, out. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.010>.

CHIU, K. Y.; SUNG, J. M. Use of ultrasonication to enhance pea seed germination and microbial quality of pea sprouts. **International Journal Of Food Science & Technology**, v. 49, n. 7, p. 1699-1706, 30 dez. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12476>.

CHIU, Kai Ying. Ultrasonication-enhanced microbial safety of sprouts produced from selected crop species. **Journal Of Applied Botany And Food Quality**, Peetow, v. 2015, n. 88, p. 120-126, jan. 2015. 10.5073/JABFQ.2015.088.017

CHU, C.; YAN, N.; DU, Y.; LIU, X.; CHU, M.; SHI, J.; ZHANG, H.; LIU, Y.; ZHANG, Z. ITRAQ-based proteomic analysis reveals the accumulation of bioactive compounds in Chinese wild rice (*Zizania latifolia*) during germination. **Food Chemistry**, v. 289, p. 635-644, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.092>.

CHUNGCHAROEN, T.; PRACHAYAWARAKORN, S.; TUNGTRAKUL, P.; SOPONRONNARIT, S. Effects of Germination Process and Drying Temperature on Gamma-Aminobutyric Acid (GABA) and Starch Digestibility of Germinated Brown Rice. **Drying Technology**, v. 32, p. 742-753, 2014.

COELLO, K. E., et al. Manufacture of Healthy Snack Bars Supplemented with Moringa Sprout Powder. **LWT**, vol. 154, janeiro de 2022, p. 112828. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112828>.

COELLO, K. E., et al. Pasta Products Enriched with Moringa Sprout Powder as Nutritive Dense Foods with Bioactive Potential. **Food Chemistry**, vol. 360, outubro de 2021, p. 130032. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130032>.

COMETTANT-RABANAL, R., et al. Extruded Whole Grain Flours and Sprout Millet as Functional Ingredients for Gluten-Free Bread. **LWT**, vol. 150, outubro de 2021, p. 112042. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112042>.

CHO, D. H. ; LIM, S.T.. **Germinated brown rice and its bio-functional compounds**. Food Chem., 196 (2016), pp. 259-271

DANISOVA, C., HOLOTNAKOVA, E., HOZOVA, B., and BUCHTOVA, V. Effect of germination on a range of nutrients of selected grains and legumes. **Acta Alimentaria**, v.23, p. 287–298, 1994.

DING, H.; FU, T.; SMITH, M. A. Microbial Contamination in Sprouts: how effective is seed disinfection treatment. **Journal Of Food Science**, v. 78, n. 4, p. 495-501, 6 mar. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.12064>.

DING, J.; FENG, H. Controlled germination for enhancing the nutritional value of sprouted grains. **Sprouted Grains**, p. 91-112, 2019. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-811525-1.00005-1>.

DING, J.; FENG, H. Controlled germination for enhancing the nutritional value of sprouted grains. H. Feng, B. Nemzer, J.W. DeVries (Eds.), **Sprouted Grains**, AACC International Press (2019), pp. 91-112, [10.1016/B978-0-12-811525-1.00005-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811525-1.00005-1)

DUEÑAS, M.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C.; LIMÓN, R. I.; PEÑAS, E.; FRIAS, J. Effect of germination and elicitation on phenolic composition and bioactivity of kidney beans. **Food Research International**, v. 70, p. 55-63, abr. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.018>.

DULCE-MARÍA, D., et al. Isoflavones from Black Chickpea (*Cicer Arietinum* L) Sprouts with Antioxidant and Antiproliferative Activity. **Saudi Journal of Biological Sciences**, vol. 28, no 1, janeiro de 2021, p. 1141–46. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.048>.

EKER, M. E.; KARAKAYA, S. Influence of the Addition of Chia Seeds and Germinated Seeds and Sprouts on the Nutritional and Beneficial Properties of Yogurt. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, vol. 22, dezembro de 2020, p. 100276. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100276>.

FERREIRA, C. D.; BUBOLZ, V. K.; SILVA, J.; DITTGEN, C. L.; ZIEGLER, V.; RAPHAELLI, C. O.; OLIVEIRA, M. Changes in the chemical composition and bioactive compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.) fortified by germination. **Lwt**, v. 111, p. 363-369, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.049>.

FINNIE, S.; BROVELLI, V.; NELSON, D. Sprouted grains as a food ingredient **Sprouted Grains**. Elsevier, 2019, pp. 113-142, [10.1016/B978-0-12-811525-1.00006-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811525-1.00006-3)

FIUTAK, G.; MICHALCZYK, M. Effect of artificial light source on pigments, thiocyanates and ascorbic acid content in kale sprouts (*Brassica oleracea* L. var. *Sabellica* L.). **Food Chemistry**, v. 330, p. 127189, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127189>.

FOUZIA, S.; HUSSAIN, P. R.; ABEEDA, M.; FAHEEMA, M.; MONICA, R. Potential of low dose irradiation to maintain storage quality and ensure safety of garlic sprouts. **Radiation Physics And Chemistry**, v. 189, p. 109725, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109725>.

GAN, R., et al. Pigmented Edible Bean Coats as Natural Sources of Polyphenols with Antioxidant and Antibacterial Effects. **LWT**, vol. 73, novembro de 2016, p. 168–77. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.012>.

GONG, K.; CHEN, L.; LI, X.; SUN, L.; LIU, K. Effects of germination combined with extrusion on the nutritional composition, functional properties and polyphenol profile and related in vitro hypoglycemic effect of whole grain corn. **Journal Of Cereal Science**, v. 83, p. 1-8, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2018.07.002>.

GOYAL, A.; SIDDIQUI, S.; UPADHYAY, N.; SONI, J. Effects of ultraviolet irradiation, pulsed electric field, hot water and ethanol vapours treatment on functional properties of mung bean sprouts. **Journal Of Food Science And Technology**, v. 51, n. 4, p. 708-714, 4 out. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-011-0538-2>.

GUAJARDO-FLORES, D.; GARCÍA-PATIÑO, M.; SERNA-GUERRERO, D.; GUTIÉRREZ-URIBE, J.A.; SERNA-SALDÍVAR, S.O. Characterization and quantification of saponins and flavonoids in sprouts, seed coats and cotyledons of germinated black beans. **Food Chemistry**, v. 134, n. 3, p. 1312-1319, out. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.020>.

HIDALGO, A., et al. Antioxidant Properties and Heat Damage of Water Biscuits Enriched with Sprouted Wheat and Barley. **LWT**, vol. 114, novembro de 2019, p. 108423. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108423>.

IACUMIN, L.; COMI, G. Microbial quality of raw and ready-to-eat mung bean sprouts produced in Italy. **Food Microbiology**, v. 82, p. 371-377, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2019.03.014>.

IDEHEN, E., et al. Bioactive Phytochemicals in Barley. **Journal of Food and Drug Analysis**, vol. 25, no 1, janeiro de 2017, p. 148–61. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.08.002>.

ISLAM, M. Z.; AN, H.; KANG, S.; LEE, Y. Physicochemical and bioactive properties of a high  $\beta$ -glucan barley variety 'Betaone' affected by germination

processing. **International Journal Of Biological Macromolecules**, v. 177, p. 129-134, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.02.053>.

ISSA-ZACHARIA, A.; KAMITANI, Y.; MIWA, N.; MUHIMBULA, H.; IWASAKI, K. Application of slightly acidic electrolyzed water as a potential non-thermal food sanitizer for decontamination of fresh ready-to-eat vegetables and sprouts. **Food Control**, v. 22, n. 3-4, p. 601-607, mar. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.10.011>.

ITOH, T.; KOBAYASHI, M.; HORIO, F.; FURUICHI, Y. Hypoglycemic effect of hot-water extract of adzuki (*Vigna angularis*) in spontaneously diabetic KK-Ay mice. **Nutrition**, v. 25, n. 2, p. 134-141, fev. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2008.08.001>.

NELSON, K., M.L. Mathai, J.F. Ashton, O.N. Donkor, T. Vasiljevic, R. Mamilla. Effects of malted and non-malted whole-grain wheat on metabolic and inflammatory biomarkers in overweight/obese adults: a randomised crossover pilot study. **Food Chem.**, 194 (2016), pp. 495-502

KANETRO, B. Hypocholesterolemic Properties of Protein Isolate from Cowpeas (*Vigna Unguiculata*) Sprout in Normal and Diabetic Rats. **Procedia Food Science**, vol. 3, 2015, p. 112–18. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.011>.

KIM, H. Jung; FENG, H.; KUSHAD, M. M.; FAN, X. Effects of Ultrasound, Irradiation, and Acidic Electrolyzed Water on Germination of Alfalfa and Broccoli Seeds and *Escherichia coli* O157: h7. **Journal Of Food Science**, v. 71, n. 6, p. 168-173, ago. 2006. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00064.x>.

KIM, H.; Kim, Y.J.; Park, Y.J.; Kim, S.J.; Kim, C.; Park, S.U. Transcriptome analysis and metabolic profiling of green and red kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) seedlings. *Food Chem.* 2018, 241, 7–13.

KIM, S. H.; R., M. S. Environment-friendly mild heat and relative humidity treatment protects sprout seeds (radish, mung bean, mustard, and alfalfa) against various foodborne pathogens. **Food Control**, v. 93, p. 17-22, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.05.035>.

KUMAR, S.; GAUTAM, S. A combination process to ensure microbiological safety, extend storage life and reduce anti-nutritional factors in legume sprouts. **Food Bioscience**, v. 27, p. 18-29, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2018.11.005>.

LAZO-VÉLEZ, M. A.; GUARDADO-FÉLIX, D.; AVILÉS-GONZÁLEZ, J.; ROMO-LÓPEZ, I.; SERNA-SALDÍVAR, S. O. Effect of germination with sodium selenite on the isoflavones and cellular antioxidant activity of soybean (*Glycine max*). **Lwt**, v. 93, p. 64-70, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.060>.

LE, L.; GONG, X.; AN, Q; XIANG, D.; ZOU, L.; PENG, L.; WU, X.; TAN, M.; NIE, Z.; WU, Qi. Quinoa sprouts as potential vegetable source: nutrient composition and

functional contents of different quinoa sprout varieties. **Food Chemistry**, v. 357, p. 129752, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129752>.

LEE, A.; YU, Y.; HSIEH, J.; KUO, M.; MA, Y.; LU, C. Effect of germination on composition profiling and antioxidant activity of the polysaccharide-protein conjugate in black soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **International Journal Of Biological Macromolecules**, v. 113, p. 601-606, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.02.145>.

LEMMENS, Elien; MORONI, Alice V.; PAGAND, Jennifer; HEIRBAUT, Pieter; RITALA, Anneli; KARLEN, Yann; Lê, Kim-Anne; BROECK, Hetty C. Den; BROUNS, Fred J.P.H.; BRIER, Niels. Impact of Cereal Seed Sprouting on Its Nutritional and Technological Properties: a critical review. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 305-329, 12 dez. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1541-4337.12414>.

LI, R.; ZHU, Y. The primary active components, antioxidant properties, and differential metabolite profiles of radish sprouts (*Raphanus sativus* L.) upon domestic storage: Analysis of nutritional quality. *J. Sci. Food Agric.* 2018, 98, 5853–5860.

LIU, B.; GUO, X.; ZHU, K.; LIU, Y. Nutritional evaluation and antioxidant activity of sesame sprouts. **Food Chemistry**, v. 129, n. 3, p. 799-803, dez. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.024>.

LIU, H.; CHEN, Y.; HU, T.; ZHANG, S.; ZHANG, Y.; ZHAO, T.; YU, H.; KANG, Y. The influence of light-emitting diodes on the phenolic compounds and antioxidant activities in pea sprouts. **Journal Of Functional Foods**, v. 25, p. 459-465, ago. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2016.06.028>.

LIU, H.; LI, Z.; ZHANG, X.; LIU, Y.; HU, J.; YANG, C.; ZHAO, X. The effects of ultrasound on the growth, nutritional quality and microbiological quality of sprouts. **Trends In Food Science & Technology**, v. 111, p. 292-300, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.065>

IOLA, I.; BOK, V. V.; PINTERIĆ, M.; AUER, S.; LUDWIG-MÜLLER, J.; RUSAK, G. Improving the phytochemical profile and bioactivity of Chinese cabbage sprouts by interspecific transfer of metabolites. **Food Research International**, v. 137, p. 109726, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109726>.

LÓPEZ-CHILLÓN, M. T.; CARAZO-DÍAZ, C.; PRIETO-MERINO, D.; ZAFRILLA, P.; MORENO, D. A.; V., Débora. Effects of long-term consumption of broccoli sprouts on inflammatory markers in overweight subjects. **Clinical Nutrition**, v. 38, n. 2, p. 745-752, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2018.03.006>.

M. YUAN, X. JIA, C. DING, H. ZENG, L. DU, S. YUAN, *et al.* Effect of fluorescence light on phenolic compounds and antioxidant activities of soybeans (*Glycine max* L. Merrill) during germination. **Food Science and Biotechnology**, 24 (2015), pp. 1859-1865

MALDANER, V., et al. Effects of Intermittent Drying on Physicochemical and Morphological Quality of Rice and Endosperm of Milled Brown Rice. **LWT**, vol. 152, dezembro de 2021, p. 112334. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112334>.

MARENCO, M., et al. Molecular Features of Fermented and Sprouted Sorghum Flours Relate to Their Suitability as Components of Enriched Gluten-Free Pasta. **LWT - Food Science and Technology**, vol. 63, no 1, setembro de 2015, p. 511–18. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.070>.

MARENCO, M., et al. Molecular Features of Fermented and Sprouted Sorghum Flours Relate to Their Suitability as Components of Enriched Gluten-Free Pasta. **LWT - Food Science and Technology**, vol. 63, no 1, setembro de 2015, p. 511–18. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.070>.

MARTÍNEZ, J. E. B.; CONCHA, D. R. M.; VELÁZQUEZ, T. G. G.; MARTÍNEZ, C. J.; RUIZ, J. C. R. Anti-inflammatory properties of phenolic extracts from *Phaseolus vulgaris* and *Pisum sativum* during germination. **Food Bioscience**, v. 42, p. 101067, ago. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101067>.

MARTINEZ-VILLALUENGA, C.; PEÑAS, E.; CISKA, E.; PISKULA, M. K.; KOZLOWSKA, H.; VIDAL-VALVERDE, C.; FRIAS, J. Time dependence of bioactive compounds and antioxidant capacity during germination of different cultivars of broccoli and radish seeds. **Food Chemistry**, v. 120, n. 3, p. 710-716, jun. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.067>.

MARTÍNEZ-ZAMORA, L.; CASTILLEJO, N.; GÓMEZ, P. A.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Amelioration Effect of LED Lighting in the Bioactive Compounds Synthesis during Carrot Sprouting. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 304, 9 fev. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy11020304>.

MATTUCCI, S. **Sprouted grains add nutrition and new flavors to products**. 2015. Retrieved from <http://www.mintel.com>

MEREDITH, P.; POMERANZ, Y. Sprouted grain. In: POMERANZ, Y. (Ed.). **Advances in cereal science and technology**. Saint Paul: A.A.C.C, 1985. v. 7, p. 239-320.

METIVIER, J. R. Dormência e germinação. In: FERRI, M. G., (Coord.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1979. v. 2, p. 343-392.

MIYAHIRA, R. F.; ANTUNES, A. E. C. Bacteriological safety of sprouts: a brief review. **International Journal Of Food Microbiology**, v. 352, p. 109266, ago. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109266>.

MOHAMMAD, Z.; KALBASI-ASHTARI, A.; RISKOWSKI, G.; CASTILLO, A. Reduction of Salmonella and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* on alfalfa seeds and sprouts using an ozone generating system. **International Journal Of Food Microbiology**, v. 289, p. 57-63, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.023>.

MUJORIYA, R. A study on wheat grass and its Nutritional value. **Food Science and Quality Management**. V. 2, 2011. Disponível em : <https://iiste.org/Journals/index.php/FSQM/article/view/1053/973>

MÜLLER, P.; HOFFMANN, J. F.; FERREIRA, C. D.; DIEHL, G. W.; ROSSI, R. C.; ZIEGLER, V. Effect of germination on nutritional and bioactive properties of red rice grains and its application in cupcake production. **International Journal Of Gastronomy And Food Science**, v. 25, p. 100379, out. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100379>.

MUÑOZ-INSA, A., et al. Malting Process Optimization of Spelt (Triticum Spelta L.) for the Brewing Process. **LWT - Food Science and Technology**, vol. 50, no 1, janeiro de 2013, p. 99–109. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.019>.

MUÑOZ-INSA, A., et al. Malting Process Optimization of Spelt (Triticum Spelta L.) for the Brewing Process. **LWT - Food Science and Technology**, vol. 50, no 1, janeiro de 2013, p. 99–109. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.019>.

NAGHDI BADI, Hassanali, et al. Exogenous Arginine Improved Fenugreek Sprouts Growth and Trigonelline Production under Salinity Condition. **Industrial Crops and Products**, vol. 122, outubro de 2018, p. 609–16. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.042>.

NELSON, K., et al. Germinated Grains: A Superior Whole Grain Functional Food? **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, vol. 91, no 6, junho de 2013, p. 429–41. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1139/cjpp-2012-0351>.

NGNITCHO, P. K.; KHAN, I.; TANGO, C. N.; HUSSAIN, M. S.; OH, D. H. Inactivation of bacterial pathogens on lettuce, sprouts, and spinach using hurdle technology. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 43, p. 68-76, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2017.07.033>.

NONTASAN, S., et al. Enhancement of the Concentration of Melatonin and Its Precursors in Legume Sprouts Germinated under Salinity Stress and Evaluation of the Feasibility of Using Legume Sprouts to Develop Melatonin-Rich Instant Beverage. **LWT**, vol. 159, abril de 2022, p. 113168. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113168>.

NOORI, N.; HAMED, H.; KARGOZARI, M.; SHOTORBANI, P. M. Investigation of potential prebiotic activity of rye sprout extract. **Food Bioscience**, v. 19, p. 121-127, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2017.07.001>

OMS, 2011 WHO (World Health Organization/Europe) **EHEC outbreak: increased cases in Germany** URL <https://www.euro.who.int/en/health-topics/communicable-diseases/pages/news/news/2011/06/ehec-outbreak-increase-in-cases-in-germany> (2011)

PARK, Y. E., et al. Rheological, Textural, and Functional Characteristics of 3D-Printed Cheesecake Containing Guava Leaf, Green Tea, and Barley Sprout Powders. **Food**

**Bioscience**, vol. 47, junho de 2022, p. 101634. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101634>.

PAŚKO, P.; BARTON, H.; ZAGRODZKI, P.; GORINSTEIN, S.; FOŁTA, M.; ZACHWIEJA, Z. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. **Food Chemistry**, v. 115, n. 3, p. 994-998, ago. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.037>.

PAUCAR-MENACHO, L. M.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C.; DUEÑAS, M.; FRIAS, J.; PEÑAS, E. Optimization of germination time and temperature to maximize the content of bioactive compounds and the antioxidant activity of purple corn (*Zea mays* L.) by response surface methodology. **Lwt - Food Science And Technology**, v. 76, p. 236-244, mar. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.064>.

PAUCAR-MENACHO, L. M.; PEÑAS, E.; DUEÑAS, M.; FRIAS, J.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C. Optimizing germination conditions to enhance the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) using response surface methodology. **Lwt - Food Science And Technology**, v. 76, p. 245-252, mar. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.038>.

PEÑARANDA, J. D., et al. Sprouted Grains in Product Development. Case Studies of Sprouted Wheat for Baking Flours and Fermented Beverages. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, vol. 25, outubro de 2021, p. 100375. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100375>

PEÑAS, E.; GÓMEZ, R.; FRÍAS, J.; VIDAL-VALVERDE, C. Application of high-pressure treatment on alfalfa (*Medicago sativa*) and mung bean (*Vigna radiata*) seeds to enhance the microbiological safety of their sprouts. **Food Control**, v. 19, n. 7, p. 698-705, jul. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.07.010>.

PENG, L.; ZOU, Liang; SU, Y.; FAN, Y.; ZHAO, G. Effects of light on growth, levels of anthocyanin, concentration of metabolites in *Fagopyrum tataricum* sprout cultures. **International Journal Of Food Science & Technology**, v. 50, n. 6, p. 1382-1389, 7 abr. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12780>.

PERRI, G.; CODA, R.; RIZZELLO, C. G.; CELANO, G.; AMPOLLINI, M.; GOBETTI, M.; ANGELIS, M; CALASSO, M. Sourdough fermentation of whole and sprouted lentil flours: in situ formation of dextran and effects on the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. **Food Chemistry**, v. 355, p. 129638, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129638>.

PIXABAY. **Sprouting wheat**. 2021. Disponível em: Pixabay. Acesso em: 07 out. 2021.

QUINHONE, A.; IDA, E.I. Profile of the contents of different forms of soybean isoflavones and the effect of germination time on these compounds and the physical parameters in soybean sprouts. **Food Chemistry**, v. 166, p. 173-178, jan. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.012>.

RAMAKRISHNA, R., et al. Phenolic Linked Anti-Hyperglycemic Bioactives of Barley (*Hordeum Vulgare* L.) Cultivars as Nutraceuticals Targeting Type 2 Diabetes.

**Industrial Crops and Products**, vol. 107, novembro de 2017, p. 509–17. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.03.033>.

RAO, H.; WANG, Q.; HAN, X.; HU, G.; ZHAO, D.; HAO, J. Quantitative proteomics reveals the mechanism of slightly acidic electrolyzed water-induced buckwheat sprouts growth and flavonoids enrichment. **Food Research International**, v. 148, p. 110634, out. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110634>.

RASERA, Gabriela Boscarol, et al. Free and Insoluble-Bound Phenolics: How Does the Variation of These Compounds Affect the Antioxidant Properties of Mustard Grains during Germination? **Food Research International**, vol. 133, julho de 2020, p. 109115. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109115>.

ROCHFORT, S., PANOZZO, J. Phytochemicals for Health, the Role of Pulses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, vol. 55, no 20, outubro de 2007, p. 7981–94. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1021/jf071704w>.

RUAN, Y.; CAI, Z.; DENG, Y.; PAN, D.; ZHOU, C.; CAO, J.; CHEN, X.; XIA, Q. An untargeted metabolomic insight into the high-pressure stress effect on the germination of wholegrain *Oryza sativa* L. **Food Research International**, v. 140, p. 109984, fev. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109984>.

RUI, L.; JIANXIONG, H.; HAIJIE, L.; LITE, L. Application of electrolyzed functional water on producing mung bean sprouts. **Food Control**, v. 22, n. 8, p. 1311-1315, ago. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.02.005>.

SALLAM, S. M.; SHAWKY, E.; SOHAFY, S. M. El. Determination of the effect of germination on the folate content of the seeds of some legumes using HPTLC-mass spectrometry-multivariate image analysis. **Food Chemistry**, v. 362, p. 130206, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130206>.

SCOTT, G.; RUPAR, M.; FLETCHER, A.G.D.; DICKINSON, M.; SHAMA, G. A comparison of low intensity UV-C and high intensity pulsed polychromatic sources as elicitors of hormesis in tomato fruit. **Postharvest Biology And Technology**, v. 125, p. 52-58, mar. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.10.012>.

SHARMA, B., et al. Effect of Incorporating Finger Millet in Wheat Flour on Mixolab Behavior, Chapatti Quality and Starch Digestibility. **Food Chemistry**, vol. 231, setembro de 2017, p. 156–64. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.118>.

SHARMA, B., GUJRAL, H. S.. Modifying the Dough Mixing Behavior, Protein & Starch Digestibility and Antinutritional Profile of Minor Millets by Sprouting. **International Journal of Biological Macromolecules**, vol. 153, junho de 2020, p. 962–70. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.225>.

SIKIN, A. M.; ZOELLNER, C.; RIZVI, S. S. H. Current Intervention Strategies for the Microbial Safety of Sprouts. **Journal Of Food Protection**, v. 76, n. 12, p. 2099-2123, 1 dez. 2013. International Association for Food Protection. <http://dx.doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-12-437>.

SILVA, Luís R., et al. Glycine Max (L.) Merr., Vigna Radiata L. and Medicago Sativa L. Sprouts: A Natural Source of Bioactive Compounds. *Food Research International*, vol. 50, no 1, janeiro de 2013, p. 167–75. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.10.025>.

ŠOLA, I., et al. Improving the Phytochemical Profile and Bioactivity of Chinese Cabbage Sprouts by Interspecific Transfer of Metabolites. **Food Research International**, vol. 137, novembro de 2020, p. 109726. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109726>.

SPAGNUOLO, M., et al. **Oleaginous Yeast for Biofuel and Oleochemical Production**. *Current Opinion in Biotechnology*, vol. 57, junho de 2019, p. 73–81. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.02.011>.

SRITONGTAE, B.; SANGSUKIAM, T.; MORGAN, M. R. A.; DUANGMAL, K. Effect of acid pretreatment and the germination period on the composition and antioxidant activity of rice bean (*Vigna umbellata*). **Food Chemistry**, v. 227, p. 280-288, jul. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.103>.

SUÁREZ-ESTRELLA, D., et al. Sprouting as a Pre-Processing for Producing Quinoa-Enriched Bread. **Journal of Cereal Science**, vol. 96, novembro de 2020, p. 103111. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103111>.

TANG, D., et al. A Review of Phytochemistry, Metabolite Changes, and Medicinal Uses of the Common Food Mung Bean and Its Sprouts (*Vigna Radiata*). **Chemistry Central Journal**, vol. 8, no 1, dezembro de 2014, p. 4. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-4>.

TAYLOR, J. R. N., et al. Increasing the Utilisation of Sorghum, Millets and Pseudocereals: Developments in the Science of Their Phenolic Phytochemicals, Biofortification and Protein Functionality. **Journal of Cereal Science**, vol. 59, no 3, maio de 2014, p. 257–75. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.10.009>.

TEIXEIRA-GUEDES, C. I., et al. Phenolic Rich Extracts from Cowpea Sprouts Decrease Cell Proliferation and Enhance 5-Fluorouracil Effect in Human Colorectal Cancer Cell Lines. **Journal of Functional Foods**, vol. 60, setembro de 2019, p. 103452. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103452>.

THAM D., G. CD, H. WL: Potenciais benefícios para a saúde de fitoestrogênios dietéticos: uma revisão das evidências clínicas, epidemiológicas e mecânicas. *J Clinical Endocrinology & Metabolism*. 1998, 83 (7): 2223-2235. <https://bmcchem.biomedcentral.com/articles/10.1186/1752-153X-8-4>

TSAI, H.; DENG, H.; TSAI, S.; HSU, Y. Bioactivity comparison of extracts from various parts of common and tartary buckwheats: evaluation of the antioxidant- and angiotensin-converting enzyme inhibitory activities. **Chemistry Central Journal**, v. 6, n. 1, p. 327-345, 1 ago. 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/1752-153x-6-78>.

TUAN, Pham Anh, et al. Molecular Mechanisms of Seed Germination. **Sprouted Grains**, Elsevier, 2019, p. 1–24. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811525-1.00001-4>.

UJIROGHENE, O. J.; LIU, L.; ZHANG, S.; LU, J.; ZHANG, C.; LV, J.; PANG, X.; ZHANG, M. Antioxidant capacity of germinated quinoa-based yoghurt and concomitant effect of sprouting on its functional properties. **Lwt**, v. 116, p. 108592, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108592>.

United Nations. General Assembly. **Political declaration of the high-level meeting of the General Assembly on the prevention and control of non-communicable diseases**. 2011. [acessado em 27 jul. 2021]. Disponível em: [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/66/L.1](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/66/L.1)

USDA (United State Department of Agriculture). **USDA good agricultural practices and good handling practices audit verification checklist** URL. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/GAP-GHP-Audit-Users-Guide.pdf> (2011)

VÁZQUEZ-MANJARREZ, N., et al. Effect of a Dietary Intervention with Functional Foods on LDL-C Concentrations and Lipoprotein Subclasses in Overweight Subjects with Hypercholesterolemia: Results of a Controlled Trial. **Clinical Nutrition**, vol. 40, no 5, maio de 2021, p. 2527–34. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.02.048>.

WANG, J.; BARBA, F. J.; FRANDSEN, H. B.; SØRENSEN, S.; OLSEN, K.; SØRENSEN, J. C.; ORLIEN, V. The impact of high pressure on glucosinolate profile and myrosinase activity in seedlings from Brussels sprouts. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 38, p. 342-348, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2016.06.020>.

WANG, J.; BARBA, F. J.; SØRENSEN, J. C.; FRANDSEN, H. B.; SØRENSEN, S.; OLSEN, K.; ORLIEN, V. High pressure effects on myrosinase activity and glucosinolate preservation in seedlings of Brussels sprouts. **Food Chemistry**, v. 245, p. 1212-1217, abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.018>.

WANG, J.; BARBA, F. J.; SØRENSEN, J. C.; FRANDSEN, H. B.; SØRENSEN, S.; OLSEN, K.; ORLIEN, V. The role of water in the impact of high pressure on the myrosinase activity and glucosinolate content in seedlings from Brussels sprouts. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 58, p. 102208, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102208>.

WANG, Y.; CHEN, J.; WANG, D.; YE, F.; HE, Y.; HU, Z.; ZHAO, G. A systematic review on the composition, storage, processing of bamboo shoots: focusing the nutritional and functional benefits. **Journal Of Functional Foods**, v. 71, p. 104015, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2020.104015>.

WATANABE, Y.; OZASA, K.; MERMIN, J. H.; GRIFFIN, P. M.; MASUDA, K.; IMASHUKU, S.; SAWADA, T. Factory Outbreak of Escherichia coli O157: h7 infection in Japan. **Emerging Infectious Diseases**, v. 5, n. 3, p. 424-428, Jun. 1999. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). <http://dx.doi.org/10.3201/eid0503.990313>.

WESTPHAL, A.; RIEDL, K. M.; COOPERSTONE, J. L.; KAMAT, S.; BALASUBRAMANIAM, V. M.; SCHWARTZ, S. J.; BÖHM, V. High-Pressure Processing of Broccoli Sprouts: influence on bioactivation of glucosinolates to isothiocyanates. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, v. 65, n. 39, p. 8578-8585, 20 set. 2017. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.7b01380>.

WHO (World Health Organisation). **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO Expert Consultation**. World Health Organisation, Geneva, Switzerland, 2003. [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42665/WHO\\_TRS\\_916.pdf;jsessionid=D633D03C2CE8197E4E371E74893C7A86?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42665/WHO_TRS_916.pdf;jsessionid=D633D03C2CE8197E4E371E74893C7A86?sequence=1)

WHO (World Health Organisation). **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO Expert Consultation**. World Health Organisation, Geneva, Switzerland, 2003. [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42665/WHO\\_TRS\\_916.pdf;jsessionid=D633D03C2CE8197E4E371E74893C7A86?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42665/WHO_TRS_916.pdf;jsessionid=D633D03C2CE8197E4E371E74893C7A86?sequence=1)

WHO (World Health Organization). **Global status report on noncommunicable diseases 2010**. World Health Organization, Geneva, 2011. [https://www.who.int/nmh/publications/ncd\\_report\\_full\\_en.pdf](https://www.who.int/nmh/publications/ncd_report_full_en.pdf)

WHO (World Health Organization). **WHO Global NCD Action Plan 2013-2020**. World Health Organization, Geneva, 2013. [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/94384/9789241506236\\_eng.pdf?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/94384/9789241506236_eng.pdf?sequence=1)

WU, Guangjie, et al. Antidiabetic Effects of Polysaccharide from Azuki Bean (*Vigna Angularis*) in Type 2 Diabetic Rats via Insulin/PI3K/AKT Signaling Pathway. **Food Hydrocolloids**, vol. 101, abril de 2020, p. 105456. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105456>.

XIA, Q.; MEI, J.; YU, W.; L., Y. High hydrostatic pressure treatments enhance volatile components of pre-germinated brown rice revealed by aromatic fingerprinting based on HS-SPME/GC-MS and chemometric methods. **Food Research International**, v. 91, p. 103-114, Jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.001>.

XIA, Q.; WANG, L.; L., Y. Exploring high hydrostatic pressure-mediated germination to enhance functionality and quality attributes of wholegrain brown rice. **Food Chemistry**, v. 249, p. 104-110, maio 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.007>.

XIANG, Q.; LIU, X.; LIU, S.; MA, Y.; XU, C.; BAI, Y. Effect of plasma-activated water on microbial quality and physicochemical characteristics of mung bean sprouts. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 52, p. 49-56, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2018.11.012>.

XU, M.; JIN, Z.; SIMSEK, S.; HALL, C.; RAO, J.; CHEN, B. Effect of germination on the chemical composition, thermal, pasting, and moisture sorption properties of flours from chickpea, lentil, and yellow pea. **Food Chemistry**, v. 295, p. 579-587, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.167>.

YANG, B.; YIN, Y.; LIU, C.; ZHAO, Z.; GUO, M. Effect of germination time on the compositional, functional and antioxidant properties of whole wheat malt and its end-use evaluation in cookie-making. **Food Chemistry**, v. 349, p. 129125, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129125>.

YANG, H.; GAO, J.; YANG, A.; CHEN, H. The ultrasound-treated soybean seeds improve edibility and nutritional quality of soybean sprouts. **Food Research International**, v. 77, p. 704-710, nov. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.011>.

YI, B., et al. Inhibition by Wheat Sprout (*Triticum Aestivum*) Juice of Bisphenol A-Induced Oxidative Stress in Young Women. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, vol. 724, no 1–2, setembro de 2011, p. 64–68. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2011.06.007>.

ZHANG, C., et al. Effects of Environment, Life-History and Phylogeny on Germination Strategy of 789 Angiosperms Species on the Eastern Tibetan Plateau. **Ecological Indicators**, vol. 129, outubro de 2021, p. 107974. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107974>.

ZHANG, C.; ZHANG, Y.; ZHAO, Z.; LIU, W.; CHEN, Y.; YANG, G.; XIA, X.; CAO, Y. The application of slightly acidic electrolyzed water in pea sprout production to ensure food safety, biological and nutritional quality of the sprout. **Food Control**, v. 104, p. 83-90, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.04.029>.

ZHANG, X.; BIAN, Z.; YUAN, X.; CHEN, X.; LU, C. A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens. **Trends In Food Science & Technology**, v. 99, p. 203-216, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.031>.

ZHOU, T.; WANG, P.; GU, Z.; MA, M.; YANG, R. Spermidine improves antioxidant activity and energy metabolism in mung bean sprouts. **Food Chemistry**, v. 309, p. 125759, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125759>.

ZLATEV, Z.S., LIDON, F.J.C., KAIMAKANOVA, M., 2012. Plant physiological responses to UV-B radiation. *Emirates J. Food Agric.* 24 (6), 481\_501.