



**INSTITUTO FEDERAL**

Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO SERTÃO PERNAMBUCANO**

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO  
(PROPIP)**

**CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL**

**PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM PÓS-COLHEITA DE  
PRODUTOS HORTIFRUTÍCOLAS**

**THIAGO PEREIRA DE PAIVA SILVA**

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE HORTALIÇAS  
BIOFORTIFICADAS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

**PETROLINA - PE**

**2023**

**THIAGO PEREIRA DE PAIVA SILVA**

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE HORTALIÇAS  
BIOFORTIFICADAS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Monografia apresentada ao curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Pós-colheita de Produtos Hortifrutícolas, ofertado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, como parte dos requisitos para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Roberto Remígio  
Florêncio  
Coorientadora: Ana Elisa Oliveira dos Santos

**PETROLINA - PE  
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

S586 Silva, Thiago Pereira de Paiva.

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE HORTALIÇAS BIOFORTIFICADAS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA / Thiago Pereira de Paiva Silva. - Petrolina, 2024.  
39 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Pós-colheita de Produtos Hortifrutícolas) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Roberto Remígio Florêncio.  
Coorientação: Dr<sup>a</sup>. Ana Elisa Oliveira dos Santos.

1. Pós-colheita. 2. BioFORT. 3. Agricultura funcional. 4. Fome oculta. 5. Hortifruti.  
I. Título.

CDD 631.56

---



---

## **INSTITUTO FEDERAL DO SERTÃO PERNAMBUCANO**

Autarquia criada pela Lei nº 11.892 de 29 de dezembro de 2008

### **PÓS GRADUAÇÃO LATO SENSU EM PÓS-COLHEITA DE PRODUTOS HORTIFRUTÍCOLAS**

---

A monografia “Qualidade pós-colheita de hortaliças biofortificadas: Revisão bibliográfica”, autoria de Thiago Pereira de Paiva Silva, foi submetida à Banca Examinadora, constituída pelo IF Sertão PE, como requisito parcial necessário à obtenção do título de Especialista em Pós-colheita de Produtos Hortifrutícolas, outorgado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – IF Sertão PE.

Aprovado em 21 de novembro de 2023.

#### **COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

Prof.a. Dr.a. Ana Elisa Oliveira dos Santos – IF Sertão PE  
(Presidente – Coorientadora)

---

Dr. Flávio Pereira da Mota Silveira – EAJ/UFRN  
(1º Examinador - Membro Externo)

---

Prof.a. Dr.a. Jane Oliveira Perez – IF Sertão PE  
(2ª Examinadora – Membro Interno)

---

Prof.a. Dr.a. Andrea Nunes Moreira de Carvalho – IF Sertão PE  
(3ª Examinadora – Membro Interno)

Aos meus pais, DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e às bênçãos a mim concedidas, pela minha saúde e à dos meus pais e a luz que guia minha vida.

Aos meus pais, Nazareno Pereira da Silva e Maria das Dores Leite de Paiva por toda a educação, amor, carinho, incentivo e apoio.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano pela oportunidade de cursar a Especialização em Pós-Colheita de Produtos Hortifrutícolas.

Aos professores do curso que contribuíram com a formação acadêmica.

Aos orientadores, Professor Dr. Roberto Remígio e Professora Dra. Ana Elisa pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca avaliadora pela disponibilidade e sugestões de melhoria no trabalho.

## RESUMO

A biofortificação, estratégia importante no combate à fome oculta, visa a melhoria da qualidade nutricional dos alimentos básicos denominada “agricultura funcional” pelo aumento dos teores biodisponíveis de vitaminas e nutrientes funcionais em produtos agrícolas a serem colhidos. A adoção dessa técnica tende a resultar em variedades com melhor produtividade, adaptadas ao contexto de mudanças climáticas e com melhores características nutricionais, sensoriais e de pós-colheita. Esta revisão bibliográfica teve como objetivo apresentar e discutir resultados da literatura sobre a qualidade pós-colheita em hortaliças biofortificadas. Os procedimentos metodológicos tiveram como base a Revisão Sistemática de Literatura, cujo levantamento das publicações mais relevantes acerca do assunto ocorreu através de artigos publicados em periódicos, dissertações, teses, livros, anais de congresso e monografias disponíveis em bases de dados como a Embrapa, Google Acadêmico e repositórios acadêmicos institucionais. Concluiu-se que os estudos que visam determinar o desempenho e a qualidade em hortaliças biofortificadas na pós-colheita são importantes visando a combinação dos caracteres de produtividade, qualidade nutricional, alta durabilidade e sustentabilidade. Os desafios são manter a qualidade e os níveis nutricionais do produto biofortificado pelo maior tempo possível, reduzir perdas no processamento, bem como proporcionar maior tempo de prateleira.

**Palavras-Chave:** BioFORT. Agricultura funcional. Fome oculta. Hortifruti.

## **ABSTRACT**

Biofortification, an important strategy in combating hidden hunger, aims to improve the nutritional quality of basic foods from so-called “functional agriculture” by increasing the bioavailable levels of vitamins and functional nutrients in agricultural products to be harvested. The adoption of this technique tends to result in varieties with better productivity, adapted to the context of climate change and with better nutritional, sensorial and post-harvest characteristics. This bibliographic review aimed to present and discuss results from the literature on post-harvest quality in biofortified vegetables. The methodological procedures were based on the Systematic Literature Review, whose survey of the most relevant publications on the subject occurred through articles published in periodicals, dissertations, theses, books, conference annals and monographs available in databases such as the Embrapa, Google Scholar and institutional academic repositories. It is concluded that studies that aim to determine the performance and quality of biofortified vegetables post-harvest are important, aiming to combine the characteristics of productivity, nutritional quality, high durability and sustainability. The challenges are to maintain the quality and nutritional levels of the biofortified product for as long as possible, reduce processing losses, as well as provide longer shelf life.

Keywords: BioFORT. Functional agriculture. Hidden hunger. Vegetables.



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	9
2 OBJETIVOS .....	10
2.1 Objetivo Geral .....	10
2.2 Objetivos Específicos .....	10
3 METODOLOGIA .....	10
4 REFERENCIAL TEÓRICO .....	11
4.1 Contextualização: Fome oculta .....	11
4.2 Breve histórico da biofortificação .....	12
4.3 Biofortificação .....	13
4.4 Pós-colheita de hortaliças .....	15
4.4.1 Hortaliças: conceito e classificação .....	15
4.4.2 Hortaliças: perdas pós-colheita .....	17
4.4.3 Pós-colheita: Respiração e maturação em hortaliças .....	18
4.4.4 Climatério .....	20
4.4.5 Tecnologias pós-colheita .....	21
4.5 Biofortificação de hortaliças .....	22
5 QUALIDADE PÓS-COLHEITA EM HORTALIÇAS BIOFORTIFICADAS .....	24
5.1 Batata-doce .....	25
5.2 Cebola .....	26
5.3 Tomate .....	27
5.4 Abóbora .....	28
5.5 Hortaliças-folhosas .....	28
6 CONCLUSÕES .....	31
REFERÊNCIAS .....	32

## 1 INTRODUÇÃO

Estimativas apontam que 1,3 bilhão de toneladas de alimentos são perdidos ou desperdiçados anualmente no planeta, configurando-se como um dos principais problemas enfrentados pela agricultura mundial, sobretudo no setor de hortifrúti (CEPEA, 2018). No Brasil, cerca de 30 a 45 % do total de hortaliças produzidos são perdidos (Henz, 2017).

Paralelo a essa realidade, milhares de pessoas se encontram em estado de insegurança alimentar, acometidas por desnutrição ocasionada pela fome oculta ou má nutrição. Entende-se por fome oculta, a carência silenciosa de nutrientes nos alimentos consumidos, especialmente, ferro (Fe), zinco (Zn), iodo (I) e vitamina A, essenciais ao bom desenvolvimento e funcionamento do corpo humano (DUARTE, 2021; VERGUTZ, 2016).

Como forma de atenuar o problema, diversas ações foram desenvolvidas ao longo dos anos. Como exemplo, cita-se o desenvolvimento da técnica de biofortificação, cujo enfoque visa aumentar os teores biodisponíveis de vitaminas e nutrientes funcionais em produtos agrícolas a serem colhidos. Essa estratégia tem se mostrado eficiente, sustentável e de boa aceitação por parte da população.

Em determinadas cultivares agrícolas, o melhoramento genético garantiu a elevação dos níveis de carotenoides, ferro e zinco — denominada biofortificação genética; já quando o método ocorre por aplicações de fertilizantes via solo, foliar ou pelo tratamento tópico de sementes, há a denominação de biofortificação agrônômica — sendo essa uma importante estratégia para complementar e garantir o sucesso dos programas de biofortificação genética (WHITE; BROADLEY, 2009).

O principal objetivo da biofortificação é a melhoria da qualidade nutricional dos alimentos básicos, aqueles consumidos diariamente pela população, por meio do aumento do teor de nutrientes em diferentes partes das plantas, como raízes, folhas e grãos. A ingestão de alimentos biofortificados pode manter teores adequados do nutriente no organismo humano (ALMEIDA et al., 2016).

No Brasil, destacam-se os estudos de biofortificação em culturas como abóbora, arroz, batata-doce, feijão, feijão-caupi, mandioca, milho e trigo (REDE BIOFORT, 2022), além de outros produtos da denominada “agricultura funcional” —

caracterizada pela produção de alimentos que oferecem não apenas funções nutricionais como também benefícios extras à saúde do consumidor (AEASP, 2022).

Contudo, ainda que satisfeitas as exigências de produtividade e a busca pela elevação nutricional em determinadas cultivares, um ponto crucial na produção de alimentos reside nas perdas dos produtos após a colheita. A adoção de técnicas apropriadas para preservação pós-colheita de produtos agrícolas é imprescindível para reduzir perdas e manter a qualidade e segurança de frutas e hortaliças (CAVALLARI; BRITO; LEITE, 2018).

Portanto, alinhando-se os objetivos da biofortificação e da ciência pós-colheita, os estudos que visam determinar o desempenho e a qualidade dos produtos biofortificados são importantes, considerando a redução de perdas e o maior tempo de prateleira, a fim de se atingir a combinação dos caracteres de produtividade, qualidade nutricional, alta durabilidade e sustentabilidade.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Revisar a literatura sobre a qualidade pós-colheita de hortaliças biofortificadas.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Referenciar dados existentes na literatura acerca da qualidade pós-colheita de hortaliças biofortificadas.
- ✓ Disponibilizar informações sobre a temática.

## **3 METODOLOGIA**

O presente trabalho é um modelo de Revisão Sistemática de Literatura, cujo intuito é criar a contextualização de um problema e analisar os possíveis métodos e técnicas encontradas na literatura.

A revisão bibliográfica abrange dados sobre a “Qualidade pós-colheita em hortaliças biofortificadas” e buscou analisar pesquisas disponíveis na literatura a fim de reunir informações relevantes sobre o tema.

A pesquisa foi viabilizada a partir da seleção de dados obtidos nas seguintes bases de dados: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Google Acadêmico e repositórios acadêmicos institucionais.

Com o objetivo de delimitar a busca, foram definidos os seguintes critérios de inclusão: artigos de todos os tipos publicados em revistas científicas, escritos nos idiomas português, inglês e espanhol, publicados desde o ano 2000 até 2023. Adotou-se ainda os seguintes descritores: “hortaliças biofortificadas”, “cultivares biofortificadas”, “biofortificação”, “biofortificação agrônômica”, “biofortificação genética” e “pós-colheita”.

Os dados foram selecionados, analisados e discutidos a fim de atender aos objetivos desta pesquisa.

## **4 REFERENCIAL TEÓRICO**

A discussão do tema está apresentada em subtópicos que tratam da contextualização, histórico e definição da biofortificação; a pós-colheita de hortaliças, apresentando desde o conceito e classificação de “hortaliça” aos conceitos relativos à “pós-colheita”. Por fim, apresenta alguns estudos com biofortificação de hortaliças.

### **4.1 Contextualização: Fome oculta**

Em período anterior ao desenvolvimento da agricultura, a alimentação humana baseava-se em uma dieta austera e diversa; dependia do estilo de vida nômade e ocorria com base na caça de animais, geralmente de pequeno porte, além da coleta de frutas, raízes e grãos nativos. Os alimentos eram variados, em decorrência da região que se encontravam e da época do ano. A dieta, embora nutritiva, somente era capaz de sustentar pequenos grupos. A partir da domesticação de espécies vegetais e do desenvolvimento da agricultura, entre 15 a 10 mil anos atrás, houve o incremento produtivo de alimentos, possibilitando o aumento populacional. Contudo, a dieta tornou-se mais monótona (FOLHA DE SÃO PAULO, 2023).

Nos dias atuais, principalmente em países em desenvolvimento, populações mais vulneráveis sofrem com a insegurança alimentar causada pela dificuldade de

acesso aos alimentos ou ainda pela sua baixa diversidade na dieta, o que ocasiona a falta de determinados nutrientes.

A fome oculta é a carência silenciosa de micronutrientes nos alimentos, um grave problema de segurança nutricional no mundo que apresenta alta taxa de morbimortalidade na população pediátrica. Esse problema histórico aumentou com o advento da pandemia de COVID-19, seja pela ausência do grau de nutrientes necessários — a fome oculta — ou pela privação de acesso aos alimentos (FAO et al., 2022). O relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) de 2021, apontou que cerca de 12% da população global foi atingida pela insegurança alimentar no ano de 2020 (DUARTE, 2021).

A fim de amenizar o problema da fome oculta, mitigando os efeitos da deficiência de micronutrientes na alimentação, diversas estratégias preventivas foram sendo desenvolvidas ao longo dos anos, as quais incluem a administração de mega doses de vitaminas, a fortificação de alimentos e, mais recentemente, um sistema integrado à agricultura denominado biofortificação (PIXLEY et al., 2011). O fomento a essa prática consiste no processo pelo qual a qualidade nutricional dos alimentos de origem vegetal é melhorada por meio biológico, melhoramento convencional ou por meio de práticas agronômicas.

A biofortificação difere da fortificação convencional pois, tem como objetivo, o incremento do nível de nutrientes durante o desenvolvimento da planta e não durante o processamento do alimento, em que ocorre a adição de sais inorgânicos ou, ainda, no caso dos alimentos bioenriquecidos, que podem ter os seus teores nutricionais aumentados com o acréscimo de microorganismos no processamento de alimentos, promovendo o aumento do teor de determinado nutriente pelo efeito indireto da ação desses microorganismos. Assim, a biofortificação pode atingir populações onde as ações de suplementação e fortificação convencional são de difícil implementação e/ou são limitadas (WHO, 2015). Além do mais, variedades biofortificadas apresentam o potencial de fornecer benefícios contínuos nos países em desenvolvimento, a um custo recorrente inferior ao da suplementação e da fortificação pós-colheita (GRAHAM et al., 2007).

## **4.2 Breve histórico da biofortificação**

Em nível mundial, em 2005, foi criado o programa “HarvestPlus” reconhecido como exemplo de sucesso na rede de biofortificação visando o melhoramento das culturas feijão, arroz, milho, mandioca, trigo e batata-doce. Outro programa de biofortificação foi a aliança AgroSalud voltado a América Latina e o Caribe que teve como objetivo desenvolver cultivares de arroz, milho, feijão e batata, eficientes no uso de água e demais insumos agrícolas e de alto valor agrônômico. A expectativa foi de o Brasil desenvolver e transferir não apenas cultivos biofortificados, como também, tecnologias pós-colheita (NUTTI, 2011).

No Brasil, a rede de estudos “BioFORT”, gerenciada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), representa um conjunto de projetos responsáveis pela biofortificação de alimentos no país. A rede introduziu a biofortificação nas culturas do trigo, arroz, feijão e feijão caupi — com teores elevados de Zn e Fe; e nas culturas mandioca, milho, batata-doce e abóbora — com maior teor de  $\beta$ -caroteno (CARVALHO; NUTTI, 2013).

A Rede BioFORT promove a biofortificação a partir do melhoramento convencional, o que tende a resultar em variedades com melhor produtividade e mais adaptadas a contextos de mudanças climáticas (EMBRAPA, 2023). Apesar disso, no Brasil não há regulamentação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para alimentos biofortificados. Em alguns países europeus, asiáticos e africanos, a biofortificação se tornou política pública e os agricultores recebem bonificações do governo para produzir alimentos biofortificados (AEASP, 2022).

### **4.3 Biofortificação**

Conforme Vergutz (2016), a biofortificação é um método empregado para produzir alimentos com maior valor nutricional das cultivares através do melhoramento de plantas realizado pela forma convencional ou transgenia (biofortificação genética) ou ainda pela adoção de práticas agrônômicas usando estratégias de manejo (biofortificação agrônômica).

Loureiro et al. (2018) apontam que a biofortificação genética convencional é a técnica em que ocorre o cruzamento de plantas da mesma espécie que melhor expressam suas características nutritivas e produtivas para que assim possam ser geradas cultivares mais produtivas e nutritivas. Soccol et al. (2021) definem a

biofortificação por transgenia quando a cultivar é alterada geneticamente com o intuito de enriquecer o vegetal por meio do uso de genes melhorados, aumentando seus potenciais qualitativos e quantitativos.

Já a biofortificação agrônômica é obtida por meio da elevação nutritiva do solo e das plantas durante o seu desenvolvimento, não sendo necessário o processo de seleção genética. O ferro (Fe), zinco (Zn), cálcio (Ca) e selênio (Se) são os principais minerais explorados, já que são escassos em dietas à base de plantas. Esse tipo de biofortificação envolve o uso de manejo agrônômico adequado, como a utilização de adubos minerais, irrigação adequada, controle de pragas e doenças, rotação de culturas, entre outras. Essas práticas auxiliam na melhor absorção e disponibilidade de nutrientes para as plantas, contribuindo para o aumento no teor de nutrientes nos alimentos (LOUREIRO et al., 2018).

Sendo assim, a biofortificação agrônômica é uma alternativa mais em conta, alterando apenas a forma de manejo, principalmente na etapa de adubação, já que esse método objetiva o melhoramento dos alimentos através do uso de elementos minerais durante o processo produtivo das culturas (VERGUTZ et al., 2016). Para tanto, deve-se levar em conta que a aplicação suplementar de fertilizantes deve ser realizada com base em objetivos claros de manejo, buscando melhorar características nutricionais, sensoriais e de pós-colheita (LIMA; NASCIMENTO; SOUSA, 2015).

Embora o principal objetivo da biofortificação seja amenizar a fome oculta através da produção e distribuição de alimentos biofortificados (DUARTE, 2021), fatores indiretos se tornaram alvo das pesquisas envolvendo a biofortificação. Por exemplo, há estudos que demonstraram a atuação do selênio (Se) na mitigação do estresse abiótico em plantas quando aplicado em campo (SILVA et al., 2020). López-morales et al. (2021) concluíram que aplicação de zinco (Zn) pode proporcionar aumento na concentração de fenóis e flavonoides, além de melhorar a capacidade antioxidante em feijão-caupi.

Há estudos que indicam os benefícios da biofortificação na qualidade pós-colheita de hortaliças. Os autores Puccinelli; Malorgio; Pezzarossa (2017) evidenciaram que a utilização de selenato e selenito de sódio é de grande influência em proporcionar acúmulo de selênio (Se) quando aplicado em hortaliças, além dos seus efeitos no melhoramento pós-colheita, uma vez que há um aumento na vida

útil do produto devido às ações antioxidantes e diminuição da senescência que o selênio pode causar.

Outros estudos demonstram que o fornecimento do silício (Si) em solução nutritiva, em especial hortaliças, tem demonstrado resultados satisfatórios, aumentando a firmeza do tecido foliar e vida pós-colheita de plantas de alface (GALATI et al., 2015); como apresentou efeito significativo sobre a qualidade pós-colheita da couve-flor (CURVELO et al., 2019).

Já o cálcio (Ca), macronutriente com papel importante na firmeza de todos os órgãos da planta para sua manutenção e na qualidade pós-colheita de hortaliças e de frutas, atua diminuindo a taxa de senescência foliar, evitando deterioração das membranas mais precocemente (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

#### 4.4 Pós-colheita de hortaliças

##### 4.4.1 Hortaliças: conceito e classificação

Hortaliça é toda e qualquer planta herbácea, normalmente não lenhosa, de ciclo biológico curto, cujos produtos hortícolas são oriundos de suas diferentes partes (subterrânea ou aérea), as quais configuram estruturas morfológicas distintas e podem ser utilizados como alimento em seu estado natural (PEREIRA; PEREIRA 2016). No Quadro 1, encontra-se uma breve descrição e exemplos das estruturas morfológicas de hortaliças.

Quadro 1. Estruturas morfológicas de hortaliças.

<b>Estrutura morfológica</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplos</b>
Tubérculos e Rizomas	Caules modificados, apresentam nós, entrenós, folhas e gemas. Estas estruturas funcionam como órgãos de reserva.	Batata ( <i>Solanum tuberosum</i> L.), Inhame ( <i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott) e Gengibre ( <i>Zingiber officinale</i> Roscoe).
Raízes	Raízes modificadas, funcionando como órgãos de armazenamento (amido ou açúcares solúveis).  Estruturas formadas pelo hipocótilo-raiz.	Cenoura ( <i>Daucus carota</i> L.) e Batata-baroa ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft).  Beterraba ( <i>Beta vulgaris</i> L.) e Cará ( <i>Dioscorea</i> ssp).
Bulbos	Caules subterrâneos com entrenós curtos. São formados pelo entumescimento da base das folhas (bainha) devido ao armazenamento de substâncias de reserva.	Cebola ( <i>Allium cepa</i> L.) e o Alho ( <i>Allium sativum</i> L.).
Caules	Estruturas de reserva que constituem o caule	Aspargo ( <i>Asparagus officinalis</i> L.)



	primário das plantas. Geralmente apresentam menor taxa transpiratória que as folhas, mas possuem elevada respiração devido ao intenso crescimento dos tecidos.	e Brotos de bambu ( <i>Bambusa</i> ssp).
Folhas	A função primária das folhas é a produção de carboidratos pela fotossíntese, contudo, não armazenam quantidade expressiva. Após a remoção da planta, a manutenção das suas funções vitais depende dos carboidratos armazenados nos tecidos.  Devido a baixa reserva energética e às altas taxas transpiratórias, as folhosas possuem baixo potencial de armazenamento sendo suscetíveis à rápida desidratação após a colheita.	Espinafre ( <i>Spinacea oleracea</i> L.), Couve-de-folha ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i> ), Repolho ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> ), Couve-chinesa ( <i>Brassica rapa</i> L. var. <i>pekinensis</i> ), Alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.), Alho-porro ( <i>Allium ampeloprasum</i> L.) e Cebola-de-cheiro ( <i>Allium schoenoprasum</i> L.).
Flores	As inflorescências são órgãos efêmeros, portanto, as flores têm período relativamente curto de vida pós-colheita.  São compostas de tecidos metabolicamente ativos, porém com pequena capacidade de armazenar carboidratos e altamente suscetíveis à desidratação.	Couve-flor ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>botrytis</i> ) e Brócolis ( <i>Brassica oleracea</i> L. <i>italica</i> ).
Frutos	Órgãos formados pelo crescimento determinado de diferentes partes das estruturas florais.  De maneira geral, são órgãos que apresentam elevadas reservas de carboidratos ou lipídeos.  Classificados em climatéricos e não-climatéricos quanto ao comportamento da respiração.	Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.), Melão ( <i>Cucumis melo</i> L.) são exemplos de frutos climatéricos. Morango ( <i>Fragaria ananassa</i> Duch.), e Pepino ( <i>Cucumis sativus</i> L.) são classificados como não-climatéricos.

Fonte: Rego et al. (2023) - adaptado pelo autor.

As hortaliças podem ser classificadas de diferentes maneiras, desde a divisão mais ampla e popular até a classificação botânica, que considera as características taxonômicas. O quadro 2 apresenta de forma resumida as diferentes classificações.

Quadro 2. Classificação das hortaliças (critérios e termos usados).

Classificação	Critério	Termo usado
Popular	Adequação à embalagem (caixa do tipo K).	1. Legumes: se adequam à embalagem. 2. Verduras: as hortaliças que não se adequam.
Técnica	Parte da planta mais utilizada na alimentação.	1. Hortaliças folhosas; 2. Hortaliças-flores; 3. Hortaliças-frutos; 4. Hortaliças legumes; 5. Hortaliças-raízes; 6. Hortaliças-tubérculo; 7. Hortaliças-bulbo; 8. Hortaliças-haste.

Científica	Considera o parentesco botânico, semelhanças entre as plantas, além das unidades taxonômicas: a família, gênero, espécie, variedade e a cultivar.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lamiáceas: Tomilho, Hortelã, Manjeriçãõ;</li> <li>2. Crucíferas/Brassicáceas: Brócolis, Couve-Flor, Nabo, Rabanete, Rúcula;</li> <li>3. Cucurbitáceas: Abóbora, Pepino, Melão, Melancia;</li> <li>4. Asteraceas/Chicoraceas: Alface, Almeirão, Chicória;</li> <li>5. Leguminosas/Fabáceas: Ervilha, Fava, Feijão;</li> <li>6. Liliáceas/Alíáceas: Alho, Alho-poró, Cebola;</li> <li>7. Quenopodiáceas: Acelga, Beterraba, Espinafre;</li> <li>8. Solanáceas: Batata, Pimentão, Tomate, Beringela;</li> <li>9. Umbelíferas: Aipo, Cenoura, Salsa.</li> </ol>
------------	---	---

Fonte: Bevilacqua (2013) - adaptado pelo autor.

#### 4.4.2 Hortaliças: perdas pós-colheita

A qualidade dos produtos hortícolas envolve diversos atributos (aparência visual, textura, sabor, aroma, valor nutricional e segurança do alimento). Em razão da elevada atividade metabólica, os processos fisiológicos de deterioração são acelerados, sendo altamente perecíveis, decorrente da sua composição predominantemente de água (75 a 94%), à exceção dos tubérculos e raízes (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Dentre os entraves do período pós-colheita, a rápida perecibilidade provoca relevantes perdas, percebidas ao longo da cadeia produtiva desses alimentos, principalmente na comercialização, provocando elevação dos custos bem como a redução da qualidade e da oferta dos produtos ao consumidor (REGO et al., 2023).

As perdas são muito significativas no mundo todo, variando de acordo com os produtos, variedades, cultivares, época do ano, formas de manuseio e área de produção. Segundo Henz (2017), as perdas pós-colheita de produtos hortícolas giram em torno de 30 a 45% no Brasil, mas ressalta a difícil mensuração de quantidades exatas, mesmo com a melhoria em relação à modernização de sistemas produtivos, bem como a logística na distribuição desses produtos. Conforme Lana (2018), há escassez de informações na literatura sobre quantificação das perdas na pós-colheita de hortaliças no Brasil. No país, as principais perdas são durante o manuseio, o transporte, a distribuição pós-colheita e a não utilização da 'cadeia do frio' (ROSA et al., 2018).

Visando a redução das perdas, devem ser adotadas ações que visem ao adequado manuseio durante as fases de colheita, pós-colheita, armazenamento, transporte, distribuição e comercialização. Além disso, o manuseio pós-colheita deve basear-se no conhecimento dos mecanismos de controle da respiração e

maturação dos produtos hortícolas, uma vez que a vida útil das hortaliças possui variação inversa com a taxa de respiração (SALTVEIT, 2016).

A adoção dessas ações está em consonância com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12, da Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas (ONU), que busca assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis e redução de metade do desperdício de alimentos per capita no mundo, em nível de varejo e de consumo, além da redução das perdas de alimentos ao longo de toda a cadeia de produção e suprimentos, incluindo as perdas na fase de pós-colheita (FAO et al., 2020).

#### 4.4.3 Pós-colheita: Respiração e maturação em hortaliças

Na fase pós-colheita, a fotossíntese torna-se limitada e a respiração, principal processo fisiológico, uma vez que não há atividade fotossintetizante das folhas da planta-mãe, absorção de água e minerais e transporte de nutrientes pelo sistema vascular. Portanto, as partes do vegetal adquirem atividades independentes, sendo necessário o constante consumo das reservas orgânicas armazenadas antes da colheita dos produtos hortícolas, o que reduz o sabor do produto (REGO et al., 2023).

Nos produtos hortícolas colhidos, a respiração é o processo primário para produção de energia, poder redutor e intermediários orgânicos, os quais são utilizados para biossíntese de novos compostos indispensáveis ao bom funcionamento e manutenção da planta como um todo, principalmente no que se refere à organização celular, à permeabilidade de membranas, ao transporte de metabólitos para os tecidos, além da síntese e atividade enzimática (NUNES-NESI; FERNIE, 2010).

O carboidrato e a energia produzidos pela fotossíntese são consumidos na respiração, caracterizada pela quebra oxidativa de substratos mais complexos encontrados nas células, tais como amidos, açúcares e ácidos orgânicos, transformando-os em moléculas mais simples como dióxido de carbono e água ( $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ ), com consumo de  $\text{O}_2$ , produção de energia (ATP e calor) e outras moléculas que podem ser usadas pelas células para reações de síntese (TAIZ et al., 2017).

Quando em condições aeróbicas, a respiração ocorre em três estádios principais: a glicólise, o ciclo do ácido cítrico (ou de Krebs) e a fosforilação oxidativa.

Na ausência de oxigênio, a glicólise pode ser a principal fonte de energia para as células, ocorrendo a rota fermentativa. Os tecidos de folhas, hastes e raízes, quando destacados da planta, continuam respirando a uma taxa estabilizada, apresentando declínio gradual com o início da senescência, o que torna o produto mais susceptível à perda de umidade e ao desenvolvimento de microrganismos, reduzindo a vida útil dos produtos perecíveis (REGO et al., 2023).

A taxa respiratória de hortaliças é bastante variada, a depender da estrutura morfológica. Nesse sentido, as raízes, os tubérculos e os bulbos têm baixa atividade respiratória. Já as partes da planta com tecidos meristemáticos, a exemplo do aspargo e dos brócolis, possuem taxa respiratória mais elevada. No caso dos frutos que são colhidos imaturos, tais como quiabo e abobrinha, a respiração é mais intensa que os colhidos maduros, como o tomate e a melancia (ROSA et al., 2018).

Com base nas taxas respiratórias, ocorre a perda de massa, caracterizada pela perda de água que ocorre no fruto devido ao processo de transpiração dada pela diferença de umidade entre o fruto e a atmosfera externa. Esse processo determina, em grande parte, a taxa de perda de peso total dos produtos hortícolas bem como de sua deterioração fisiológica. Para a maioria dos produtos hortícolas frescos, a perda máxima de peso observada sem o aparecimento de murcha ou enrugamento da superfície oscila entre 5 e 10%, cujo nível máximo aceitável varia em função da espécie e do nível de exigência do mercado consumidor (FINGER; FRANÇA, 2011).

Em temperatura constante, a perda de massa fresca apresenta correlação linear inversa com a umidade relativa (UR) para a maioria dos frutos e das hortaliças ( $UR > 75\%$ ). A perda de água na pós-colheita exerce ainda profundos efeitos sobre a fisiologia dos produtos hortícolas afetando a respiração, a produção de etileno, a degradação de clorofila e induzindo alterações no padrão de síntese de proteínas. No entanto, em tubérculos, rizomas e bulbos, há a necessidade de redução nos teores de água imediatamente após a colheita a fim de assegurar menores taxas de perda de peso ao longo do armazenamento (REGO et al., 2023).

Nas hortaliças, a baixa produção de  $CO_2$  verificada em cebola e batata reflete o estado de dormência desses órgãos de armazenamento, sendo que a redução ou incremento da temperatura não altera significativamente a respiração, como geralmente ocorre nos frutos, folhas, raízes e flores. As hortaliças folhosas apresentam altas taxas transpiratórias e, portanto, são suscetíveis à rápida

desidratação após a colheita. O fechamento dos estômatos das folhas não elimina as elevadas taxas transpiratórias observadas em produtos como alface, espinafre, couve-de-folha e cebola-de-cheiro. Os frutos, em geral, têm maior atividade respiratória que as hortaliças, refletindo a elevada produção de CO<sub>2</sub> que acompanha o amadurecimento de frutos climatéricos (REGO et al., 2023).

#### 4.4.4 Climatério

As hortaliças-fruto podem ser divididas em climatéricas e não climatéricas, de acordo com o seu padrão de atividade respiratória e produção de etileno. A classificação é atribuída através das diferenças referentes à taxa de respiração e a produção de etileno. O etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) é um fitormônio produzido por quase todas as células de plantas superiores regula a maturação de frutos climatéricos. Esse gás se difunde a partir das células e dos tecidos dos frutos, podendo, assim, afetar outros frutos ao redor (ROSA et al., 2018).

O climatério é a fase do desenvolvimento do fruto em que as alterações da respiração são associadas com as transformações físicas e químicas da maturação (ROSA et al., 2018). No caso dos frutos climatéricos, em certo momento de seu ciclo vital, há um aumento rápido e acentuado na taxa respiratória seguido do rápido amadurecimento do fruto (mudanças na coloração e na textura, ocasionados pela degradação de clorofilas e síntese de pigmentos e pela degradação do amido e de compostos de parede celular). Nesses frutos, o aumento na taxa respiratória ocorre tanto na planta-mãe como destacados, desde que tenham atingido a maturidade fisiológica antes da colheita. O aumento da taxa respiratória nos frutos é dependente do etileno disponível e caracteriza-se como um evento secundário (CHITARRA; CHITARRA, 2005, YAHIA; CARRILLO-LOPEZ, 2018) sendo suscetível às altas temperaturas, estresse e lesões físicas, situações que podem provocar sua elevação (WATSON et al., 2016).

Já os frutos não-climatéricos não apresentam aumento da produção de etileno, possuem taxa de respiração baixa e constante, com ligeiro declínio após a colheita. Portanto, não são capazes de completar o amadurecimento após colhidos (REES; FARREL; ORCHARD, 2012). Os melhores atributos de qualidade organoléptica e comercial somente são atingidos quando amadurecem na planta-mãe (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A fim de que os frutos não climatéricos sejam

colhidos em seu adequado estágio de maturação e com a qualidade mínima aceitável, índices de maturação foram desenvolvidos e estabelecidos para diferentes frutos buscando reduzir os impactos na pós-colheita (CRISOSTO; MITCHAM; KADER, 2000).

Considerando o acelerado processo de deterioração que as hortaliças iniciam no momento da colheita, a velocidade com que ocorre é determinada pela combinação de fatores como temperatura e umidade do ar — fatores do meio mais importantes na determinação da extensão da vida de prateleira dos produtos hortícolas; a respiração e a produção de etileno — influenciados pela temperatura que, quando ocorrem em taxas elevadas, há redução do período de conservação; e a perda de água por transpiração — que determina, em grande parte, a redução quantitativa e qualitativa dos produtos hortícolas (REGO et al., 2023).

Por estar relacionado diretamente ao processo de maturação das hortaliças-fruto, o etileno estimula as modificações relativas ao amadurecimento (coloração, aroma, sabor e textura). Seu principal uso na agricultura, aplicado de maneira exógena, é a promoção do amadurecimento em frutos climatéricos, como forma de acelerar, controlar e uniformizar o amadurecimento. Contudo, o acúmulo de etileno no interior do produto ou no ambiente promove o aumento da respiração, estimula diversos processos metabólicos e, conseqüentemente, reduz a vida útil da hortaliça. Por esse fato, também há meios comerciais de reduzir esse fitormônio, com a utilização de inibidores de sua síntese, inibidores da ação e/ou absorvedores de etileno (ROSA et al., 2018).

#### 4.4.5 Tecnologias pós-colheita

A respiração é considerada uma causa normal de perda no período pós-colheita, pois se trata de um processo fisiológico da planta, assim como o amadurecimento e a transpiração. A fim de ampliar a vida útil de hortaliças devem ser adotadas medidas que visem ao controle da perda de água durante o armazenamento e a comercialização. Além do conhecimento fisiológico, diversas tecnologias pós-colheita vêm sendo desenvolvidas visando ao prolongamento da vida útil das hortaliças, como exemplo, as embalagens com atmosfera modificada, o armazenamento em atmosfera controlada, a aplicação de revestimentos comestíveis, a rastreabilidade, além da obtenção de produtos melhorados

geneticamente para aumentar a qualidade sensorial e nutricional (ROSA et al., 2018).

A refrigeração caracteriza-se como um método econômico e eficaz que auxilia no retardamento do processo de maturação, reduzindo a atividade metabólica, a perda de água, a atividade dos microrganismos e o crescimento indesejável da planta (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A redução da temperatura e a elevação da umidade do ar promove a redução da perda de massa das hortaliças (ROSA et al., 2018).

O uso de atmosfera modificada durante o armazenamento promove o decréscimo na velocidade da respiração, retardando a maturação e reduzindo a deterioração das hortaliças devido a barreira à difusão de gases em torno do produto (MOURA GUERRA et al., 2020). Ou seja, a utilização de embalagem apropriada ao produto hortícola associada a baixas temperaturas de refrigeração reduz a atividade metabólica de hortaliças, inibindo o processo de maturação e prologando a sua vida útil (CASTRO et al., 2023).

A aplicação de ceras e revestimentos serve para auxiliar na manutenção da qualidade do produto fresco, atuando como barreira de proteção contra a entrada de microrganismos, reduzindo a perda de massa e evitando que o produto tenha alterações na aparência e textura, podendo chegar a melhorar a aparência externa do produto, como o brilho (EMBRAPA, 2008; YADAV et al., 2022).

Em resumo, para a adoção da técnica pós-colheita mais adequada, é necessário conhecer a fisiologia das hortaliças e a logística da cadeia produtiva com o intuito de evitar o manuseio incorreto e os problemas decorrentes do transporte e do armazenamento deficientes (ROSA et al., 2018).

#### **4.5 Biofortificação de hortaliças**

Pesquisas sobre biofortificação têm sido realizadas em diversas hortaliças. A Embrapa, por exemplo, através da Rede BioFORT já desenvolveu diversos projetos de biofortificação genética em espécies de hortaliças de propagação vegetativa e que produzem raízes, tubérculos e rizomas. No Quadro 3 são apresentadas características de cultivares de mandioca e de batata-doce biofortificadas.

Quadro 3. Cultivares de batata-doce e mandioca biofortificadas pela Embrapa.

<b>Espécie</b>	<b>Cultivar</b>	<b>Características</b>
Batata-doce	Beauregard	O principal diferencial da cultivar Beauregard é sua polpa alaranjada, um indicativo do elevado teor de betacaroteno. Apresenta 10 vezes mais carotenoides - provitamina A - do que as cultivares mais plantadas no país. O consumo de 25 a 50 gramas de batata-doce Beauregard supre as necessidades diárias de provitamina A.
Batata-doce	BRS Amélia	A BRS Amélia apresenta formato elíptico longo, casca de coloração rosa claro com pigmentação também rosada, tendo grande aceitação do consumidor por seu sabor característico e polpa alaranjada. É rica em provitamina A, sendo fonte de proteínas e antocianinas e de energia, devido aos altos teores de amido e glicose. Sua produtividade média é de 32 toneladas por hectare, quatro vezes superior à média nacional. Tem como principais características o fácil cultivo, exigindo pouca mão-de-obra e adaptando-se a vários tipos de solos e climas.
Batata-doce	BRS Nutti	A BRS Nutti é uma cultivar de casca rosada e polpa alaranjada, desenvolvida com a finalidade de oferecer ao mercado uma cultivar específica para industrialização na forma de chips, farinhas e corantes. Possui alto teor de betacaroteno (150 mg/kg), adaptabilidade a diferentes regiões no Brasil e hábito de crescimento semi-ereto, o que facilita o manejo entrelinha em comparação com outras cultivares. A produtividade média foi de 40,5 t/ha com teor médio de matéria seca de 25%. Seu ciclo de produção varia de 150 a 180 dias, com plantio o ano todo nas regiões recomendadas, com exceção de plantio no inverno na região Sul.
Mandioca	BRS Jari	Cultivar com altos teores de Pró-vitamina A, apresenta raízes com polpa alaranjada, casca marrom e formato cônico. Tem uma arquitetura de planta ereta, facilitando as capinas. Sua produtividade média ultrapassa 20 ton/ha, com um ciclo de 12 meses.
Mandioca	BRS Dourada & BRS Gema de ovo	A BRS Dourada apresenta ótimas características para o consumo sob a forma de palito, frito sem pré-cozimento enquanto a BRS Gema de Ovo é utilizada principalmente para consumo cozido e para farinha. Apresentam teores de betacaroteno nas raízes respectivamente, em torno de 3,18 e 3,38 microgramas/grama, aos 8 e 10 meses, em base de matéria fresca.
Mandioca	BRS 396	Cultivar de mandioca de mesa de polpa amarela com alto teor de betacaroteno (precursor da vitamina A). Alcança produtividade de até 50 toneladas por hectare, devendo ser colhida de sete a doze meses após o plantio. Apresenta características culinárias positivas.
Mandioca	BRS 399	Cultivar de mandioca de mesa de polpa amarela de alta produtividade, podendo alcançar até 70 toneladas por hectare. Por ter uma arquitetura de planta pouco ramificada, os tratos culturais são favorecidos. Devido à precocidade, a cultivar deve ser colhida preferencialmente de oito a 12 meses após o plantio. O tempo de cozimento das raízes é reduzido e a massa tem textura farinácea, sabor característico e ausência de fibras, características culinárias consideradas positivas.

Fonte: Rede BioFORT (2022) - adaptado pelo autor.

Considerando as pesquisas com biofortificação agrônômica em hortaliças folhosas, estudos indicam que as famílias Brassicaceae, Euphorbiaceae e Asteraceae, nas quais há uma vasta gama de espécies de hortaliças folhosas, contém plantas hiperacumuladoras de elementos minerais, incluindo zinco (CAPPA; PILON-SMITHS, 2014). Desse modo, citam-se alguns estudos com biofortificação com zinco em rúcula (RUGELES REYES, 2017); alface (LIMA, 2021) e alface



crespa (GRACIANO, 2019); além de estudos de biofortificação com ferro em rúcula, repolho roxo e mostarda vermelha (DI GIOIA et al., 2019).

Além desses, citam-se os trabalhos de biofortificação em hortaliças-bulbo: cebola com selênio (MACHADO, 2022); biofortificação em hortaliças-raízes: beterraba com zinco (CARMONA, 2018); biofortificação em hortaliças-fruto: tomate com silício (SANTOS, 2018); biofortificação em hortaliças-flor: couve-flor com selênio (DUTRA, 2017) e biofortificação em hortaliças não convencionais (OLIVEIRA, 2020).

Como o crescimento e o aspecto visual pós-colheita das hortaliças depende diretamente do seu estado nutricional, além dos nutrientes considerados essenciais, o fornecimento de elementos benéficos pode aumentar a produção e a qualidade pós-colheita de hortaliças (CHITARRA; CHITARRA, 2005; SOUZA et al., 2019), caso do selênio e do silício.

## 5 QUALIDADE PÓS-COLHEITA EM HORTALIÇAS BIOFORTIFICADAS

Nesse tópico estão apresentados resultados de pesquisas que avaliaram a qualidade pós-colheita em hortaliças biofortificadas. O Quadro 4 apresenta as principais referências utilizadas neste tópico.

Quadro 4. Pesquisas utilizadas como referência sobre qualidade pós-colheita de hortaliças biofortificadas.

<b>Pesquisa</b>	<b>Autor (es)</b>
Stability of carotenoids, total phenolics and in vitro antioxidant capacity in the thermal processing of orange-fleshed sweet potato ( <i>Ipomoea batatas</i> Lam.) cultivars grown in Brazil.	Donado-Pestana (2012)
Uso de atmosfera modificada associado à refrigeração para batata-doce ( <i>Ipomoea batata</i> ) colorida biofortificadas.	Barbosa (2023)
Fontes e concentrações de silício foliar na produção e na qualidade da acelga e da couve.	Souza (2018)
Resistência vertical e horizontal de progênies F5: 6 de alface biofortificada a raças de <i>Bremia lactucae</i> .	Jacinto (2018)
Dissimilaridade, parâmetros genéticos, índices de seleção e resistência a <i>Meloidogyne</i> spp. em alface biofortificada.	Sousa (2020)
Produção, morfofisiologia e qualidade de cebola sob salinidade e aplicação de silício.	Venancio (2021)
Biofortificação do tomateiro com silício via foliar pulverização foliar com diferentes fontes.	Santos (2018)

Influência do congelamento e tempo de estocagem na preservação dos carotenoides totais em abóbora.	Góis et al. (2016)
Biodisponibilidade dos carotenoides pró-vitamínicos a em abóboras biofortificadas ( <i>Cucurbita moschata</i> Duch).	Carvalho et al. (2015)

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As informações estão disponibilizadas de acordo com o tipo de hortaliça biofortificada, seja pelo método de biofortificação genética ou agrônômica, cujas pesquisas tiveram, dentre os objetivos, avaliar a qualidade do produtos hortícolas no pós-colheita.

### 5.1 Batata-doce

As pesquisas elencadas a seguir tratam dos efeitos do processamento bem como o uso de tecnologias pós-colheita visando o maior tempo de prateleira em batata-doce biofortificada.

Quanto aos efeitos do processamento sobre a disponibilidade de carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante em quatro cultivares de batata-doce biofortificadas (CNPH 1007, CNPH 1194, CNPH 1202 e CNPH 1205), Donado-Pestana (2012) concluiu que todas as cultivares avaliadas apresentaram altos teores de carotenoides, com predominância do All-trans- $\beta$ -caroteno, sugerindo alta atividade estimada de vitamina A. Conforme a literatura analisada, o autor destaca que há uma discussão ampla de que a biossíntese de carotenoides e sua concentração nas plantas e, conseqüentemente nos alimentos, representa um conjunto de fatores genéticos e/ou ambientais podendo ser afetados pela variedade, genótipo, estação, localização geográfica, estado de maturidade, condições ou práticas do cultivo, processamento e armazenamento. Em batata-doce, conforme Woolfe (1992), o mecanismo para a sintetização de carotenoides aparenta ser um fator genético embora fatores com menor influência também afetam o conteúdo dos compostos carotenoides, como o tempo de colheita que é um fator crucial na influência do conteúdo de carotenoides em batata-doce, sugerindo que o outono é a época ótima para a colheita devido à presença de maiores teores destes componentes (LIU; LIN; YANG, 2009). Os altos valores obtidos por Donado-Pestana (2012) também podem ser atribuídos à biossíntese de carotenoides após a colheita, considerando que, conforme Rodriguez-Amaya (1997) a biossíntese pode continuar

em frutas, vegetais e raízes mesmo após a colheita devido à influência da atividade das enzimas responsáveis pela carotenogênese.

Barbosa (2023) avaliou o uso de atmosfera modificada associado à refrigeração de batata-doce, cultivares Amélia e Beauregard, visando prolongar a sua conservação considerando a comercialização à mercados mais distantes. No acondicionamento das batatas foram utilizados sacos de polipropileno medindo 30cm x 50cm, sendo o controle a batata-doce não embalada. O autor simulou a refrigeração em contêineres marítimos mantendo as batatas a temperatura de 8°C por 14 dias. Após esse período, transferiu as batatas para condições de temperatura ambiente, mantendo-as a aproximadamente 21°C por 12 dias (simulando gôndolas de supermercados). Foram feitas avaliações com e sem embalagem em 7 períodos de armazenamento (0, 7, 14, 17, 20, 23 e 26 dias). Foram consideradas as variáveis: avaliação visual, cor, firmeza, perda de massa fresca, vitamina C e compostos fenólicos totais, capacidade antioxidante DPPH e FRAP e teor de amido. O autor concluiu que a refrigeração por 14 dias associada ao uso da embalagem plástica foi uma estratégia eficaz para manter a qualidade em batata-doce biofortificada pois permitiu minimizar a desidratação, manteve mais estáveis fitoquímicos antioxidantes, como vitamina C, compostos fenólicos e carotenoides, mesmo nos tecidos cozidos. Nas condições estudadas, as cultivares Beauregard e Amélia mantiveram, em condição ambiente, adequado aspecto visual por até 26 e até 17 dias de prateleira, respectivamente. Sendo assim, simulando a comercialização em mercados mais distantes, a cultivar Beauregard apresentou maior potencial para exportação enquanto que a cultivar Amélia é indicada para comercialização em mercados menos distantes e exigentes em aparência.

## **5.2 Cebola**

Venancio (2021) avaliou os efeitos da fertilização com silício (Si) associado a salinidade da água de irrigação no cultivo da cebola em região semiárida sob a qualidade dos bulbos e a vida de prateleira pós-colheita. Na avaliação da vida de prateleira da cebola, os bulbos permaneceram armazenados por 60 dias após a colheita, sendo avaliados em quatro níveis de tempo de prateleira (0; 20; 40 e 60 dias após a colheita). De acordo com o autor, o estresse salino e o fornecimento de

silício afetou a fisiologia das plantas e dos bulbos pós-colheita em condições de armazenamento em prateleira. O estresse salino e o tempo de prateleira induziram a redução de firmeza, pH e relação SS/AT, afetou diferencialmente os teores de açúcares solúveis, concentração de sólidos solúveis e acidez titulável, bem como as concentrações dos ácidos ascórbico e pirúvico. Já a biofortificação com silício melhorou a relação SS/AT, na ausência de salinidade, ao passo que, sob condições de salinidade, promoveu redução de SS/AT. A adubação com silício contribuiu para melhorar as respostas aclimatativas da cebola sob estresse do ambiente semiárido e salinidade. Com relação a qualidade dos bulbos, ainda que a salinidade resulte em perdas de qualidade palatável, o autor destaca que a adubação com silício pode melhorar o sabor da cebola cultivada sob salinidade, promovendo melhor equilíbrio entre adstringência e doçura dos bulbos após o cozimento ou melhorando o fundo aromático de saladas e pratos culinários mediante aumento da expressão pungente. Assim, tanto o aumento de salinidade da água de irrigação quanto o manejo da adubação com silício podem ser utilizados na cebola para fins de biofortificação de vitamina C, promovendo o aumento na concentração do ácido ascórbico durante a vida de prateleira, até aproximadamente 36 dias de armazenamento.

### **5.3 Tomate**

A pulverização de tomateiro com silício pode promover a biofortificação do fruto, associando-se à melhora na qualidade pós-colheita, a depender da fonte e da concentração do elemento na calda. Essa foi a conclusão obtida por Santos (2018), avaliando a obtenção de tomates biofortificados via pulverização foliar com silício, em diferentes fontes e concentrações e sua qualidade tecnológica. A autora concluiu que a pulverização com silício, a partir do florescimento do tomateiro, promoveu a biofortificação e a melhoria na qualidade tecnológica dos frutos (sólidos solúveis, ácido ascórbico, acidez titulável e firmeza). Esse resultado é justificado pois o silício atua na conservação pós-colheita de frutos de tomate tratados com as fontes silicato de potássio, sódio e cálcio em que outros estudos apontam melhorias na qualidade e nas propriedades pós-colheita e físico-químicas dos frutos, como os sólidos solúveis, firmeza, teor de vitamina C e de licopeno (MARODIN et al., 2016), além de aumentar o rendimento e reduzir os frutos de tomate rachados/danificados (MARODIN et al., 2014). Islam et al. (2018). avaliando a pulverização foliar com

silício, na qualidade do tomateiro, na concentração de 17 mM (Si) na forma de dióxido de silício, pulverizando 50 mL na planta inteira, uma vez por semana durante cinco semanas, demonstraram que o silício diminuiu a respiração e o etileno em frutos de tomate, aumentou a firmeza no momento da colheita e sua manutenção após o armazenamento, ocasionando menor perda de peso fresco e aumento do teor de vitamina C e da vida útil.

#### **5.4 Abóbora**

A abóbora é um alimento considerado fonte de carotenoides com atividade pró-vitamínica A. Contudo, os carotenoides são facilmente degradados e a concentração desses compostos pode ser reduzida pela presença de luz, ácidos, oxigênio, altas temperaturas e o tempo pós-colheita (GÓIS et al., 2016; CARVALHO et al., 2015). Em frutos de variedades tradicionais de abóbora, Góis et al. (2016) avaliaram a influência do tempo e da temperatura de congelamento na preservação dos carotenoides. Os autores constataram que as médias do teor de carotenoides totais determinadas no momento do processamento do fruto não diferiram estatisticamente das médias obtidas pela análise das amostras conservadas a -4°C em 1 e 2 meses.

Já em abóboras biofortificadas, Carvalho et al. (2015) verificaram elevados teores de carotenoides (>200 µg/g) e retenção superior a 78% após os métodos de cozimento. A conclusão foi que mesmo com baixa bioacessibilidade, as abóboras biofortificadas são fontes de vitamina A, podendo fornecer acima de 40% das necessidades diárias recomendadas, em porção de 100 gramas, para crianças de 4 à 8 anos de idade. Contudo, os autores afirmam que são necessários mais estudos a fim de melhorar a liberação dos carotenoides a partir da matriz alimentar.

#### **5.5 Hortaliças-folhosas**

Em hortaliças folhosas, os estudos tratam da biofortificação com uso do silício, considerado um elemento benéfico às plantas podendo incrementar seu crescimento em condições de estresse e ainda refletir na qualidade. De acordo com Mello Prado (2021) a resposta das plantas ao silício é mais significativa em sistemas de produção com algum tipo de estresse. A biofortificação com silício em hortaliças

folhosas pode prolongar a vida de prateleira ao diminuir a perda de água durante o armazenamento.

Avaliando fontes e concentrações de silício (Si) foliar na produção e na qualidade da acelga e da couve, Souza (2018) concluiu que a aplicação de Si foliar é viável para hortaliças folhosas de acelga e couve, pois incrementou o teor e o acúmulo do elemento, o crescimento e a produção, além de melhorar a qualidade das folhosas, inclusive quanto à biofortificação, destacando-se a concentração de Si foliar de 2,52 g/L na forma de silicato de potássio. O autor avaliou a aplicação foliar de silicato de potássio (SiK) e silicato de potássio e sódio estabilizado (SiNaK). Na acelga, as duas fontes de Si diminuíram a perda de água em relação ao controle (sem Si). Já na couve, o emprego do Si foliar das duas fontes promoveu menor perda de água em relação ao controle, mas apenas no último dia de armazenamento. O efeito benéfico do Si em diminuir a perda de água do tecido vegetal das hortaliças pode estar relacionado à formação de opala na parede celular das células epidérmicas, que já foi relatada devido à diminuição da transpiração (KORNDÖRFER; PEREIRA; CAMARGO, 2004) e devido ao aumento da rigidez dos tecidos.

Em avaliação sobre o fornecimento do silício (Si) como alternativa para atenuar os efeitos dos danos causados pela deficiência nutricional de cálcio (Ca) visando aumentar compostos de defesa não enzimáticos e a qualidade pós-colheita nas plantas de repolho e de rúcula, Silva (2021) propôs como hipótese melhor compreender a relação do Si e do cálcio nas hortaliças considerando que o fornecimento de silício nas plantas deficientes de cálcio poderia aumentar a produção de matéria seca, devido ao incremento de compostos antioxidantes (ácido ascórbico) e de pigmentos, favorecendo acúmulo de biomassa e se refletindo na menor perda de água após a colheita, em razão da maior firmeza das folhas, aumentando a vida de prateleira destas hortaliças. A conclusão foi que o silício atenuou a deficiência de cálcio aumentando o conteúdo de ácido ascórbico, o crescimento e a qualidade das folhas de repolho e atenuou a deficiência de cálcio em plantas de rúcula aumentando a produção de compostos antioxidantes. Desse modo, com a adição de silício à solução de cultivo, ocorreu o aumento do conteúdo de ácido ascórbico (AsA) e da firmeza dos tecidos em ambas as hortaliças; dos fenóis totais e carotenoides, além da eficiência quântica do fotossistema II em

rúcula, diminuindo o índice de extravasamento celular nas duas culturas e promovendo maior qualidade destas hortaliças pós-colheita.

A aplicação foliar de silício também apresentou viabilidade para a biofortificação em alface (RESENDE et al., 2005) e rúcula (GUERRERO; DA SILVA BORGES; FERNANDES, 2011) e refletiu na qualidade pós-colheita do repolho com maiores médias dos valores de grau Brix, maior pH, menor acidez titulável total, menor escurecimento, menor perda na cor verde e menor perda de matéria fresca (SOUZA, 2014), além de influenciar na melhoria da conservação pós-colheita de alface americana em cultivo de verão aos 20 dias em câmara frigorífica a  $5 \pm 2$  °C (RESENDE et al., 2007).

Uma das hortaliças folhosas mais consumidas no mundo, o alface (*Lactuca sativa* L.) apresenta alto valor nutritivo, no entanto, as cultivares normalmente apresentam baixo teor de carotenoides, precursor da vitamina A. Dessa forma, a estratégia de biofortificação pode favorecer a elevação desses teores. Contudo, de acordo com Jacinto (2018), no Brasil, são poucas as pesquisas que aliam biofortificação da alface com resistência às doenças. A autora avaliou a resistência vertical e horizontal de progênies F5:6 de alface biofortificada a raças 1, 2 e 3 de *Bremia lactucae*, fitopatógeno causador do míldio, considerada uma das doenças fúngicas mais importantes da cultura. Essa doença afeta a qualidade da folhosa visto que os sintomas se manifestam nas folhas com áreas cloróticas, de tamanho variável, evoluem para pontos necróticos, de cor parda bem como apresenta esporulação de cor branca, constituído de esporangióforos e esporângios, na face abaxial das folhas (KIMATI et al., 2005). Desse modo, Jacinto (2018) avaliou a Resistência vertical e horizontal de progênies F5:6 de alface biofortificada a raças 1, 2 e 3 de *Bremia lactucae*. A hipótese da autora foi combinar a resistência vertical e horizontal como uma das estratégias para aumentar a durabilidade da resistência de cultivares de alface ao míldio. O experimento, realizado em delineamento estatístico inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas no tempo, utilizou os genótipos de alface (Solaris, Crespa 75#2, Crespa 189#2, Crespa 206#1, Lisa 66#3, Lisa 66#7, Lisa 215#3, Lisa 215#6, Lisa 215#10, Lisa 215#12, Lisa 215#13, Lisa 215# 14) no tempo (do 7° ao 18° dia após a inoculação). A autora concluiu que as progênies F5:6 de alface biofortificada não apresentaram resistência vertical às raças de *Bremia lactucae* avaliadas, em razão de apresentarem necrose e/ou esporulação em algum momento, ao longo dos dias de avaliação. No caso da resistência

horizontal apresentada em alguns genótipos, em grande parte, foi suplantada ao longo dos dias: os genótipos 189#2, 215#3 e 215#14 apresentam níveis de resistência horizontal para todas as raças de *Bremia lactucae* avaliadas. Os genótipos 206#1 e 66#7 apresentaram níveis de resistência horizontal apenas para as raças 1 e 2, respectivamente. O genótipo 215#10 apresentou níveis de resistência horizontal apenas para as raças 2 e 3 de *Bremia lactucae*.

A importância do desenvolvimento de cultivares além do aspecto de biofortificação, pode ser pensada visando a resistência à fitopatógenos. Na cultura do alface, por exemplo, o nematóide das galhas é um dos principais problemas que afetam o cultivo, com destaque para o gênero *Meloidogyne* que pode debilitar totalmente a planta devido à formação de galhas nas raízes (CARVALHO FILHO et al., 2011). Visando avaliar a resistência a *Meloidogyne* spp. em alface biofortificada, utilizando genótipos provenientes de programa de melhoramento e comerciais, Sousa (2020) selecionou genótipos superiores com bom potencial produtivo, aliado a boas características nutricionais e resistentes a *Meloidogyne* spp., promissores para serem usados em futuros programas de melhoramento genético e para serem lançadas como novos cultivares de alface biofortificada. A autora avaliou 91 genótipos, sendo 86 linhagens de alface provenientes da hibridação entre as cultivares Pira 72 versus Uberlândia 10000 (rica em carotenóide) e cinco testemunhas, sendo quatro cultivares comerciais: cv. Grand Rapids, cv. Pira 72, cv. Robusta e cv. UFU-Biofort (testemunhas com potencial comercial e baixo teor de carotenóides) e Uberlândia 10000, testemunha rica em carotenóides. Dentre os genótipos utilizados destacaram-se: 189#3#4-E, 189#3#2-E, 86#1#2-E, 120#1#1-E, 189#3#1-E, 107#1#1-E, 197#1-E, 199#2#2-E, 189#2#2-E, 197#2#2-E, 199#1#1-E e 199#3#1-E apresentando resistência a *Meloidogyne* spp. semelhante a cultivar Grand Rapids, considerada resistente.

## 6 CONCLUSÕES

Novas pesquisas podem ser desenvolvidas a fim de se avaliar a manutenção dos teores de vitaminas e minerais após o armazenamento e processamento dos alimentos biofortificados.

Além disso, podem ser desenvolvidas pesquisas visando o desenvolvimento e o uso de tecnologias pós-colheita adaptadas às diferentes hortaliças



biofortificadas visando prolongar a sua conservação, aumentar o tempo de prateleira, bem como permitir sua comercialização em mercados mais distantes, nos casos de hortaliças menos perecíveis.

O alinhamento dos objetivos da biofortificação e da ciência pós-colheita é uma ação importante que visa a Segurança Nutricional e Alimentar, a redução de perdas e o maior tempo de prateleira dos produtos, estando em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU.

## REFERÊNCIAS

AEASP. **Alimentos biofortificados: força no prato dos brasileiros**. 2022.

Disponível em: <https://aeasp.org.br/alimentos-biofortificados-forca-no-prato-dos-brasileiros/>. Acesso em: 01 jun. 2023.

ALMEIDA, H. J.; DUTRA, Alexson Filgueiras; CECÍLIO FILHO, A. B. Biofortificação de hortaliças e saúde global—Um enfoque para selênio, zinco, ferro e iodo. **Nutrição e Adubação de Hortaliças**; Prado, RM, Cecílio Filho, AB, Eds, p. 103-150, 2016.

BARBOSA, E. S. **Uso de atmosfera modificada associado à refrigeração para batata-doce (*Ipomoea batata*) colorida biofortificadas** 2023... Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2023.

BEVILACQUA, H. E. C. R. **Manual da horta**. Cap I Classificação das Hortaliças. 2013. Disponível em: <[https://www.cdn.ciorganicos.com.br/wpcontent/uploads/2013/09/02manualhorta\\_1253891788.pdf](https://www.cdn.ciorganicos.com.br/wpcontent/uploads/2013/09/02manualhorta_1253891788.pdf)> Acesso em: 21 set. 2023.

CARMONA, V. M. V. Fortificação da batata e biofortificação agrônômica da beterraba com zinco. 2018.

CAPPA, J. J.; PILON-SMITS, E. A. H. Evolutionary aspects of elemental hyperaccumulation. **Planta**, v. 239, p. 267-275, 2014.

CARVALHO, J. L. V.; NUTTI, M. R. Biofortificação de produtos agrícolas para nutrição humana. 2012.

CARVALHO, L. M. J. et al. Biodisponibilidade dos carotenoides pró-vitamínicos a em abóboras biofortificadas (*Cucurbita moschata* Duch). 2015.

CARVALHO FILHO, J. L. S. et al. Resistance to *Meloidogyne incognita* race 1 in the lettuce cultivars Grand Rapids and Salinas-88. *Euphytica*, Dordrecht, v. 182, n. 2, p. 199-208, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0429-7>. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-011-0429-7>. Acesso em: 15 dez. 2023.

CASTRO, S. R. et al. Conservação pós-colheita de vagem de ervilha sob diferentes condições de armazenamento: Post harvest conservation of pea pods in different storage conditions. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 3, p. 2670-2686, 2023.

CAVALLARI, L. G.; DE BRITO, P. R. O.; DE CAMPOS LEITE, V. Deficiências do manejo pós-colheita de frutas e hortaliças no Brasil. In: **VII JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica**. 2018.

CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. Anuário Hortifruti Brasil: Top 10 do consumo de HF. **Hortifruti Brasil**, n. 176, p.34, 2018.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.

CRISOSTO C.H.; MITCHAM, E. J.; KADER, A. A. **Pomegranates. Produce Facts**. 2000. [book online] Acesso em: <http://postharvest.ucdavis.edu/>.

CURVELO, C. R. S.; FERNANDES, E. F.; DINIZ, L. H. B.; PEREIRA, A. I. A. Desempenho agrônomo da couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) em função da adubação silicatada. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 1, p. 87-91, 2019.

DI GIOIA, F. et al. Zinc and iron agronomic biofortification of *Brassicaceae microgreens*. **Agronomy**, v. 9, n. 11, p. 677, 2019.

DONADO-PESTANA, C. M. et al. Stability of carotenoids, total phenolics and in vitro antioxidant capacity in the thermal processing of orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) cultivars grown in Brazil. **Plant foods for human nutrition**, v. 67, p. 262-270, 2012.

DUARTE, V. da L. Alimentos biofortificados na merenda escola: relato sobre o projeto cooperar e crescer. Cachoeira do Sul. 2021.

DUTRA, A. F. Selênio no desempenho fisiológico e biofortificação agrônoma da couve-flor. 2017.

EMBRAPA. **Colheita e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças**. / Marcos David Ferreira (ed.). – São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. 144 p. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPDIA-2009-09/11483/1/LI\\_2008.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPDIA-2009-09/11483/1/LI_2008.pdf). Acesso em: 27 set. 2023.

EMBRAPA. **Arroz, trigo e abóbora serão os próximos alimentos a serem biofortificados com micronutrientes pela Embrapa**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/83938591/arroz-trigo-e-abobora-serao-os-proximos-alimentos-a-serem-biofortificados-com-micronutrientes-pela->

embrapa?link=agencia&fbclid=PAAabTvltsGE0oYi1KsNPc8pw-0t\_RyvRvHyqHI470yp0NFFDLUZ3BB3hQyal. Acesso em: 25 out. 2023.

FAO et al. **The state of food security and nutrition in the World**. Transforming food systems for affordable healthy diets. 2020. Disponível em: [https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000117811/download/?\\_ga=2.267975625.675003143.1606193841-373104643.1606193841](https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000117811/download/?_ga=2.267975625.675003143.1606193841-373104643.1606193841). Acesso em: 21 set. 2023.

FAO et al. **The state of food insecurity in the world 2022: REPURPOSING FOOD AND AGRICULTURAL POLICIES TO MAKE HEALTHY DIETS MORE AFFORDABLE**; Roma: FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc0639en/cc0639en.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2023.

FINGER, F. L.; FRANÇA, C. F. M. Pré-resfriamento e conservação de hortaliças folhosas. In: **Congresso Brasileiro de Olericultura**. 2011.

FOLHA DE SÃO PAULO. **O que é a fome oculta e como a biofortificação pode ajudar**: o que a ciência diz sobre plantar alimentos com mais nutrientes para suprir deficiências. O que a ciência diz sobre plantar alimentos com mais nutrientes para suprir deficiências. 2023. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/blogs/ciencia-fundamental/2023/09/o-que-e-a-fome-oculta-e-como-a-biofortificacao-pode-ajudar.shtml?fbclid=PAAaaxrZNd7b0wMZB4oLcvdo4akSQIOH1zrJ5i0nKJHQzJrA947mPq5HXikk>. Acesso em: 10 set. 2023.

GALATI, V. C. et al. Aplicação de silício, em hidroponia, na conservação pós-colheita de alface americana 'Lucy Brown' minimamente processada. **Ciência Rural**, v. 45, p. 1932-1938, 2015.

GÓIS, G. R. et al. Influência do congelamento e tempo de estocagem na preservação dos carotenoides totais em abóbora. 2016.

GRACIANO, P. D. et al. Biofortificação agrônômica com zinco em cultivares de alface crespa. 2019.

GRAHAM, R. D. et al. Nutritious subsistence food systems. **Advances in agronomy**, v. 92, p. 1-74, 2007.

GUERRERO, A. C.; DA SILVA BORGES, L.; FERNANDES, D. M. Efeito da aplicação foliar de silício em rúcula cultivada em dois tipos de solos. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 4, p. 591-596, 2011.

HENZ, G. P. Postharvest losses of perishables in Brazil: what do we know so far?. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 6-13, 2017.

ISLAM, M. Z.; MELE, M. A.; KANG, H.-M. Gaseous, physicochemical and microbial performances of silicon foliar spraying techniques on cherry tomatoes. **AGRIVITA, Journal of Agricultural Science**, v. 40, n. 2, p. 185-192, 2018.

- JACINTO, A. C. P. et al. Resistência vertical e horizontal de progênies F5: 6 de alface biofortificada a raças de *Bremia lactucae*. 2018.
- KIMATI, H. et al. ed. Manual de Fitopatologia. Volume 2. Doenças das Plantas Cultivadas. 4ª Edição. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. 2005. 666.p.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura. 3. ed. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 28 p. (Boletim Técnico, 01).
- LANA, M. M. Perdas e desperdício de hortaliças no Brasil. Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. In: DOLABELLA, R. (coord.). et al. Perdas e desperdício de alimentos: estratégias para redução. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2018.
- LIMA, B. M. de. Biofortificação agronômica de alface com zinco em cultivo hidropônico. 2021.
- LIMA, F. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOUSA, C. S. Zinc fertilization as an alternative to increase the concentration of micronutrients in edible parts of vegetables. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, p. 403-408, 2015.
- LIU, S.-C.; LIN, J.-T.; YANG, D.-J. Determination of cis-and trans- $\alpha$ -and  $\beta$ -carotenoids in Taiwanese sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) harvested at various times. **Food Chemistry**, v. 116, n. 3, p. 605-610, 2009.
- LÓPEZ-MORALES, D. et al. Impact of agronomic biofortification with zinc on the nutrient content, bioactive compounds, and antioxidant capacity of cowpea bean (*Vigna unguiculata* L. Walpers). **Agronomy**, v. 10, n. 10, p. 1460, 2020.
- LOUREIRO, M. P. et al. Biofortificação de alimentos: problema ou solução?. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 25, n. 2, p. 66-84, 2018.
- MACHADO, B. Q. V. Biofortificação agronômica da cebola com selênio e aspectos produtivos. 2022.
- MARODIN, J. C. et al. Tomato post-harvest durability and physicochemical quality depending on silicon sources and doses. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 361-366, 2016.
- MARODIN, J. C. et al. Yield of tomato fruits in relation to silicon sources and rates. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 220-224, 2014.
- MELLO PRADO, Renato. **Nutrição de plantas**. Editora Unesp, 2021.
- MOURA GUERRA, A. M. N. et al. Conservação pós-colheita de maxixe (*Cucumis anguria*) sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 145-154, 2020.

NUNES-NESE, A.; FERNIE, A. R.; STITT, M. Metabolic and signaling aspects underpinning the regulation of plant carbon nitrogen interactions. **Molecular plant**, v. 3, n. 6, p. 973-996, 2010.

NUTTI, M. R. A história dos Projetos HarvestPlus, AgroSalud e BioFORT no Brasil. 2011.

OLIVEIRA, J. G.; VITÓRIA, A. P. Papaya: Nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders. An overview. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1306-1313, 2011.

OLIVEIRA, L. C. P. et al. Efeito da adubação silicatada em hortaliças não convencionais. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 2, p. 224-229, 2020.

PEREIRA, I. S.; PEREIRA, M. T.; Olericultura. 1. Ed –Brasília: NT Editora.2016.

PIXLEY, K. et al. Maize Harvest Plus: biofortifying maize with provitamin A carotenoids. IV Reunião de Biofortificação. Teresina, Piauí, 2011.

PUCCINELLI, M.; MALORGIO, F.; PEZZAROSSA, B. Selenium enrichment of horticultural crops. **Molecules**, v. 22, n. 6, p. 933, 2017.

REDE BIOFORT. **Variedades biofortificadas da Embrapa**. 2022. Disponível em: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/11dApOiuUbwjpPYAFdWZETFIKWxq3gTQd9Hk4Dc0q1og/edit#gid=2051260413>. Acesso em: 25 set. 2023.

REES, D., FARRELL G., ORCHARD, J. **Crop post-harvest: Science and technology**, v. 3, Perishables John Wiley & Sons. 2012. 498p.

RÊGO, E. R. do; FERREIRA, A. P. S.; RÊGO, M. M. do; FINGER, F. L. **Fisiologia e manejo pós-colheita de flores, frutos e hortaliças**. João Pessoa: UFPB, 2023. Disponível em: <http://www.editora.ufpb.br/sistema/press5/index.php/UFPB/catalog/view/990/1040/11814-1>. Acesso em: 20 set. 2023.

RESENDE, G. M. de et al. Produção de alface americana em função de doses e épocas de aplicação de Supa Potássio®. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 174-178, 2005.

RIBEIRO, A. R. A.; BORGES, A. R. Relação entre os metais potencialmente tóxicos e o consumo de hortaliças no Brasil: uma revisão sistemática. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 7, p. 50445-50457, 2022.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods**. Arlington, VA: John Snow Incorporated/OMNI Project, 1997.

ROSA, C. I. L. F. et al. Pós-colheita e comercialização. **Hortaliças-fruto**. EDUEM, p. 489-526, 2018.

RUGELES REYES, S. M. Aplicação foliar de zinco na biofortificação de rúcula. 2017.

SALTVEIT, M. E. Respiration metabolism. In: UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE-USDA. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. p. 6875. Washington, 2016.

SANTOS, M. M. M. dos. Biofortificação do tomateiro com silício via foliar pulverização foliar com diferentes fontes. 2018.

SILVA, D. L. Relação do cálcio e do silício na produção de matéria seca e na qualidade de plantas de repolho e de rúcula. 2021.

SILVA, V. M. et al. Selenate and selenite affect photosynthetic pigments and ROS scavenging through distinct mechanisms in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) walp) plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 201, p. 110777, 2020.

SOCOL, C. P. et al. Alimentos biofortificados no Brasil e sua importância no combate à fome oculta. 2021.

SOUSA, L. A. et al. Dissimilaridade, parâmetros genéticos, índices de seleção e resistência a *Meloidogyne* spp. em alface biofortificada. 2020.

SOUZA, J. Z. de. Fontes e concentrações de silício foliar na produção e na qualidade da acelga e da couve. 2018.

SOUZA, J. Z. et al. Silicon leaf fertilization promotes biofortification and increases dry matter, ascorbate content, and decreases post-harvest leaf water loss of chard and kale. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, n. 2, p. 164-172, 2019.

SOUZA, R. S. **Efeitos da aplicação de silício sobre a qualidade pós-colheita do repolho (*Brassica oleracea* var. *Capitata* L.) durante o armazenamento.** 2014. 34 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** Artmed Editora, 2017.

VENÂNCIO, J. B. Produção, morfofisiologia e qualidade de cebola sob salinidade e aplicação de silício. 2021

VERGUTZ, L. et al.; Biofortificação de alimentos: saúde ao alcance de todos. **Boletim informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.** v. 42, n. 2, p. 20-23, 2016.

WATSON, J. A. et al. Postharvest Storage, Packaging and Handling of Specialty Crops: A Guide for Florida Small Farm Producers: HS1270/HS1270, 10/2015. **EDIS**, v. 2016, n. 1, p. 18-18, 2016.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets—iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. **New Phytologist**, v. 182, n. 1, p. 49-84, 2009.

WHO. 2015. **Promoting fruit and vegetable consumption around the world**. <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/en/>. Disponível em: 02 jun. 2023.

WOOLFE, J. A. **Sweet potato: an untapped food resource**. Cambridge University Press, 1992.

YADAV, A. et al. Edible coating as postharvest management strategy for shelf-life extension of fresh tomato (*Solanum lycopersicum* L.): An overview. **Journal of Food Science**, v. 87, n. 6, p. 2256-2290, 2022.

YAHIA, E. M.; CARRILLO-LOPEZ, A. (Ed.). **Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables**. Woodhead publishing, 2018.