



MATEUS JOAQUIM LOPES GERALDO

**SELÊNIO E IODO NA MELHORIA DA QUALIDADE DE
ABACATE, AZEITONA E SEUS ÓLEOS PRODUZIDOS
EM REGIÕES SUBTROPICAIS DE ALTITUDE**

**LAVRAS-MG
2024**

MATEUS JOAQUIM LOPES GERALDO

**SELÊNIO E IODO NA MELHORIA DA QUALIDADE DE ABACATE,
AZEITONA E SEUS ÓLEOS PRODUZIDOS EM REGIÕES SUBTROPICAIS
DE ALTITUDE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Rafael Pio

Orientador

Prof. Dr. Pedro Maranha Peche

Coorientador

**LAVRAS-MG
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Geraldo, Mateus Joaquim Lopes.

Selenio e iodo na melhoria da qualidade de abacate, azeitona e seus óleos produzidos em regiões subtropicais de altitude / Mateus Joaquim Lopes Geraldo. - 2024.

55 p.

Orientador(a): Rafael Pio.

Coorientador(a): Pedro Maranhã Peche.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Abacate. 2. Azeitona. 3. Óleos. I. Pio, Rafael. II. Peche, Pedro Maranhã. III. Título.

MATEUS JOAQUIM LOPES GERALDO

SELÊNIO E IODO NA MELHORIA DA QUALIDADE DE ABACATE, AZEITONA E SEUS ÓLEOS PRODUZIDOS EM REGIÕES SUBTROPICAIS DE ALTITUDE

SELENIUM AND IODE IN IMPROVING THE QUALITY OF AVOCADO, OLIVES AND THEIR OILS PRODUCED IN SUBTROPICAL ALTITUDE REGIONS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 23 de outubro de 2024.

Dr. Cleiton Antônio Nunes UFLA

Dr. Luiz Fernando de Oliveira da Silva EPAMIG

Dr. Pedro Maranhã Peche UFLA

Prof (a). Dr (a). Rafael Pio
Orientador (a)

**LAVRAS-MG
2024**

A todos aqueles que lutaram
pela criação e manutenção
das instituições públicas de ensino.
Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Pai Celestial pelas bem-aventuranças que me permitiram chegar até aqui; à minha família pelo amor incessante; à minha namorada pelo carinho; aos meus amigos pelo companheirismo; à Universidade Federal de Lavras pelas oportunidades; à República RanXera pela receptividade; aos meus orientadores, colegas, e funcionários por todo auxílio ao longo do trabalho; à ESAL, aos setores de Fruticultura, Grandes Culturas, Sementes, Tecnologia de Alimentos, Fisiologia Vegetal, Engenharia Ambiental e Ciência do Solo, aos órgãos de fomento FAPEMIG (Processo APQ-03781-22) e CNPq (Processo 403040/2023-0), à EPAMIG (Campo Experimental de Maria da Fé-MG), ao grupo MFVEIGA AGRONEGÓCIOS e a Casa Grappolo – Azeite Fio de Ouro, pelo apoio. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Quem passou pela vida em branca nuvem,
E em plácido repouso adormeceu,
Quem não sentiu o frio da desgraça,
Quem passou pela vida e não sofreu,
Foi espectro de homem, não foi homem,
Só passou pela vida, não viveu.”
(Francisco Otaviano)

RESUMO

Foram realizados dois experimentos de biofortificação com selênio e iodo em frutíferas oleaginosas (abacateiro 'Hass' e oliveira 'Arbosana') cultivadas em regiões subtropicais de altitude e com inverno ameno. Os experimentos foram realizados em duas fazendas comerciais de abacateiros e oliveiras. Foi utilizado delineamento experimental por blocos casualizados, com quatro blocos e sete tratamentos, sendo um tratamento como testemunha, três tratamentos a base de selênio (Selenato de sódio - fonte inorgânica de selênio; Fusiun SE® - fonte orgânica de selênio; Nutriduo® - fonte inorgânica de selênio) e três tratamentos a base de selênio e iodo (Selenato de sódio + iodato de potássio - fonte inorgânica de iodo; Fisiun SE® + iodato de potássio; Nutriduo® + iodato de potássio). Foram realizadas duas aplicações dos tratamentos, em um intervalo de 30 dias. Os frutos foram colhidos no ponto de maturação fisiológica. Os frutos foram analisados quanto suas características carpométricas, bioquímicas e variáveis associadas ao rendimento e composição dos óleos extraídos. Os frutos de abacateiros submetidos aos tratamentos não tiveram alterações significativas em suas dimensões, todavia apresentaram diferença nas médias para a perda de massa. Os tratamentos foram responsáveis pela alteração do rendimento de azeite de abacate, de suas características físico-químicas e de sua coloração. Os frutos de azeitonas oriundas de oliveiras submetidas aos tratamentos tiveram alterações carpométricas. Os tratamentos foram responsáveis pela alteração do rendimento de azeite de oliva, de sua qualidade e coloração. Assim, os elementos selênio e iodo mostraram potencial de serem utilizados em frutíferas oleaginosas com o objetivo de se produzir frutos e azeites de melhor qualidade.

Palavras-chave: abacateiro; oliveira; qualidade de óleo.

ABSTRACT

Two biofortification experiments were carried out with selenium and iodine in oilseed fruit trees ('Hass' avocado and 'Arbosana' olive tree) grown in subtropical regions of high altitude and mild winter. The experiments were carried out on two commercial avocado and olive farms. A randomized block experimental design was used, with four blocks and seven treatments, with one treatment as a control, three treatments based on selenium (Sodium selenate - inorganic source of selenium; Fusiun SE® - organic source of selenium; Nutriduo® - source inorganic selenium) and three treatments based on selenium and iodine (Sodium selenate + potassium iodate - inorganic source of iodine; Fisiun SE® + potassium iodate; Nutriduo® + potassium iodate). Two applications of the treatments were carried out, at an interval of 30 days. The fruits were harvested at the point of physiological maturity. The fruits were analyzed for their carpometric, biochemical characteristics and variables associated with the yield and composition of the extracted oil. Fruits from lowerings subjected to treatments did not have significant changes in their dimensions, however, there was a difference in the averages for mass loss. The treatments were responsible for changing the yield of avocado oil, its physical-chemical characteristics and its color. Olive fruits from olive trees subjected to treatments subject to carpometric changes. The treatments were responsible for changing the yield of olive oil, its quality and color. Thus, the elements selenium and iodine showed the potential to be used in oilseed fruit crops with the aim of producing better quality fruits and oils.

Keywords: olive tree; avocado tree; oil quality.

INDICADORES DE IMPACTO

A produção de frutas oleaginosas e seus óleos têm crescido a cada ano. Em um cenário de aumento populacional, a demanda por alimento se torna uma vertente essencial. Dado que é vista a possibilidade de cultivar plantas como abacate e oliveira em regiões subtropicais de altitude de inverno ameno, a avaliação de métodos para melhoria de qualidade de óleos e frutos produzidos nesta região é imprescindível. A metodologia utilizada no trabalho teve por objetivo esta avaliação. Os resultados obtidos através dela possibilita o vislumbre de horizontes para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a produção de frutíferas oleaginosas em nosso país. Os tratamentos utilizados possibilitam o apoderamento das fontes de selênio e iodo utilizadas na pesquisa, bem como das suas dosagens. Portanto, o estudo avaliou as diferentes fontes de selênio, além de tratamentos a base de iodo nas variáveis resposta associadas a frutos e óleos obtidos das plantas submetidas aos tratamentos.

IMPACT INDICATORS

The production of oilseed fruits and their oils has grown every year. In a scenario of population increase, the demand for food becomes an essential aspect. Given that the possibility of cultivating plants such as avocado and olive trees in subtropical regions of altitude with mild winters is seen, the evaluation of methods for improving the quality of oils and fruits produced in this region is essential. The methodology used in the work aimed at this evaluation. The results obtained through it make it possible to glimpse horizons for the development of research related to the production of oilseed fruit in our country. The treatments used make it possible to capture the sources of selenium and iodine used in the research, as well as their dosages. Therefore, the study evaluated different sources of selenium, in addition to iodine-based treatments in response variables associated with fruits and oils obtained from plants subjected to treatments

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	Produção brasileira de azeitonas.....	14
2.2	Produção brasileira de abacates	15
2.3	Selênio	16
2.4	Iodo	20
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1	Experimento 1.....	23
3.2	Experimento 2.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
6	CONCLUSÃO.....	47
7	REFERÊNCIAS.....	48

1. INTRODUÇÃO

A produção comercial de frutíferas oleaginosas no Brasil, visando a extração de azeites, apesar de ainda incipiente, tem ganhado cada vez mais notoriedade. Isso porque o Brasil é um dos maiores importadores de azeite de oliva e a produção de azeitonas e a extração do azeite é uma atividade recente e que necessita de muitas pesquisas nesta cadeia, sobretudo, para viabilizar a alta produção de azeitonas em diferentes condições edafoclimáticas. Diante desse fato, o azeite de abacate vem de encontro como uma excelente possibilidade, pois, o Brasil é um grande produtor de abacates e seu azeite possui características químicas bem similares ao azeite de oliva.

No estado de Minas Gerais, as regiões Sul e Campo das Vertentes têm se demonstrado com alto potencial produtivo para abacates e azeitonas, produzindo frutos e subprodutos de excelente qualidade. A produção vem desenvolvendo na localidade uma cadeia produtiva, com alta importância econômica e social, capaz de gerar emprego e renda. Importante frisar que, apesar das características químicas semelhantes entre os azeites de oliva e de abacate, há necessidade de se aprimorar a qualidade e, principalmente as estratégias de marketing visando a elevação do consumo do azeite de abacate.

O tema se demonstra crescente no ponto de vista quantitativo de materiais, dadas as diversas contribuições de pesquisadores e cientistas. Em consonância acerca do assunto, diversos tópicos têm se desenvolvido paralelos ao tema. Não obstante a realidade atual da produção de alimentos no mundo, a biofortificação é uma das pautas levantadas, vistas as atuais discussões a respeito da segurança alimentar de uma população crescente.

Constantemente as plantas estão expostas a estresses abióticos, produto das altas temperaturas e distribuição irregular das precipitações, considerando-se assim o estresse hídrico como um dos principais fatores limitantes na produtividade das plantas nas regiões subtropicais brasileiras. Adubações com selênio pode apresentar resultados positivos devido à função desses elementos de propiciar mecanismos de resistência nas plantas. O iodo apresenta evidências de ter um papel no processo metabólico das plantas, promovendo o aumento da produção de biomassa e antecipação da floração.

A biofortificação de oliveiras (*Olea europaea* L.) e abacates (*Persea americana* Mill.) nas regiões subtropicais de altitude do estado de Minas Gerais para produção de azeites e frutos de melhor qualidade possui potencial intrínseco de agregar valor à produtos de alta importância para o desenvolvimento da região, associando ao oferecimento de alimentos de melhor qualidade ao consumidor final.

Para se constatar a eficiência desta prática de manejo sobre as frutíferas oleaginosas, como a oliveira e o abacateiro, este estudo teve como objetivo verificar o efeito do selênio e do iodo na melhoria da qualidade azeitonas e abacates produzidos em regiões subtropicais de altitude, bem como na qualidade dos azeites.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. PRODUÇÃO BRASILEIRA DE AZEITONAS

A Oliveira é uma planta pertencente à família botânica Oleaceae. Dentre as espécies pertencentes a esta família, a oliveira é a única capaz de dar origem a frutos comestíveis. Ao lado de culturas como trigo e a videira, o cultivo de azeitonas está agrupado como sendo um dos mais antigos registrados. Há relatos de que a espécie é originária de uma região compreendida do Sul do Cáucaso até as altas planícies do Irã, se estendendo também por Palestina, Chipre, Síria e Egito, posteriormente estendendo seu cultivo para diversos países ao redor do globo (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009).

O azeite de oliva, tal como as azeitonas de mesa, desde sempre apresentou um elevado interesse socioeconômico, fazendo, desde a antiguidade, parte da dieta mediterrânea. Obtido através de processos mecânicos, o azeite de oliva é capaz de conservar o sabor, o aroma e as propriedades do fruto (FERREIRA, 2012). O azeite de oliva possui uma diversidade de utilização ao longo do tempo como forma de alimentação, medicina, cosmética, lubrificação de ferramentas e combustível (GOUVEIA, 2002).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a região mediterrânea ainda se destaca como maior produtora de oliva do mundo, com destaque para Espanha, Grécia e Itália. Mundialmente, a espécie *Olea europaea* possui grande importância socioeconômica, visto que o consumo de azeite faz parte da rotina alimentar de diversas famílias em todo mundo (GOULAS et al., 2009).

No Brasil, a oliveira foi introduzida por imigrantes europeus, por seu simbolismo religioso, no século XIX. Todavia, seu cultivo comercial teve sua expansão no século XXI, com o aumento da imigração após a segunda guerra mundial. As regiões sul e sudeste tiveram maior relevância na época, com destaque para os estados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais (GOMES, 1979).

Os estudos relacionados a olivicultura no Brasil, tiveram início na década de 1940, porém só tomou maiores proporções no início do século XXI, com iniciativas de órgãos como o Ministério da Agricultura, Embrapa e EPAMIG. Estes estudos propiciaram o desenvolvimento de novas cultivares e a caracterização de regiões mais adaptadas ao cultivo da oliva. Dentre as variedades mais cultivadas no Brasil se destacam Arbequina, Arbosana, Picual, Koroneiki, Grappolo, Ascolana, Frantoio e Manzanilla (MESQUITA; OLIVEIRA; MESQUITA, 2006).

O cultivo de oliveiras, geralmente, ocorre em regiões de clima temperado, ainda que seja possível observá-lo em regiões subtropicais, de inverno ameno. No entanto, o fator climático ainda possui influência direta nos estádios fenológicos da cultura, determinando seu período de floração, polinização, fixação dos frutos, maturação, época de colheita e qualidade de frutos e azeites (WREGE et al., 2015). Na maioria das regiões produtoras do Brasil, a colheita de azeitonas ocorre entre janeiro e abril.

Atualmente, o Brasil está entre os três maiores importadores mundiais de azeite de oliva e azeitonas de mesa (PIONEIRISMO EM GRANDE ESTILO, 2019). De acordo com o Conselho Oleícola Internacional (COI), o Brasil importa anualmente mais de 100 mil toneladas de azeite estrangeiro. O consumo de azeite no Brasil tem crescido mais a cada ano. Com o objetivo de suprir a demanda interna de azeite, diversos produtores do país, mais especificamente do sul de Minas Gerais e do Rio Grande do Sul, têm investido no estabelecimento de olivais em suas propriedades (GARCIA et al., 2018). De acordo com o IBGE, em 2022, a produção de azeitonas produzidas foi cerca de quatro mil toneladas.

A variedade ‘Arbosana’, uma das principais variedades cultivadas no Brasil, possui sua origem na região da Catalunha, na Espanha. De forma comum, ela é utilizada em plantios superintensivos. Se trata de uma variedade de pequena estatura e de alto rendimento de azeite (cerca de 20%). Possui maturação tardia e uma alta resistência ao frio. Dando origem a azeites picantes e levemente amargos, ideal para acompanhar massas e saladas. (ROSSINI, 2014). Se caracteriza por seu médio-alto teor em ácido oleico, médio em ácido palmítico e médio-baixo em ácido linoleico (HUGUET, 2010).

2.2. PRODUÇÃO BRASILEIRA DE ABACATES

O abacate, da espécie *Persea americana* Mill, é uma planta pertencente à família *Lauraceae*. De origem subtropical, mais especificamente, da América Central, o Abacate se trata de uma das frutíferas com maior produção por área cultivada (TANGO; TURATTI, 1992). Devido sua origem e natureza, se adaptou bem em solo brasileiro, sendo cultivada em todos estados atualmente. As variedades com maior importância nacional são Hass Breda, Fortuna, Fuerte, Geada, Margarida, Ouro Verde e Quintal (SILVA, 2019). Sendo que, a sazonalidade de cada variedade depende de condições climáticas que influenciam em uma produção mais precoce ou tardia. As mais de 500 variedades de abacate existentes são originárias de três raças distintas: antilhana, guatemalense e mexicana (KREZDORN, 1974).

Além de sua importância socioeconômica nas regiões produtoras, a fruta possui alto potencial nutricional, tendo como destaque seus altos teores de óleos, minerais, vitaminas, fibras, proteínas, carotenoides, esteróis e fenóis (LEE et al., 2004). Estudos, ainda, indicam que o abacate possui compostos lipofílicos anticancerígenos (DING et al., 2007).

Não se sabe o momento exato em que o abacate foi introduzido no Brasil, todavia, o primeiro relato do cultivo da frutífera data o ano de 1787. No século XIX, as áreas cultivadas se expandiram, sobretudo no estado de São Paulo (DONADIO et al., 2010). De acordo com o IBGE, em 2022, o Brasil produziu mais de 300 mil toneladas de abacate em uma área cultivada de mais de 19 mil hectares. Com destaques para os estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná. Entre os anos de 2017 e 2021, o cultivo do fruto cresceu cerca de 38%.

Além do seu consumo *in natura*, o abacate pode ser utilizado para extração de azeite. O azeite de abacate, em partes, se assemelha ao azeite de oliva, principalmente pelas propriedades físico-químicas e nutricionais (BLEINROTH; CASTRO, 1992), como o teor de vitaminas, minerais, de B-sitosterol e ácido oleico, sendo que o teor de ácidos graxos pode variar de acordo com o grau de maturação do fruto, pela localização da cultura e por fatores climáticos (TANGO; TURATI, 1992). Seu consumo é fundamental na regulação das taxas de colesterol, redução da pressão arterial, saúde ocular, redução de inflamações, perda de peso, absorção de nutrientes, controle de diabetes, combate ao envelhecimento, a doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (SILVA, 2019).

Além da sua destinação alimentícia, o azeite de abacate pode ser utilizado para fins cosméticos, devido seu alto teor de vitamina E, o que lhe confere propriedades regenerativas e fácil absorção no tecido epidérmico (MASSAFERA et al., 2010). No Brasil, o azeite de abacate ainda é pouco utilizado.

A produção mundial de azeite de abacate que abastece o setor alimentício ainda é pequena, dando espaço para exploração, devido a fruta possuir rendimento de aproximadamente 2800 litros de azeite por hectare (PEREIRA, 2015).

A cultivar Avocado, ou também denominada ‘Hass’ se destaca por seu alto teor de óleo e firmeza de poupa, apesar de tamanho inferior às demais variedades, sendo amplamente utilizada para extração de azeite. A variedade é oriunda do possível cruzamento natural de variedades das raças guatemalense e mexicana. Chegou ao Brasil na década de 1970 e atualmente é a variedade mais cultivada e valorizada em todo mundo (DONADIO, 1995).

2.3. SELÊNIO

O selênio é um elemento químico de símbolo ‘Se’, de número atômico 34 e com massa atômica de 78u, sendo encontrado em estado sólido em condições normais de temperatura e pressão. Considerado essencial para o desenvolvimento de organismos animais e vegetais (RAYMAN, 2002), o selênio, geralmente, é encontrado em baixas taxas em solos e alimentos. Foi descoberto em 1817, pelo químico sueco Jons Jakob Berzelius, que nomeou o elemento com inspiração na palavra grega “Selene”, que significa Deusa da Lua (TERRY et al., 2000). É um elemento de distribuição altamente variável na superfície terrestre (WHO, 1987).

A concentração do selênio na crosta terrestre é considerada baixa, onde o selênio ocupa a 70ª posição. As formas desse elemento que mais são encontradas na natureza são o selenito (SeO_3^{2-}) e selenato (SeO_4^{2-}), entretanto também podem ser encontrados em menores quantidades o selênio na forma elementar (Se_0) e o selênio na forma orgânica (FORDYCE, 2007). As rochas magmáticas e calcárias normalmente possuem baixa concentração de selênio, enquanto que as rochas sedimentares apresentam maiores teores, uma vez que ele está mais associado a fração argila (SHARMA et al., 2014).

O interesse em estudos a respeito do elemento se intensificou a partir da descoberta de seu papel para as células animais, na década de 1950 (SCHWARZ; FOLTZ, 1957).

O selênio é um micronutriente humano essencial que envolve vários processos fisiológicos e metabólicos. Este elemento está associado ao fortalecimento do sistema imunológico humano, e sua recomendação média de ingestão para adultos é de 60–70 μg dia⁻¹ (GALIC et al., 2021; GAROUSI, 2017). A pequena ingestão de selênio pode acarretar diversas doenças como câncer e hipotireoidismo, além da diminuição da capacidade do sistema imunológico (ELLIS; SALT, 2003).

Como estratégia de maximizar a ingestão de selênio por humanos tem-se buscado aumentar seu teor em alimentos consumidos em dietas (WHITE; BROADLEY, 2009) e uma destas formas é justamente aumentar o teor deste nutriente em culturas agrícolas, através de adubação (GRAHAM et. al., 2007).

O teor de selênio em plantas está ligado diretamente com a pedologia e gênese nas áreas de cultivo (ANDERSON et al., 1961), sendo que, em espécies vegetais, este elemento apresenta propriedades semelhantes ao do enxofre, sendo precursor de aminoácidos (WHANGER, 2002). O selênio pode ser encontrado em diversos estados de oxidação incluindo selenato, selenito, selênio elementar e seleneto, sendo os dois primeiros de forma mais comum

(CASTEEL; BLODGETT, 2004). Alguns estudos indicam que o selênio compete com o fósforo no processo de absorção (HOPPER; PARKER, 1999).

O selênio presente no solo é resultado do intemperismo, da atividade vulcânica, resíduos e fertilizantes aplicados. Contudo, seu teor é dependente do pH, competição com ânions, óxidos de ferro e tipo de argila (DHILLON; DHILLON, 2003). Em solos alcalinos, é comum a presença de selênio na forma de selenato e em solos ácidos ou próximos a neutralidade, a presença de selênio predomina na forma de selenito. No Brasil, o maior valor de concentração de selênio no solo é observado na região amazônica, com níveis variando de 15,8 a 37,1 mg kg⁻¹ (MOREDA-PIÑEIRO et al., 2018). No Brasil há relatos de valores entre 0,008 a 1,61 mg kg⁻¹ em solos no estado de São Paulo (GABOS; GOLDBERG; ALLEONI, 2014) e de 0,022 a 0,072 mg kg⁻¹ em solos do Cerrado (CARVALHO et al., 2019). Vários fatores interferem na disponibilidade do selênio no solo, como por exemplo, o pH, o teor de matéria orgânica, o tipo de argila e o potencial redox (CARTES; GIANFREDA; MORA, 2005).

As formas em que o selênio é encontrado no solo influenciam na sua mobilidade e disponibilidade. Ambientes altamente intemperizados podem adsorver selenito reduzindo a sua disponibilidade, adsorção essa que é classificada como específica e pode ocorrer principalmente por óxidos de ferro (hematita e goethita) (ROVIRA et al., 2008), que são mais ocorrentes em solos com essa característica. Pesquisas com a adsorção de selênio em solos de região tropical relataram que o teor de selênio adsorvido reduziu à medida que aumentou o pH do meio. Quando o pH do solo estava em 3, a adsorção foi de 83% para selenito e 46% para selenato, enquanto que em pH 7 esses valores foram de 59% e 15%, respectivamente (ROVIRA et al., 2008).

Outro fator que também interfere na adsorção de selênio é a presença de outros íons na solução do solo que podem competir diretamente com ele. O grau de interferência depende, entretanto, da concentração e da interação competitiva entre o selênio e o ânion (KIM et al., 2012). Ânions sulfato (SO₄²⁻), nitrato (NO₃⁻) e fosfato (PO₄³⁻), que compõem a solução do solo, favorecem a redução na adsorção de selênio, devido à competição pelos sítios de adsorção (NAKAMARU; SEKINE, 2008). Além disso, quando os ânions se ligam às cargas positivas, cargas negativas são adicionadas à superfície do solo e isso dificulta ainda mais a adsorção dos ânions selenato e selenito, pois aumentam as forças de repulsão eletrostática. Segundo Lessa et al. (2016), a retenção de selênio em solos cultivados é menor do que em solos onde não há presença de cultivos, uma vez que solos cultivados tendem a ter maior quantidade de íons competidores pois são solos que podem receber fertilização.

As plantas absorvem o selênio mais facilmente na forma de selenato, devido ao selenito normalmente se ligar ao ferro e formar complexos com a matéria orgânica presente no solo (MALAVOLTA, 1980). Na forma orgânica, é encontrado como metilselenídeos voláteis, íons trimetilselenônio e aminoácidos contendo selênio (YANG et al., 2022). Em sistemas agrícolas, o selênio absorvido pelas plantas pode ser compensado por meio da aplicação de fertilizantes contendo o elemento (EDER; EDELBAUER, 2001). A associação de selênio com fertilizantes fosfatados é uma alternativa que pode ser viável para aumentar a concentração desse elemento nas plantas. Na cultura do arroz, Liu et al. (2004) conseguiram aumentar a absorção de selênio com a adição de fósforo no solo.

Grande parte dos nutrientes fundamentais aos animais também desempenham funções importantes no metabolismo vegetal. Desta forma, o selênio migrou da categoria de elemento tóxico para elemento essencial (MALAVOLTA, 2006). Assim, a função antioxidante do selênio em vegetais tem como consequência direta, a eliminação de radicais livres, assim como ocorre no organismo animal. Todavia, a toxicidade em plantas pelo excesso de selênio pode ser observada, sendo comum o atraso no crescimento e clorose nas folhas (MALAVOLTA, 1980).

O selênio possui um papel importante nas reações antioxidantes, dado o aumento da atividade da enzima glutathione peroxidase, responsável pela eliminação de espécies reativas de oxigênio e peróxidos lipídicos, levando as plantas, maior tolerância a estresses abióticos e preservando os lipídeos presentes nas membranas celulares (ANDRADE et al., 2018).

No Brasil, estudos a respeito da utilização de selênio em plantas ainda se mostram escassos, ainda que a deficiência deste nutriente na população e nos solos brasileiros já tenham sido atestadas. Mostrando que pesquisas relacionadas ao elemento se mostram de altíssimo potencial, seja para biofortificação ou para manejo de culturas.

Dentre as estratégias para aumentar a concentração de Se nas partes comestíveis, a biofortificação genética e agronômica são as mais utilizadas, sendo a biofortificação agronômica mais eficiente para o Se (GALIC et al., 2021). A biofortificação agronômica envolve a aplicação de Se por meio de fertilização, visando maior acúmulo na parte comestível da planta (GALIC et al., 2021). Vários estudos em diferentes países indicam e justificam a eficiência e a segurança ambiental desse método de enriquecimento nutricional com Se, utilizando diversas culturas para essa finalidade (SILVA et al., 2023; RAVELLO et al., 2021).

A biofortificação agronômica depende de vários fatores que interagem, como método de aplicação, doses, época de aplicação, fontes utilizadas, tipo de solo e espécie vegetal (GALIC et al., 2021; GAROUSI, 2017; QUINET et al., 2019), sendo a aplicação foliar mais eficiente

que a fertilização do solo. As principais fontes de Se utilizadas na pulverização foliar agrícola são sais como selenato de sódio e seleneto de sódio. Entretanto, estudos recentes mostraram que o uso de fertilizantes multinutrientes com Se pode aumentar a absorção/redistribuição de Se pelas plantas em comparação com sais de selênio (SILVA et al., 2023).

Estudos relatam que de todo o selênio presente no solo, menos de 20% está presente nos minerais, enquanto que o selênio presente na matéria orgânica corresponde a mais de 40% do total (QIN et al., 2013). A presença de matéria orgânica no solo favorece o desenvolvimento de microrganismos e estes quando presentes no solo podem facilitar a volatilização de selênio por meio da transformação de formas inorgânicas em formas metiladas como o dimetil-seleneto (DMSe) e dimetil-disseleneto (DMDS_e) (TERRY et al., 1992). A volatilização, entretanto, ocorre com maior intensidade em locais com temperatura, disponibilidade de água e carbono orgânico disponível mais elevados (BAÑUELOS et al., 2005).

2.4. IODO

Elemento químico simbolizado pela letra 'I', o iodo possui número atômico 53 e massa atômica 126,9u. Agrupado como halogênio, é encontrado em estado sólido em condições normais de temperatura e pressão. O iodo é um nutriente essencial a animais, no corpo humano é normalmente encontrado na glândula tireoide (BARTOLY ROSA; WASSERMAN; DA SILVA, 2018), sendo responsável pela síntese de hormônios essenciais.

O iodo é um dos elementos que se encontra em menor quantidade na superfície terrestre (MOHIUDDIN et al., 2019). Sendo que sua concentração pode variar positivamente em regiões costeiras, devido influencia marinha (FUGE; JOHNSON, 2015).

Assim como o selênio, este elemento não é encontrado em grandes concentrações nos alimentos habitualmente presentes em dietas de grande parte da população. No Brasil, é recomendada uma ingestão de 100 a 400 mg por dia (VANUCCHI et al., 1990). Os transtornos provocados pela ausência deste nutriente é uma preocupação na comunidade internacional. Desde o século passado, diversos países têm utilizado como estratégia para a suplementação de iodo em alimentos a iodação do sal de cozinha. Todavia, a diminuição da ingestão do sal, devido ao aumento de casos de hipertensão na população, expõe a necessidade atual da incorporação de iodo em alimentos (DUNN; VAN DER HAAR, 1990).

Além da sua utilização na biofortificação de alimentos, o iodo, ainda, pode ser responsável por levar benefícios a espécies vegetais, especialmente quando é aplicado na forma

de iodato de potássio (CAKMAK et al., 2017). O iodo pode ser absorvido pelas plantas através de raízes ou parte aérea (KIFERLE et al., 2021), sendo absorvido através dos estômatos e da camada cuticular (WHITEHEAD, 1984). Após absorvido, o iodo normalmente é encontrado no tecido vegetal em sua forma inorgânica.

Sendo considerado elemento benéfico, o iodo tem mostrado evidências que pode ser um elemento importante no metabolismo de plantas, aumentando a produção de biomassa, antecipando o florescimento, formando proteínas e desempenhando papel de defesa contra estresses (KIFERLE et al., 2021), ou ainda, sendo precursor de antioxidantes (BLASCO et al., 2008). Todavia, se absorvido em excesso, pode levar a planta sintomas de fitotoxicidade, como clorose, atrofiamento e necrose de tecidos (LEHR et al., 1958).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos, com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de produtos à base de selênio e iodo, com o abacateiro ‘Hass’, em plantas localizadas em um pomar comercial situado no município de São João Del Rei-MG, na região dos campos das vertentes e, com a oliveira ‘Arbosana’, também em um pomar comercial, mas localizado no município de Maria da Fé-MG, na serra da Mantiqueira. As avaliações foram realizadas no laboratório de pomologia, do Setor de Fruticultura do Departamento de Agricultura e no laboratório de azeites e gorduras, do Departamento de Ciências dos Alimentos, ambos da Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL), pertence a Universidade Federal de Lavras. A extração dos azeites de oliveira e abacate, bem como parte das avaliações, foram realizadas na Fazenda Experimental de Maria da Fé, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com sete tratamentos e quatro repetições.

Com a recomendação de 30 g/ha de selênio e 200 g/ha de iodo, as aplicações foram realizadas de forma parcelada com o objetivo de evitar fitotoxicidade e maximizar a absorção dos elementos pelas plantas.

Os tratamentos adotados foram baseados na aplicação de diferentes soluções formuladas com selênio e iodo através de pulverização. Para cada tratamento, foi calculada a dosagem ideal do produto que respeitasse a recomendação de cada elemento a ser aplicado na área. A aplicação dos produtos foi realizada utilizando pulverizador costal com cilindro de dióxido de carbono, com mistura de óleo mineral, na dosagem de 2% no volume da calda. Os tratamentos utilizados foram:

- 1 - Água destilada (testemunha)
- 2 - Selenato de sódio (fonte inorgânica de selênio)
- 3 - Fusiun SE® (fonte orgânica de selênio)
- 4 - Nutriduo® (fonte inorgânica de selênio)
- 5 - Selenato de sódio + iodato de potássio (fonte inorgânica de iodo)
- 6 - Fisiun SE® + iodato de potássio
- 7 - Nutriduo® + iodato de potássio

3.1. EXPERIMENTO 1 – QUALIDADE DE FRUTOS E DO AZEITE DE ABACATE ‘HASS’ ORIUNDOS DE PLANTAS BIOFORTIFICADAS COM SELÊNIO E IODO

O experimento foi realizado em um pomar comercial, localizado em área rural dentro do perímetro do município de São João Del Rei-MG, no ponto de coordenadas 21°15'29"S 44°20'21"W. O clima da região, de acordo com a Classificação de Köppen é definido como subtropical de altitude (Cwb). De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia, a precipitação média anual para a localidade é de 1.582 mm e a temperatura média de 19,3° C.

A cultivar escolhida para a realização da pesquisa foi a ‘Hass’, devido sua maior concentração de azeite comparada as demais cultivares de abacateiro. No local, o espaçamento utilizado para o cultivo é de 6 m entre linhas e 5 m entre plantas, totalizando a densidade populacional de 333 plantas por hectare.

Foram realizadas duas aplicações dos tratamentos, nos meses de maio e junho, em um intervalo de 30 (trinta) dias. Os frutos foram colhidos no ponto de maturação fisiológica, o que ocorreu 60 dias após a segunda aplicação.

Foram colhidos seis frutos em cada planta útil, totalizando 12 frutos por parcela experimental. Após a colheita, os frutos foram inseridos em caixas individuais, criteriosamente identificadas e transportadas para Lavras-MG. No laboratório de pomologia, os frutos foram lavados e secos, sendo posteriormente pesados, a fim de quantificar a massa no momento da colheita. Após, foram acondicionados em temperatura controlada de 20 °C, seguindo para as análises.

Inicialmente, foi realizada a análise carpométrica dos frutos oriundos de cada tratamentos. Para isso, foi realizada medições dos comprimentos transversais e longitudinais com o auxílio de paquímetro digital, sendo os resultados expressos em milímetros.

Posteriormente, foram realizadas as análises das características da casca e polpa dos frutos. A resistência da casca dos frutos foi quantificada com auxílio de um penetrômetro digital de frutas, que determinou a pressão necessária para rompimento da casca. Foi utilizada uma ponteira com diâmetro de 6 mm e os resultados foram expressos em unidade força Newton. Em seguida, os frutos foram cortados para as avaliações de rendimento de polpa. Para isso, foram pesados, em balança semi-analítica digital, de forma separada, a polpa, a casca e o caroço dos frutos de cada parcela, sendo os resultados expressos em gramas. Em seguida, foi avaliado o teor de sólidos solúveis da polpa, com auxílio de refratômetro digital e os resultados expressos em °Brix, além do pH da polpa. Para esta análise, as amostras foram preparadas utilizando 10 g de polpa de cada parcela e completada com água destilada, até completarem o volume final

de 50 mL. As leituras foram realizadas com auxílio de pHmêtro. Para a avaliação da umidade, a polpa fresca do fruto foi pesada, em balança semi-analítica digital e, em seguida foram acondicionadas em placas de Petri, que foram colocadas em estufas de circulação de ar forçado, a temperatura de 45° C, até assumirem a massa constante. Em seguida, a polpa seca foi pesada em balança semi-analítica digital e determinou-se a umidade por diferença entre as massas da polpa fresca e seca.

Para a extração do azeite dos frutos, esperou-se os frutos atingirem a maturação completa, determinada visualmente através da coloração dos frutos, ou seja, totalmente roxo, opacos e sem brilho. Os frutos foram acondicionados em caixas plásticas e foram transportados para a EPAMIG, em Maria da Fé-MG.

Para a extração do azeite, foi utilizado o sistema ABENCOR[®]. Foram selecionados frutos de cada tratamento de forma aleatória, contudo, que apresentassem características semelhantes quanto ao índice de maturação. Foi adotado regime de triplicata. Antes de serem levados ao sistema, foram maceradas pelo moinho 700 g da polpa dos frutos. Essa quantidade de polpa, da triplicata de cada tratamento, foi acondicionada em copo de alumínio, que então, foi levada ao sistema ABENCOR[®]. A polpa ficou em batimento à temperatura de 36° C por 40 min. Em seguida, a polpa foi colocada na última fase do sistema ABENCOR[®], em rotação por 2 min, para a separação do azeite e da polpa. Foi calculado o rendimento de azeite pelo seu índice de extratibilidade, por meio do rendimento de azeite, em mililitros para cada 700g de polpa.

Após extraído o azeite dos abacates oriundos de cada um dos tratamentos, foram separadas 100 mL de amostras em regime de triplicata para realização das análises do azeite no laboratório da EPAMIG – Campo Experimental Maria da Fé-MG.

Foi determinada a concentração de lipídeos, utilizando extração por solvente. Através de titulação com solução de éter etílico, álcool e indicador fenolftaleína, foi levantada a acidez livre em ácido oleico dos azeites de abacate, sendo os resultados expressos em porcentagem.

Para realização da extração de compostos fenólicos totais, foi adotada a metodologia proposta por RIZVI et al. (2023) com algumas adaptações. Quatro gramas de amostras de azeite foram misturados com 2 mL de hexano e 4 mL de metanol/água (80:20) em uma única etapa. Em seguida, o composto foi homogeneizado em vórtex por cinco minutos e levado ao banho ultrassom por 15 min. A mistura da solução foi então centrifugada a 5500 rpm por 15 min. para separar a camada superior enriquecida com compostos fenólicos. Foi realizada a coleta do sobrenadante para serem empregados na realização da análise de compostos fenólicos totais.

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado utilizando o ensaio de Folin Ciocalteu, segundo ANDRADE et al. (2020), com algumas adaptações. Em cada tubo do ensaio, 0,3 mL foram misturados com 1,5 mL do reagente Folin-Coicalteu a 10% (v/v) e agitados em vórtex por um minuto. Após quatro minutos, foram adicionados 1,2 mL de uma solução de carbonato de sódio a 4% (p/v). Essa mistura reacional foi incubada durante duas horas ao abrigo da luz. A leitura da absorbância foi feita em aparelho Spectrum® - 2000 UV espectrofotômetro (720 nm) e o conteúdo de fenólicos totais foi calculado usando uma curva padrão de ácido gálico. Os resultados foram expressos e tabulados em mg gálico equivalente de ácido por 100g de amostra.

Foram analisados os teores totais de pigmentos através de extinção específica. As médias observadas para cada pigmento foram expressas em miligrama de pigmento por kg de fruto. Para análise da coloração dos azeites de abacate de cada parcela, foi realizada espectrofotometria. A estabilidade oxidativa dos azeites de abacate foi realizado um teste de oxidação acelerada pelo método Rancimat, onde 3 g de cada amostra de azeite foi exposta a um fluxo de ar e temperatura pré-estabelecidos. No ensaio, foi adotado 20 L/h (vinte litros por hora) de fluxo de ar contínuo em uma temperatura controlada de 110° C. Os resultados obtidos foram em tempo de indução em horas.

Para a análise do índice de peróxidos presentes nos azeites, foram pesadas amostras de um grama no Erlenmeyer. Posteriormente foram adicionados 6 mL de ácido acético e 4 mL de clorofórmio, agitando até a dissolução da amostra. Então, 0,5 mL de solução saturada de iodeto de potássio (0,65 g em 0,5 ml de água) foi adicionada a amostra, agitando rapidamente e posteriormente deixado em um minuto em repouso ao abrigo da luz. Foi adicionado 10 mL de água e 0,5 mL de solução de amido 1% previamente solubilizado em água quente. A amostra foi titulada em tiosulfato de sódio 0,005 M. Os resultados observados foram tabulados em miliequivalente de oxigênio ativo por quilograma.

Pela espectrofotometria, foi determinada a extinção específica no ultravioleta dos azeites de abacates oriundos de plantas submetidas aos tratamentos. As médias de absorbância em $\text{Lmol}^{-1} \text{cm}^{-1}$ para cada amostra foram tabuladas em absorbâncias nas faixas de 232 e 270 nm e o delta K. Através da metodologia de cromatografia gasosa, foi determinada o perfil de ácidos graxos dos azeites de abacate, em porcentagem da concentração de cada tipo de ácido graxo presente.

Os dados coletados foram tabulados via programa Microsoft Excel® e a análise estatística dos dados foi realizada via programa R®.

3.2. EXPERIMENTO 2 – QUALIDADE DE FRUTOS E DO AZEITE DE OLIVA ORIUNDOS DE OLIVEIRAS BIOFORTIFICADAS COM SELÊNIO E IODO

O experimento foi realizado em um pomar comercial, localizado em área rural dentro do perímetro do município de Maria da Fé-MG, no ponto de coordenadas 22°17'28"S 45°23'33"W. O clima da região, de acordo com a Classificação de Köppen é definido como subtropical de altitude (Cwb). De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia, a precipitação média anual para a localidade é de 1.647 mm e a temperatura média de 16,9° C.

A cultivar de oliveira escolhida para o experimento foi a ‘Arbosana’. No local, o espaçamento utilizado para o cultivo é de 7 m entre linhas e 5 m entre plantas, totalizando a densidade populacional de 204 plantas por hectare.

Foram realizadas duas aplicações dos tratamentos, nos meses de dezembro e janeiro, em um intervalo de 30 (trinta) dias. Os frutos foram colhidos no ponto de maturação fisiológica, o que ocorreu 30 dias após a segunda aplicação.

Foram colhidos cerca de 1 kg em cada planta útil, totalizando 2 kg de frutos por parcela experimental. Depois de colhidos, os frutos foram acondicionados em sacos plásticos e armazenados em câmara fria com temperatura controlada de 5° C, durante 24 h, até a extração do azeite e análises a serem realizadas.

Primeiramente, foi avaliado o índice de maturação (IM) das azeitonas colhidas em cada parcela experimental. O IM de azeitonas foi criado na Estação de Olivicultura e Elaiotecnia de Jaen, na Espanha. Este índice classifica a maturação das azeitonas de acordo com a classe de cor dos frutos, indicada por números de zero a sete. Estes números indicam em ordem crescente o nível de maturação dos frutos. A fórmula do índice de maturação é dada por:

$$[(0 \times n_0) + (1 \times n_1) + (2 \times n_2) + (3 \times n_3) + (4 \times n_4) + (5 \times n_5) + (6 \times n_6) + (7 \times n_7)] / 100$$

Em seguida, foi realizada a análise carpométrica, volume, umidade e lipídios dos frutos oriundos de cada tratamentos. Foram separados 20 frutos por parcela para essas avaliações. Para a quantificação das dimensões das azeitonas, foi realizada medições dos comprimentos transversais e longitudinais com o auxílio de paquímetro digital, sendo os resultados expressos em milímetros. O caroço de cada azeitona foi removido e a massa dos frutos e dos caroços das parcelas foram medidos em balança analítica de precisão, com os resultados expressos em g. Em seguida, foi calculada a relação polpa/caroço, sendo os resultados expressos em

porcentagem. Em seguida, foi quantificado o volume médio das azeitonas. Para isso, foram colocados 20 frutos de azeitona de cada parcela em uma proveta de capacidade de 500 mL e preenchida com o volume de 100 mL de água. O volume de água deslocado foi dividido por 20 e assim se obteve o volume médio das azeitonas. Em seguida, foi avaliada a umidade e a análise de lipídeos dos frutos por espectrofotometria de infravermelho próximo e os resultados foram expressos em porcentagem de água por fruto e porcentagem de lipídeos por massa de fruto.

Para a extração do azeite, foi utilizado o sistema ABENCOR[®]. Foram selecionados frutos de cada tratamento de forma aleatória, contudo, que apresentassem características semelhantes quanto ao índice de maturação. Foi adotado regime de quadruplicada. Antes de serem levados ao sistema, foram maceradas 700 g de azeitonas inteiras pelo moinho. Essa quantidade de polpa, da quadruplicada de cada tratamento, foi acondicionada em copo de alumínio, que então, foi levada ao sistema ABENCOR[®]. A polpa ficou em batimento à temperatura ambiente, ao redor de 24° C, por 40 min. Em seguida, a polpa foi colocada na última fase do sistema ABENCOR[®], em rotação por 2 min, para a separação do azeite e da polpa. Foi calculado o rendimento de azeite pelo seu índice de estabilidade, por meio do rendimento de azeite, em mililitros para cada 700g de polpa.

Após extraído o azeite das azeitonas oriundos de cada um dos tratamentos, foram separadas 100 mL de amostras em regime de quadruplicada, as quais foram encaminhadas para o Departamento de Ciência dos Alimentos da ESAL/UFLA. Foram realizadas as análises do azeite.

Para realização da extração de compostos fenólicos totais, foi adotada a metodologia proposta por Rizvi et al. (2023) com algumas adaptações. Quatro gramas de amostras de azeite foram misturados com 2 mL de hexano e 4 mL de metanol/água (80:20) em uma única etapa. Em seguida, o composto foi homogeneizado em vórtex por cinco minutos e levado ao banho ultrassom por 15 min. A mistura da solução foi então centrifugada a 5500 rpm por 15 min. para separar a camada superior enriquecida com compostos fenólicos. Foi realizada a coleta do sobrenadante para serem empregados na realização da análise de compostos fenólicos totais.

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado utilizando o ensaio de Folin Ciocalteau, segundo Andrade et al. (2020), com algumas adaptações. Em cada tubo do ensaio, 0,3 mL foram misturados com 1,5 mL do reagente Folin-Coicalteau a 10% (v/v) e agitados em vórtex por um minuto. Após quatro minutos, foram adicionados 1,2 mL de uma solução de carbonato de sódio a 4% (p/v). Essa mistura reacional foi incubada durante duas horas ao abrigo da luz. A leitura da absorbância foi feita em aparelho Spectrum[®] - 2000 UV espectrofotômetro

(720 nm) e o conteúdo de fenólicos totais foi calculado usando uma curva padrão de ácido gálico. Os resultados foram expressos e tabulados em mg gálico equivalente de ácido por 100 g de amostra.

Foram analisados os teores totais de pigmentos através de extinção específica. As médias observadas para cada pigmento foram expressas em miligrama de pigmento por kg de fruto.

Para análise da coloração dos azeites de oliva de cada parcela, foi realizada espectrofotometria no Laboratório da EPAMIG- Maria da F. A estabilidade oxidativa dos azeites de oliva foi realizado um teste de oxidação acelerada pelo método Rancimat, onde as amostras de 3 g dos azeites foram expostas a um fluxo de ar e temperatura pré-estabelecidos. No ensaio, foi adotado 20 L/h (vinte litros por hora) de fluxo de ar contínuo em uma temperatura controlada de 110° C. Os resultados obtidos foram em tempo de indução em horas.

A análise do índice de peróxidos presentes nos azeites, foram pesadas amostras de um grama no Erlenmeyer. Posteriormente foram adicionados 6 mL de ácido acético e 4 mL de clorofórmio, agitando até a dissolução da amostra. Então, 0,5 mL de solução saturada de iodeto de potássio (0,65 g em 0,5 ml de água) foi adicionada a amostra, agitando rapidamente e posteriormente deixado em um minuto em repouso ao abrigo da luz. Foi adicionado 10 mL de água e 0,5 mL de solução de amido 1% previamente solubilizado em água quente. A amostra foi titulada em tiosulfato de sódio 0,005 M. Os resultados observados foram tabulados em miliequivalente de oxigênio ativo por quilograma.

Através de titulação com solução de éter etílico, álcool e indicador fenolftaleína, foi levantada a acidez livre em ácido oleico dos azeites de oliva provindos de cada uma das parcelas. Os resultados foram expressos em porcentagem. Pela espectrofotometria, foi determinada a extinção específica no ultravioleta dos azeites de oliva oriundos de plantas submetidas aos tratamentos. As médias de absorvância em $\text{Lmol}^{-1} \text{cm}^{-1}$ para cada amostra foram tabuladas em absorvâncias nas faixas de 232 e 270 nm e o delta K. Através da metodologia de cromatografia gasosa, foi determinada o perfil de ácidos graxos dos azeites de oliva, em porcentagem da concentração de cada tipo de ácido graxo presente.

Os dados coletados foram tabulados via programa Microsoft Excel® e a análise estatística dos dados foi realizada via programa R®.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. EXPERIMENTO 1 - ABACATE

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas as médias referentes às avaliações realizadas em frutos oriundos dos abacateiros ‘Hass’, submetidos aos tratamentos com fontes de iodo e selênio.

No momento da colheita, os frutos não apresentaram diferença significativa na média de suas massas, em detrimento aos tratamentos aplicados previamente, durante o seu desenvolvimento (Tabela 1). Esses resultados concordam com Moraes et al. (2024), que estudaram o efeito de pulverizações foliares de fertilizante multinutriente contendo selênio em frutos de tomate.

Todavia, após 21 dias, os tratamentos com selenato de sódio e Nutriduo[®] promoveram maior perda de massa aos frutos de abacate. Porém, não houve diferença significativa na carpometria dos frutos conforme os tratamentos. De acordo com MEDINA (2008), a época de colheita influencia as proporções de casca, polpa e caroço de frutos de abacate. O resultado confirma a afirmativa do autor, já que os frutos foram colhidos na mesma época e apresentaram características carpométricas semelhantes.

Os tratamentos com selenato de sódio, Nutriduo[®] e os tratamentos à base de iodato de potássio ofereceram aos frutos uma taxa de umidade maior, se comparados ao tratamento de testemunha (Tabela 2).

Como os tratamentos que promoveram a maior perda de massa não foram os mesmos que apresentaram a menor taxa de umidade, haja vista que não houve diferença estatística na carpometria dos frutos, acredita-se que a diferença possa estar relacionada a massa seca dos frutos, ou seja, selenato de sódio e Nutriduo[®] podem ter influenciado na maior perda de massa seca dos frutos de abacate. A perda de massa seca é observada em pós-colheita de frutos e hortaliças, devido à respiração e atividades metabólicas (HONÓRIO; MORETTI, 2002).

Tabela 1 - Massa total (g), perda de massa (%), comprimento (mm), diâmetro (mm) e rendimento de polpa (%) de frutos do abacateiro ‘Hass’ cultivados em região subtropical de altitude e submetidos a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos⁽¹⁾	Massa (g)⁽²⁾	Perda de massa (%)	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	Rendimento de polpa (%)
T	288,42 a	13,50 a	101,75 a	73,29 a	67,11 a
Sel. Na	272,33 a	17,33 b	95,52 a	73,63 a	62,68 a
Fisiun [®] SE	257,42 a	14,50 a	101,03 a	70,33 a	64,34 a
Nutriduo [®]	278,00 a	15,83 b	98,01 a	73,30 a	63,46 a
Sel. Na + Iod. K	257,33 a	14,33 a	97,81 a	71,44 a	63,26 a
Fision + Iod. K	271,25 a	14,83 a	95,70 a	72,16 a	60,96 a
Nut. + Iod. K	271,42 a	14,33 a	100,1 a	71,17 a	64,94 a
CV (%)	11,62%	10,91%	4,57%	2,60%	2,63%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

Não houve diferença significativa entre as médias de cada tratamento para a resistência da casca, a quantidade de sólidos solúveis totais e o pH da polpa dos frutos de abacate ‘Hass’ maduros (Tabela 2). O resultado contradiz pesquisas que associam frutos de abacate com maior perda de massa com uma quantidade maior de sólidos solúveis totais (VIEITES et al., 2012). Em uma meta-análise realizada por Xu et al., (2022), os autores não encontraram o efeito do Se na firmeza dos frutos de tomate.

Os tratamentos com Fisiun[®] SE, Nutriduo[®] e selenato de sódio + iodato de potássio foram responsáveis pelo aumento no teor e lipídeos em polpa seca. O selênio (RAYMAN, 2002) e o iodo (BLASCO et al., 2008) possuem ação antioxidante, capaz reagir com espécies reativas de oxigênio e evitar a oxidação lipídica (HAMILTON et al., 1983). Ou, ainda, há uma hipótese da decomposição de peróxidos lipídicos pela glutatona peroxidase, enzima formada por selênio (SINATRA et al., 1995).

Tabela 2 - Resistência da casca (N), sólidos solúveis totais (°Brix), pH, umidade (%) e lipídeos em polpa seca (%) de frutos do abacateiro ‘Hass’ cultivados em região subtropical de altitude e submetidos a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos ⁽¹⁾	Resistência (N) ⁽²⁾	SS (°Brix)	pH	Umidade (%)	Lipídeo (%)
T	147,28 a	7,38 a	6,47 a	64,86 b	68,29 b
Sel. Na	144,19 a	8,54 a	6,45 a	66,89 a	67,37 b
Fisiun [®] SE	142,68 a	7,65 a	6,49 a	65,09 b	70,23 a
Nutriduo [®]	149,78 a	8,99 a	6,51 a	66,38 a	71,52 a
Sel. Na + Iod. K	143,63 a	8,68 a	6,56 a	67,31 a	70,18 a
Fision + Iod. K	143,79 a	8,09 a	6,50 a	68,68 a	68,88 b
Nut. + Iod. K	158,44 a	9,33 a	6,38 a	67,73 a	68,31 b
CV (%)	8,19%	11,15%	2,67%	1,52%	1,39%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

Nas Tabelas 3, 4 e 5 são apresentadas as médias referentes às variáveis resposta associadas ao azeite de abacate oriundos de abacateiros ‘Hass’ submetidos aos tratamentos.

Com exceção do tratamento com Nutriduo[®], todos os tratamentos foram responsáveis pela melhoria na extração de azeite, ou seja, no aumento do rendimento de azeite em frutos de abacate ‘Hass’, se comparados a testemunha (Tabela 3). O resultado contradiz estudos que afirmam efeitos antagônicos de umidade do fruto e rendimento de azeite (MAPRIC, 2019). Os tratamentos à base de iodo foram responsáveis pela diminuição no teor de compostos fenólicos nos azeites de abacate, indicando que parte do iodo foi oxidado a ácido iódico (SANTOS et al., 2012), tendo grupo hidroxila como componente da molécula. Grupos hidroxila são também componentes de compostos fenólicos (SOARES et al., 2008). Portanto a oxidação do iodo por grupo hidroxila pode ser responsável pela diminuição da formação de compostos fenólicos em azeite de abacateiro ‘Hass’. Tal possibilidade, todavia, não é considerada uma conclusão, visto que não foi realizada análise do teor de ácido iódico no óleo.

Com exceção do tratamento com selenato de sódio + iodato de potássio, todos os tratamentos foram responsáveis pelo aumento no teor de pigmentos totais nos azeites de

abacateiro ‘Hass’ (Tabela 3). O selênio é responsável pelo aumento do número de carotenoides e flavonoides em plantas, devido ser um elemento capaz de aumentar a capacidade de plantas de mitigarem estresses abióticos, como a alta radiação (SILVA, 2020).

Os tratamentos somente com selênio ofereceram uma maior estabilidade oxidativa ao azeite, indicando que o elemento pode ser utilizado com a finalidade de prolongamento do tempo de prateleira do produto. O tratamento com Fisiun[®] obteve maior média. Contrariamente, os tratamentos com iodo não foram responsáveis pelo aumento da estabilidade. Os resultados indicam que a estabilidade oxidativa não foi relacionada ao teor de compostos fenólicos presentes no óleo.

Além de aumentar os níveis de Se nos frutos de tomate, a aplicação de Se promove a melhoria da qualidade nutricional da planta de tomate, aumentando a firmeza, os níveis de compostos fenólicos, a atividade antioxidante e os teores de carotenoides como o licopeno (Zhu et al., 2017; Shiriaev et al., 2023).

O selênio é um elemento benéfico às plantas e um micronutriente importante para humanos e animais, pois é um componente de 30 selenoproteínas, como a glutathione peroxidase, a tioredoxina redutase e a iodotironina desiodase (KIELISZEK et al., 2021). Essas enzimas estão relacionadas aos mecanismos de proteção contra o estresse oxidativo (GENCHI et al., 2023).

Alguns autores relatam que o selênio pode aumentar a ação antioxidante das plantas, diminuindo a produção de radicais livres (DJANAGUIRAMAN et al., 2005; RAMOS et al., 2011). Além disso, o selênio em baixas concentrações pode ampliar a eficiência da fotossíntese e pigmentos fotossintéticos, por meio da melhora na atividade antioxidante das células (ZHANG et al., 2014)

Tabela 3 - Rendimento de azeite (mL/700g de polpa), compostos fenólicos totais (mg eq AG/100g de azeite), pigmentos totais (mg/kg) e estabilidade oxidativa (h) de azeites de abacateiro ‘Hass’ cultivados em região subtropical de altitude e submetidos a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos ⁽¹⁾	Rendimento			Estabilidade oxidativa (h)
	de azeite (mL/700g de polpa) ⁽²⁾	Fenólicos (mg eq AG/100g)	Pigmentos (mg/kg)	
T	89,00 b	12,40 a	92,19 b	9,39 c
Sel. Na	110,00 a	14,37 a	130,04 a	11,57 b
Fisiun [®] SE	104,33 a	12,15 a	132,34 a	13,44 a
Nutriduo [®]	96,67 b	12,58 a	113,84 a	11,11 b
Sel. Na + Iod. K	101,67 a	10,51 b	98,38 b	9,34 c
Fision + Iod. K	110,00 a	9,88 b	106,10 a	10,2 c
Nut. + Iod. K	107,67 a	10,13 b	111,80 a	10,32 c
CV (%)	6,51%	11,12%	3,50%	7,48%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

Com exceção do tratamento com Nutriduo[®], todos os tratamentos foram responsáveis pela diminuição da acidez livre do azeite de abacate ‘Hass’ (Tabela 4). A acidez livre em ácido oleico é um importante parâmetro qualitativo para azeites. Sendo que quanto menor a acidez, melhor a qualidade (BRUSCATTO et al., 2019).

O índice de peróxidos é utilizado como parâmetro de quantificação da degradação de óleos e gorduras. Sendo que, quanto menor o índice, menor a degradação do azeite. Os tratamentos com selenato de sódio e com Fisiun[®] SE obtiveram menores médias na concentração de peróxidos. Os tratamentos à base de iodo obtiveram maiores médias.

O índice de peróxidos é um indicador do grau de oxidação do azeite de abacate. Os peróxidos orgânicos formados a partir da oxidação dos ácidos graxos insaturados, devido a ação do oxigênio, atuando também sobre o iodeto de potássio, fornece a medida do conteúdo de oxigênio ativo (JIMENEZ-LOPEZ et al., 2020).

A extinção específica no ultravioleta fornece indicações qualitativas sobre um óleo ou gordura, devido produtos de oxidação exibirem espectros característicos nessa faixa. Sendo que a extinção na faixa de 232nm indica oxidação primária por ácidos graxos polinsaturados e a extinção na faixa de 270nm indica oxidação secundária por formação de compostos carbonílicos, como aldeídos e cetonas (OETTERER et al., 2006). Se comparados a testemunha, todos os tratamentos apresentaram maiores valores para extinção específica em 270nm. Para a categoria de azeites de oliva extravirgem, os valores máximos dos coeficientes de extinção específica devem ser de 2,50 (k232) e 0,22 (k270) (BRASIL, 2012).

Tabela 4 - Acidez livre (%), índice de peróxidos (mEq O²/Kg), extinção específica em 232nm (Lmol⁻¹ cm⁻¹) e extinção específica em 270nm (Lmol⁻¹ cm⁻¹) de azeites de abacateiro ‘Hass’ cultivados em região subtropical de altitude e submetidos a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos ⁽¹⁾	Acidez (%) ⁽²⁾	Peróxidos		Extinção 270nm
		(mEq O ² /kg)	Extinção 232nm	
T	0,17 a	6,98 b	2,04 a	0,06 b
Sel. Na	0,08 b	5,89 c	1,99 a	0,09 a
Fisiun [®] SE	0,12 b	4,37 c	2,02 a	0,11 a
Nutriduo [®]	0,22 a	6,32 b	1,84 a	0,89 a
Sel. Na + Iod. K	0,11 b	8,70 a	2,06 a	0,09 a
Fision + Iod. K	0,12 b	9,38 a	2,10 a	0,1 a
Nut. + Iod. K	0,11 b	10,43 a	2,15 a	0,1 a
CV (%)	28,70%	10,01%	12,81%	17,64%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

Os tratamentos com selenato de sódio + iodato de potássio e Fisiun[®] SE + iodato de potássio apresentaram maiores médias para tonalidade de cor (variável reposta h) (Tabela 5). O tratamento com Nutriduo[®] apresentou menor média. Os demais tratamentos apresentaram médias intermediárias. Portanto, considerando o diagrama de cromaticidade, os resultados

atestaram que os azeites de abacate ‘Hass’, de todos os tratamentos, apresentaram mesma luminosidade e saturação. Contudo, os azeites provindos de abacateiros submetidos aos tratamentos com selenato de sódio + iodato de potássio e Fisiun[®] SE + iodato de potássio, apresentaram coloração mais esverdeada e os azeites provindos de abacateiros submetidos ao tratamento com Nutriduo[®] apresentaram coloração mais amarelada. Os demais tratamentos apresentaram produção de azeites de tonalidade intermediária verde-amarelada. Os resultados podem estar relacionados ao perfil da concentração de pigmentos (Tabela 6) nos azeites de abacateiro ‘Hass’.

Tabela 5 - Coloração de azeites de abacateiro ‘Hass’ cultivados em região subtropical de altitude e submetidos a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos⁽¹⁾	L*⁽²⁾	a	b	C	h
T	75,00 a	16,33 a	61,00 a	63,33 a	105,33 b
Sel. Na	75,33 a	18,00 a	65,67 a	67,67 a	105,33 b
Fisiun [®] SE	75,67 a	18,33 a	66,67 a	69,00 a	105,33 b
Nutriduo [®]	75,00 a	14,67 a	63,33 a	64,67 a	103,33 c
Sel. Na + Iod. K	74,33 a	17,00 a	57,67 a	60,00 a	106,33 a
Fision + Iod. K	74,67 a	17,00 a	58,67 a	61,00 a	106,00 a
Nut. + Iod. K	74,67 a	16,00 a	61,00 a	63,00 a	104,67 b
CV (%)	0,66%	6,29%	5,96%	4,96%	0,50%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

Tabela 6 - Feofitina A (mg/kg), feofitina B (mg/kg), luteína (mg/kg), neoxantina (mg/kg) clorofila A (mg/kg) e clorofila b (mg/kg) de azeites de abacateiro ‘Hass’ cultivados em região subtropical de altitude e submetidos a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos⁽¹⁾	Feofitina A (mg/kg)⁽²⁾	Feofitina B (mg/kg)	Luteína (mg/kg)	Neoxantina (mg/kg)	Clorofila A (mg/kg)	Clorofila B (mg/kg)
T	4,50 c	5,11 d	27,74 c	16,12 a	22,07 b	16,66 d
Sel. Na	20,50 a	12,05 b	32,66 b	7,91 c	24,62 a	32,31 a
Fisiun	22,06 a	11,56 b	32,32 b	9,11 b	24,30 a	32,99 a
Nutriduo	24,06 a	14,67 a	35,47 a	8,84 b	9,08 d	21,73 c
Sel. Na + Iod. K	12,54 b	8,56 c	28,73 c	7,17 c	18,55 c	22,84 c
Fision + Iod. K	14,30 b	9,27 c	28,03 c	7,52 c	19,83 c	27,14 b
Nut. + Iod. K	22,45 a	11,02 b	26,84 c	6,73 c	18,56 c	26,20 b
CV (%)	7,46%	7,15%	4,92%	9,7%	6,27%	3,51%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun + iodato de potássio (Fision + Iod. K), Nutriduo + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

Nas Tabelas 7 e 8 são apresentadas as médias referentes ao perfil de ácidos graxos dos azeites de abacateiro ‘Hass’ cultivados em região subtropical de altitude e submetidos aos tratamentos. Não houve variação nas médias de concentração dos ácidos graxos avaliados nos azeites.

Tabela 7. Perfil de ácidos graxos (%) de azeites de abacateiro ‘Hass’ cultivados em região subtropical de altitude e submetidos a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos⁽¹⁾	Mirístico (%)⁽²⁾	Palmítico (%)	Palmitoleico (%)	Cis-10-heptadecanóico (%)	Esteárico (%)	Oleico (%)
T	0,04 a	25,74 a	14,50 a	0,08 a	0,48 a	42,28 a
Sel. Na	0,04 a	26,49 a	15,15 a	0,08 a	0,47 a	44,40 a
Fisiun [®] SE	0,05 a	25,23 a	14,73 a	0,08 a	0,47 a	44,94 a
Nutriduo [®]	0,05 a	25,65 a	15,99 a	0,08 a	0,46 a	43,81 a
Sel. Na + Iod. K	0,05 a	26,03 a	14,34 a	0,09 a	0,52 a	44,75 a
Fision + Iod. K	0,05 a	25,96 a	14,57 a	0,08 a	0,48 a	44,87 a
Nut. + Iod. K	0,04 a	25,38 a	13,63 a	0,08 a	0,49 a	46,45 a
CV (%)	10,74%	2,77%	3,82%	9,33%	4,19%	2,17%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

Tabela 8 - Perfil de ácidos graxos de azeites de abacateiro ‘Hass’ cultivados em região subtropical de altitude e submetidos a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos⁽¹⁾	Linoleico (%)⁽²⁾	γ-linoleico (%)	Araquídico (%)	Cis-11-eicosanóico (%)	Heneicosanóico (%)	Behênico (%)
T	12,93 a	0,60 a	0,12 a	0,17 a	0,03 a	0,02 a
Sel. Na	12,46 a	0,61 a	0,09 a	0,16 a	0,04 a	0,01 a
Fisiun [®] SE	13,47 a	0,68 a	0,11 a	0,16 a	0,05 a	0,02 a
Nutriduo [®]	12,97 a	0,65 a	0,11 a	0,17 a	0,04 a	0,02 a
Sel. Na + Iod. K	13,24 a	0,62 a	0,11 a	0,17 a	0,05 a	0,03 a
Fision + Iod. K	13,05 a	0,64 a	0,09 a	0,14 a	0,04 a	0,02 a
Nut. + Iod. K	12,95 a	0,62 a	0,12 a	0,17 a	0,04 a	0,02 a
CV (%)	2,60%	4,06%	12,33%	10,07%	30,02%	30,31%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

4.2. EXPERIMENTO 2 - OLIVEIRA

Nas Tabelas 9 e 10 são apresentadas as médias referentes às variáveis resposta associadas às azeitonas oriundas de oliveiras submetidas aos tratamentos com fontes de iodo e selênio.

A carpometria dos frutos de azeitona é determinante para o processo de definição de sua exploração (SILVA, et al., 2012). O fruto de azeitona pode variar seu comprimento entre 10 a 40 mm e seu diâmetro de 6 a 20 mm (RAPOPORT,1998). As oliveiras submetidas aos tratamentos com selenato de sódio, Nutriduo[®] e Nutriduo[®] + iodato de potássio produziram azeitonas de menor volume, porém com mesma massa (Tabela 9). Os tratamentos com Fisiun[®] SE, Nutriduo[®] e selenato de sódio + iodato de potássio foram responsáveis pela produção de azeitonas com comprimento maior. As médias de diâmetro das azeitonas não variaram conforme os tratamentos. Com exceção do tratamento com selenato de sódio, todos os

tratamentos realizados obtiveram maiores médias na relação de polpa:caroço, se comparados a testemunha.

Segundo Lara et al. (2023), o Se influenciou positivamente o acúmulo de biomassa das plantas de trigo, diferindo com os resultados obtidos no presente trabalho, com azeitonas.

Tabela 9 - Volume (mL), massa (g), comprimento (mm), diâmetro (mm) e relação polpa/caroço de azeitonas ‘Arbosana’ cultivadas em região subtropical de altitude e submetidas a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos⁽¹⁾	Volume (mL) (²)	Massa (g)	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Relação polpa/caroço
T	1,54 a	5,35 a	14,55 b	12,37 a	5,96 b
Sel. Na	1,30 c	4,75 a	14,08 b	12,44 a	5,22 b
Fisiun [®] SE	1,63 a	4,68 a	14,93 a	12,45 a	7,38 a
Nutriduo [®]	1,39 b	3,19 a	14,73 a	12,28 a	8,11 a
Sel. Na + Iod. K	1,54 a	3,38 a	14,91 a	12,44 a	8,22 a
Fision + Iod. K	1,54 a	3,13 a	14,51 b	12,17 a	8,48 a
Nut. + Iod. K	1,45 b	3,10 a	14,43 b	12,20 a	8,74 a
CV (%)	5,02%	5,02%	4,01%	3,42%	16,01%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

Todos os tratamentos com selênio e iodo foram responsáveis pela retardação da maturação de azeitonas em oliveiras (Tabela 10). A definição do índice de maturação é um fator importante para obtenção de um azeite de qualidade. Durante a maturação as azeitonas apresentam mudanças nas suas características nutricionais e sensoriais (DAG et al., 2011). A retardação da maturação pode estar relacionada com a mitigação de estresses abióticos nas oliveiras submetidas aos tratamentos.

Os tratamentos com Nutriduo[®] e selenato de sódio + iodato de potássio obtiveram menores médias para índice de maturação. A umidade dos frutos não alterou conforme os tratamentos. A porcentagem de lipídeos em polpa úmida foi incrementada pela aplicação de selenato de sódio e diminuída pela aplicação de Nutriduo[®]. A maior média em porcentagem de

lipídeos do tratamento com selenato de sódio pode estar relacionada com o potencial antioxidante do selênio, descrito por SILVA (2020).

Tabela 10 - Índice de maturação, umidade (%) e lipídeos (%) de azeitonas ‘Arbosana’ cultivadas em região subtropical de altitude e submetidas a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos ⁽¹⁾	Índice de		
	maturação ⁽²⁾	Umidade (%)	Lipídeos (%)
T	1,77 a	64,46 a	14,30 b
Sel. Na	1,19 b	61,15 a	16,01 a
Fisiun [®] SE	1,23 b	65,94 a	15,07 b
Nutriduo [®]	1,04 c	64,99 a	12,28 c
Sel. Na + Iod. K	1,11 c	64,03 a	14,22 b
Fision + Iod. K	1,22 b	64,43 a	14,70 b
Nut. + Iod. K	1,22 b	63,09 a	14,36 b
CV (%)	4,65%	4,01%	3,42%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

Nas Tabelas 11 e 12 são apresentadas as médias referentes às variáveis resposta associadas aos azeites de oliva oriundos de oliveiras submetidas aos tratamentos.

Os tratamentos com selenato de sódio e Nutriduo[®] + iodato de potássio foram responsáveis por maiores médias no rendimento da extração de azeite nas azeitonas (Tabela 11). Com exceção do tratamento com selenato de sódio, todos os tratamentos obtiveram menores médias de concentração de compostos fenólicos no azeite, se comparados a testemunha. De acordo com as análises realizadas, a média do teor de pigmentos totais obteve decréscimo para todos os tratamentos, se comparados a testemunha (Tabela 11). O tratamento com selenato de sódio ofereceu ao azeite de oliva uma maior estabilidade oxidativa, sendo menor com o tratamento com Nutriduo[®].

O resultado converge com estudos que relacionam um menor índice maturação com uma maior concentração de compostos fenólicos e um menor rendimento de azeite (CONDE et al., 2008; BENGANAA et al., 2013). Ainda, indica que a menor concentração de pigmentos

totais se deve ao menor índice de maturação das azeitonas, devido, durante a maturação, o fruto aumentar a concentração de antocianinas, mesmo que as clorofilas se degradem (GUO et al., 2018).

Tabela 11 - Rendimento de azeite (mL/700g de frutos), compostos fenólicos totais (mg eq AG/100g de azeite), pigmentos (mg/Kg) e estabilidade oxidativa (h) de azeites de oliva ‘Arbosana’ cultivada em região subtropical de altitude e submetida a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos ⁽¹⁾	Rendimento de azeite (mL/700g de frutos) ⁽²⁾	Fenólicos (mg eq AG/100g de azeite)	Pigmentos (mg/kg)	Estabilidade (h)
T	58,75 c	21,06 a	31,18 a	26,20 c
Sel. Na	81,25 a	21,87 a	25,93 b	39,68 a
Fisiun [®] SE	67,50 b	16,47 b	15,35 c	28,16 c
Nutriduo [®]	50,00 d	16,50 b	9,71 c	19,65 d
Sel. Na + Iod. K	63,75 c	14,37 b	23,38 b	25,54 c
Fision + Iod. K	70,00 b	13,13 b	25,15 b	25,55 c
Nut. + Iod. K	77,50 a	15,20 b	13,74 c	31,66 b
CV (%)	7,20%	15,59%	18,58%	14,20%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

Se comparados a testemunha, todos os tratamentos foram responsáveis pela diminuição da acidez livre em azeite de oliva (Tabela 12). Os tratamentos à base, somente, de fontes de selênio foram responsáveis pela diminuição do índice de peróxidos.

A extinção específica no ultravioleta fornece indicações qualitativas sobre um óleo ou gordura, devido produtos de oxidação exibirem espectros característicos nessa faixa. Sendo que a extinção na faixa de 232 nm indica oxidação primária por ácidos graxos polinsaturados e a extinção na faixa de 270 nm indica oxidação secundária por formação de compostos carbonílicos, como aldeídos e cetonas (OETTERER et al., 2006). O tratamento com selenato de sódio + iodato de potássio obteve menor média para extinção específica no ultravioleta em

232nm. Os tratamentos com Nutriduo[®] e Nutriduo[®] + iodato de potássio obtiveram maiores médias para extinção específica no ultravioleta em 270nm.

Nas plantas, o selênio não possui função essencial, portanto ele não é considerado um nutriente. Entretanto, é considerado um elemento benéfico, pois em pequenas quantidades o selênio pode melhorar o crescimento das mesmas (BOLDRIN et al., 2012). Além disso, controla a produção e eliminação de espécies reativas de oxigênio (EROs) por meio de moléculas que contenham selênio em sua estrutura (controle direto) ou através do controle dos antioxidantes (controle indireto) (FENG; WEI; TU, 2013).

Tabela 12 - Acidez livre (%), índice de Peróxidos (meq O²/Kg), extinção específica em 232nm (Lmol⁻¹ cm⁻¹) e extinção específica em 270nm (Lmol⁻¹ cm⁻¹) de azeites de oliva ‘Arbosana’ cultivada em região subtropical de altitude e submetida a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos ⁽¹⁾	Acidez (%) ⁽²⁾	Peróxidos (mEq O ² /kg)	Extinção 232 nm	Extinção 270 nm
T	0,19 a	10,05 a	1,74 a	0,16 c
Sel. Na	0,17 b	7,31 b	1,71 a	0,17 c
Fisiun [®] SE	0,17 b	8,70 b	1,70 a	0,18 c
Nutriduo [®]	0,17 b	7,38 b	1,68 a	0,22 a
Sel. Na + Iod. K	0,17 b	9,69 a	1,51 b	0,15 c
Fision + Iod. K	0,17 b	11,48 a	1,68 a	0,17 c
Nut. + Iod. K	0,17 b	10,28 a	1,76 a	0,19 b
CV (%)	5,17%	15,82%	4,66%	6,47%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

A Tabela 13 apresenta as médias referentes a coloração dos azeites de oliva submetidos a biofortificação com selênio e iodo. Todos os tratamentos foram responsáveis pela aparência mais turva e mais amarelada em azeites de oliva, se comparados a testemunha. Os tratamentos com Fisiun[®] SE, Nutriduo[®] e Nutriduo[®] + iodato de potássio foram responsáveis pela produção de azeites de oliva mais esverdeados. O azeite de oliva extravirgem deve ser de cor amarelada a

verde (CODEX ALIMENTARIUS, 2001). O resultado vai de encontro com estudos que associam um menor índice de maturação com a produção de azeites mais esverdeados e um maior índice com a produção de azeites mais amarelados (GUO et al., 2018).

Tabela 13 - Coloração de azeites de oliva ‘Arbosana’ cultivada em região subtropical de altitude e submetida a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos⁽¹⁾	L*⁽²⁾	a	b	C	h
T	72,50 a	8,50 b	45,75 a	46,75 a	100,75 a
Sel. Na	71,25 b	9,00 b	37,75 b	38,75 b	103,50 a
Fisiun [®] SE	69,75 c	6,00 a	27,00 c	27,75 c	102,75 a
Nutriduo [®]	68,25 c	4,50 a	20,25 c	21,00 c	102,00 a
Sel. Na + Iod. K	70,50 b	7,75 b	34,75 b	35,25 b	102,25 a
Fision + Iod. K	71,25 b	8,50 b	36,25 b	37,00 b	103,00 a
Nut. + Iod. K	69,25 c	5,75 a	24,00 c	25,00 c	103,00 a
CV (%)	1,22%	17,70%	14,64%	14,34%	1,06%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

Na tabela 14 são apresentadas as médias referentes ao perfil de pigmentos nos azeites de oliveiras ‘Arbosana’ submetidas aos tratamentos. Se comparadas a testemunha, todos os tratamentos foram responsáveis por menores médias de luteína e neoxantina, ambos carotenóides. GUO et al. (2018), através de pesquisas, atestaram que uma menor concentração de carotenóides é associada a um menor índice de maturação de azeitonas.

Tabela 14 - Feofitina A (mg/kg), feofitina B (mg/kg), luteína (mg/kg), neoxantina (mg/kg) clorofila A (mg/kg) e clorofila b (mg/kg) de azeites de oliveiras ‘Arbosana’ cultivadas em região subtropical de altitude e submetidas a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos⁽¹⁾	Feofitina A (mg/kg)⁽²⁾	Feofitina B (mg/kg)	Luteína (mg/kg)	Neoxantina (mg/kg)	Clorofila A (mg/kg)	Clorofila B (mg/kg)
T	12,73 a	1,56 a	6,66 a	1,94 a	2,76 a	1,67 a
Sel. Na	8,78 b	1,08 a	5,42 b	1,46 b	4,35 a	2,06 a
Fisiun	4,43 c	0,41 b	3,36 c	1,02 c	2,41 a	0,98 b
Nutriduo	2,30 d	0,26 b	2,01 c	0,52 d	0,83 b	1,00 b
Sel. Na + Iod. K	8,18 b	1,36 a	3,92 c	0,98 c	2,98 a	1,94 a
Fision + Iod. K	9,08 b	1,18 a	4,86 b	0,87 c	4,12 a	1,78 a
Nut. + Iod. K	4,87 c	0,54 b	2,86 c	0,49 d	1,13 b	1,20 b
CV (%)	19,29%	29,30%	22,98%	29,25%	44,41%	35,83%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun + iodato de potássio (Fision + Iod. K), Nutriduo + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

Nas Tabelas 15 e 16, são apresentadas as médias referentes ao perfil de ácidos graxos dos azeites de oliva oriundos de oliveiras submetidas aos tratamentos. A porcentagem dos ácidos palmítico, oleico, linoleico, γ -linoleico e cis-11-heptanóico variaram conforme os tratamentos.

Tabela 15 - Perfil de ácidos graxos (%) de azeites de oliva ‘Arbosana’ cultivada em região subtropical de altitude e submetida a biofortificação com fontes de selênio e iodo

Tratamentos⁽¹⁾	Palmítico (%)⁽²⁾	Palmitoleico (%)	Heptadecanóico (%)	cis-10-heptanóico (%)	Esteárico (%)	Oleico (%)
T	14,83 a	1,63 a	0,12 a	0,33 a	1,81 a	72,85 c
Sel. Na	13,89 b	1,52 a	0,13 a	0,32 a	1,88 a	75,16 b
Fisiun [®] SE	13,46 b	1,51 a	0,12 a	0,31 a	1,82 a	75,64 b
Nutriduo [®]	13,79 b	1,51 a	0,11 a	0,32 a	1,77 a	75,89 b
Sel. Na + Iod. K	13,22 b	1,41 a	0,12 a	0,31 a	1,79 a	79,91 a
Fision + Iod. K	14,86 a	1,47 a	0,11 a	0,31 a	1,83 a	75,21 b
Nut. + Iod. K	14,67 a	1,56 a	0,09 a	0,33 a	1,76 a	75,38 b
CV (%)	3,88%	5,51%	18,59%	4,41%	3,54%	0,93%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

Tabela 16 - Perfil de ácidos graxos (%) de azeites de oliva ‘Arbosana’ cultivada em região subtropical de altitude e submetida a biofortificação com fontes de selênio e iodo.

Tratamentos⁽¹⁾	Linoleico (%)⁽²⁾	Y-linoleico (%)	Araquídico (%)	Cis-11-eicosanóico (%)	Behênico (%)	Lignocérico (%)
T	6,66 a	0,89 a	0,39 a	0,30 b	0,14 a	0,06 a
Sel. Na	5,50 b	0,72 c	0,39 a	0,30 b	0,15 a	0,06 a
Fisiun [®] SE	5,44 b	0,74 c	0,41 a	0,35 a	0,15 a	0,06 a
Nutriduo [®]	4,87 c	0,80 b	0,38 a	0,37 a	0,15 a	0,06 a
Sel. Na + Iod. K	4,74 c	0,75 c	0,39 a	0,35 a	0,15 a	0,04 a
Fision + Iod. K	4,64 c	0,72 c	0,37 a	0,31 b	0,13 a	0,04 a
Nut. + Iod. K	4,58 c	0,73 c	0,32 a	0,29 b	0,09 a	0,04 a
CV (%)	4,46%	4,25%	8,60%	9,36%	23,97%	27,66%

⁽¹⁾ Testemunha (T), Selenato de sódio (Sel. Na), Selenato de sódio + iodato de potássio (Sel. Na + Iod. K), Fisiun[®] SE + iodato de potássio (Fisiun[®] SE + Iod. K), Nutriduo[®] + iodato de potássio (Nut. + Iod. K).

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2023).

O ácido oleico é considerado como o principal ácido graxo presente no azeite, por apresentar ações benéficas à saúde (BANNI et al., 1995; MENENDEZ et al., 2005). Se comparados à testemunha, todos os tratamentos foram responsáveis por maiores médias na porcentagem de ácido oleico e menores médias dos ácidos linoleico e y-linoleico no azeite de oliva.

O ácido y-linoleico apresenta três insaturações (DAS, 2013). O ácido linoleico possui duas ligações duplas separadas por uma ligação simples (ABU-GHAZALEH et al., 2001). Já o ácido oleico possui apenas uma ligação dupla (VACLACIK; CHRISTIAN, 2014). O selênio, por intermédio da enzima glutathione peroxidase metaboliza hidroperóxidos formados pelos ácidos graxos poli-insaturados (ROBERT, 1994), formando glutathione oxidada (JI, et al., 1998). O resultado indica que os tratamentos foram responsáveis pela mudança de configuração nas moléculas de ácidos graxos poli-insaturados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tratamentos à base de selênio e iodo mostraram potencial para serem utilizados em frutíferas oleaginosas cultivadas em regiões subtropicais de altitude, com o objetivo de melhoria da qualidade dos frutos, do azeite extraído e na mitigação de estresses abióticos em plantas cultivadas.

Sugere-se utilizar diferentes dosagens dos tratamentos em futuras pesquisas, a fim de atestar a quantidade ideal de cada elemento a ser utilizada nas culturas de abacate e oliveira.

5. CONCLUSÃO

Os frutos de abacateiros ‘Hass’ submetidos aos tratamentos com selênio e iodo não tiveram alteração quanto as suas características carpométricas e bioquímicas. Todavia, apresentaram diferença significativa de perda de massa nos diferentes tratamentos. As variáveis resposta associadas aos azeites de abacate tiveram alterações significativas (rendimento de óleo, estabilidade oxidativa, umidade, lipídeos, pigmentos e peróxidos) atestando o potencial antioxidante dos elementos selênio e do iodo.

As azeitonas oriundas de oliveiras submetidas aos tratamentos com selênio e iodo tiveram alterações em suas características carpométricas. Em consonância, houve alterações no rendimento e nas características físico-químicas dos azeites de oliva extraídos (lipídeos, estabilidade, peróxidos e acidez).

São necessárias pesquisas complementares a fim de concluir a melhor fonte e a dosagem ideal de selênio e iodo para biofortificação de frutíferas oleaginosas, buscando melhoria da qualidade de frutos e azeites extraídos.

REFERÊNCIAS

- ABU-GHAZALEH, A.A., SCHINGOETHE, D.J., HIPPEN, A.R. Conjugated linoleic acid and other beneficial fatty acids in milk fatty from cows fed soybean meal, fish meal, or both. **Journal Dairy Science**. 84:1845-1850, 2001.
- ANDRADE, F.R.; SILVA, G.N.; GUIMARÃES, K. C.; BARRETOS, H. B. F.; SOUZA K.R.D.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; REIS, A.R. **Selenium protects rice plants from water deficit stress** *Ecotoxicology and Environmental Safety* 164:562–570, 2018.
- ANDRADE, A. C. et al. Prebiotic potential of pulp and kernel cake from Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and Macaúba palm fruits (*Acrocomia aculeata*). **Food Research International**, v. 136, p. 109595, 2020.
- BANNI, S.; DAY, B. W.; EVANS, R. W.; CORONGIO, P. F. P.; LOMBARDI, B. Detection of conjugated diene isomers of linoléico acid in liver lipids of rats fed a choline-devoid diet indicates that the diet does not cause lipoperoxidation. **Journal of Nutrition Biochemistry, Wornburn**, v. 6, n. 5, p. 281-289, may. 1995.
- BAÑUELOS, G. S. et al. Selenium volatilization in vegetated agricultural drainage sediment from the San Luis Drain, Central California. **Chemosphere**, v. 60, n.1, p. 1203–1213, 2005.
- BARTOLY ROSA, F. B.; WASSERMAN, M. A. V.; DA SILVA, M. M. D. S. Estudo dos principais indicadores edafológicos da transferência solo-planta para o iodo. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 6, n. 3, 4 set. 2018.
- BENGANAA, M.; BAKHOUCHEC, A.; LOZANO-SÁNCHEZC, JESÚS.; AMIRB, Y.; YOUYOUA, A.; SEGURA-CARRETEROC, A.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZC, A. Influence of olive ripeness on chemical properties and phenolic composition of Chemlal extra-virgin olive oil. **Food Research International**, 2013.
- BLASCO, B., RIOS, J., CERVILLA, L., SÁNCHEZ-RODRIGUEZ, E., RUIZ, J.; ROMERO, L. Iodine biofortification and antioxidant capacity of lettuce: potential benefits for cultivation and human health. **Ann. Appl. Biol.** 152, 289–299. 2008.
- BLEINROTH, E. W.; CASTRO, J. V. Matéria-prima. In: **ABACATE: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. Campinas: ITAL, 1992.
- BOLDRIN, P. F. et al. Selenato e selenito na produção e biofortificação agrônômica com selênio em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 831–837, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 1, 30 de janeiro de 2012. Regulamento técnico do azeite de oliva e do óleo de bagaço de oliva. **Diário Oficial da União**, Brasília. 2012.

- CAKMAK, I., PROM-U-THAI, C., GUILHERME, L. R. G., RASHID, A., H, K. H., YAZICI, A., et al. Iodine biofortification of wheat, rice and maize through fertilizer strategy. **Plant Soil** 418, 319–335. 2017.
- CANTO, W. L.; SANTOS, L. C.; TRAVAGLINI, M. M. E. Óleo de abacate: extração, usos e seus mercados atuais no Brasil e na Europa. **Estudos Econômicos**. Campinas: ITAL, 1980.
- CARTES, P.; GIANFREDA, L.; MORA, M. L. Uptake of selenium and its antioxidant activity in ryegrass when applied as selenate and selenite forms. **Plant Soil**, v. 276, n. 1–2, p. 359–367, 2005.
- CARVALHO, G. S. et al. Selenium and mercury in Brazilian Cerrado soils and their relationships with physical and chemical soil characteristics. **Chemosphere**, v. 218, p. 412-415, 2019.
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Codex standard for olive oil, virgin and refined, and for refined olive - pomace oil: **CODEX STAN 33-1981** (rev. 2-2003). Roma: FAO/WHO, 2001.
- CONDE, C.; DELROT, S.; GERÓS, H. Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening. **Journal of Plant Physiology**, 2008.
- COUTINHO, E. F. (Ed.) A cultura da oliveira. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2007.
- COUTINHO, E. F.; RIBEIRO, F. C.; CAPPELLARO, T.H. (Ed.) Cultivo de oliveira (*Olea europaea* L.). Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2009.
- DAS, U. n-3 fatty acids, gamma-linolenic acid, and antioxidants in sepsis. *Critical Care*, v. 17, n. 312, p. 1–8, 2013.
- DAG, A.; KEREM, Z.; YOGEV, N.; ZIPORI, I.; LAVEE, S.; BEN-DAVID, E. Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. **Scientia Horticulturae**, 2011.
- DING, H., CHIN, Y. W., KINGHORN, A. D.; D'AMBROSIO, S. M. Chemopreventive characteristics of avocado fruit. **Seminars in Cancer Biology**, Stockholm v.17, n.5, p.386 - 394, 2007.
- DHILLON, K.S.; DHILLON, S.K. Distribution and management of seleniferous soils. **Advances-in-Agronomy**, v. 79, p. 119-184, 2003.
- DJANAGUIRAMAN, M. et al. Selenium - An antioxidative protectant in soybean during senescence. **Plant and Soil**, v. 272, n. 1–2, p. 77–86, 2005.
- DONADIO, L. C.; FERRARI, L. AVILÉS, T. C. Abacate. In: DONADIO, L. C. (Ed). *História da Fruticultura Paulista*. Jaboticabal: SBF – Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010.
- DUNN J. T., VAN DER HAAR F. A practical guide to the correction of iodine deficiency Wageningen: **International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders**; 1990.

- EDER, G.; EDELBAUER, A. Influence of different fertilizing measures in grassland on the selenium content in soil and plants. **Die Bodenkultur**, v. 52, n. 3, p. 209–214, 2001.
- ELLIS, D. R.; SALT, D. E. Plants, selenium and human health. *Current opinion in plant biology*, v. 6, n. 3, p. 273-279, 2003.
- FENG, R.; WEI, C.; TU, S. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. **Environmental and Experimental Botany**, v. 87, p. 58–68, 2013.
- FERREIRA, A. **Influência da luz nos parâmetros químicos de qualidade em azeites monovarietais**, 2012.
- GABOS, M. B.; GOLDBERG, S.; ALLEONI, L. R. F. Modeling selenium (IV and VI) adsorption envelopes in selected tropical soils using the constant capacitance model. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 33, n. 10, p. 2197–2207, 2014.
- GALIC, L.; VINKOVIC, T.; RAVNIAK, B.; LONCARIC, Z. Agronomic Biofortification of Significant Cereal Crops with Selenium—A Review. **Agronomy**. 2021.
- FORDYCE, F. Selenium geochemistry and health. *Ambio*, v. 36, n. 1, p. 94–97, 2007.
- GARCIA, S. R. et al. ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS ASSOCIADOS AO CULTIVO DA OLIVEIRA (*Olea europaea* L.) EM MINAS GERAIS. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 17 abr. 2018.
- GAROUSI, F. The Essentiality of Selenium for Humans, Animals, and Plants, and the Role of Selenium in Plant Metabolism and Physiology. *Acta Univ. Sapientiae Aliment.* 2017.
- GENCHI, G.; LAURIA, G.; CARALANO, A.; SINICROPI, M.S.; CAROCCI, A. Biological Activity of Selenium and Its Impact on Human Health. **Int. J. Mol. Sci.** 2023.
- GOMES, P. A olivicultura no Brasil. **Edições melhoramentos**, 1979.
- GOULAS, V. et al. Phytochemicals in olive-leaf extracts and their antiproliferative activity against cancer and endothelial cells. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 53, n. 5, p. 600–608, 2009.
- GOUVEIA, J. História da Cultura Olivícola em Portugal. O Azeite em Portugal. **Edições Inapa**, 2002.
- GRAHAM, R.D.; WELCH, R.M.; SAUNDERS, D.A.; ORTIZ-MONASTERIO, I.; BOUIS, H.E.; BONIERBALE, M.; DE HAAN, S.; BURGOS, G.; THIELE, G.; LIRIA, R. Nutritious subsistence food systems. **Advances in Agronomy**, v.92, p.1-74, 2007.
- GUO, Z.; JIA, X.; ZHENG, Z.; LU, X.; ZHENG, Y.; ZHENG, B.; XIAO, J. Chemical composition and nutritional function of olive (*Olea europaea* L.): a review. **Phytochemistry Reviews**, v. 17, p. 1091– 1110, 2018.

HAMILTON, R. J.; ROSSELL, J. B.; HUDSON, B. J. F.; LOLIGER, J.; In Rancidity in Foods; Allen J. C., Hamilton R. J., Ed.; **Applied Science Publishers LTD.**; London, 1983.
 HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C.L. Resfriamento de frutas e hortaliças. Brasília, DF: **Embrapa**, 1, pp. 63-83, 2002.

HOPPER, J. & PARKER, D. Plant availability of selenite and selenate as influenced by the competing ions phosphate and sulfate. **Plant Soil**, 210:199-207, 1999.

HUGUET, A. Análisis Químico y Sensorial de Aceites de Oliva Virgênes Extra Monovarietales del Trujal Artajo (**Fontellas, Navarra**). 2010.

JI, L. L.; STRATMAN, F. W.; E LARDY, H. Antioxidant enzyme systems in rat liver and skeletal muscle: influences of selenium deficiency, chronic training, and acute exercise. **Arch. Biochem. Biophys.** 1998.

KIELISZEK, M.; BANO, I.; ZARE, H. A Comprehensive Review on Selenium and Its Effects on Human Health and Distribution in Middle Eastern Countries. **Biol. Trace Elem. Res.** 2021.

KIFERLE, C., MARTINELLI, M., SALZANO, A. M., GONZALI, S., BELTRAMI, S., SALVADORI, P. A. **Evidences for a Nutritional Role of Iodine in Plants.** 2021.

KIM, S. S. et al. Effects of pH and anions on the sorption of selenium ions onto magnetite. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 104, n. 1, p. 1–6, 2012.

KREZDORN, A. H. Influence of rootstock on cold hardiness of avocados. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, **Winter Haven**, v.86, p. 346348, 1974.

LARA, T. S. et al. Selenium application provides nutritional and metabolic benefits to wheat plants. **Agronomy** (Basel, Switzerland), v. 14, n. 3, p. 462, 2024.

LESSA, J. H. I. et al. Adsorption-desorption reactions of selenium (VI) in tropical cultivated and uncultivated soils under Cerrado biome. **Chemosphere**, v. 164, p. 271-277, 2016.

LIU, Q. et al. Effects of the interaction between selenium and phosphorus on the growth and selenium accumulation in rice (*Oryza sativa*). **Environmental Geochemistry and Health**, v. 26, p. 325–330, 2004.

MALAVOLTA, E. Selênio. In: Elementos de nutrição mineral de plantas. **Ed. Agronômica Ceres**, 1980.

MALAVOLTA, E. Selênio. In: Manual de nutrição mineral de plantas. **Ed. Agronômica Ceres**, 2006.

MAPRIC; “Óleo de Abacate”; 2019.

MEDINA, J. C. Abacate: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas: **Ital**, 1978.

- MENENDEZ, J. A.; VELLON, L.; COLOMER, R.; LUPU, R. Oleic Acid, the main monounsaturated fatty acid of olive oil, suppresses Her-2/neu (erb B-2) expression and synergistically enhances the growth inhibitory effects of trastuzumab (Herceptin) in breast cancer cells with Her-2/neu oncogene amplification *Annals of Oncology, Oxford*, v. 16, n. 3, p. 359-371, mar. 2005.
- MESQUITA, D.L.; OLIVEIRA, A. F.; MESQUITA, H. A. Aspectos econômicos da produção e comercialização do azeite de oliva e da azeitona. *Inf. Agropec.*, v. 27, n. 231, p. 7-12, 2006.
- MORAIS, E. G. DE et al. Foliar sprays of multi-nutrient fertilizer containing selenium produce functional tomato fruits with higher shelf life. *Plants*, v. 13, n. 16, p. 2288, 2024.
- MOREDA-PIÑEIRO, J.; SÁNCHEZ-PIÑERO, J.; MAÑANA-LÓPEZ A.; TURNES-CAROU, I.; ALONSO-RODRÍGUEZ, E.; LÓPEZ-MAHÍA, P.; MUNIATEGUI-LORENZO, S. Selenium species determination in foods harvested in seleniferous soils by HPLC-ICP-MS after enzymatic hydrolysis assisted by pressurization and microwave energy. *Food Research International* 111:621–630, 2018.
- NAKAMARU, Y. M.; SEKINE, K. Sorption behavior of selenium and antimony in soils as a function of phosphate ion concentration. *Soil Science and Plant Nutrition*, v. 54, n. 3, p. 332–341, 2008.
- OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 1ª ed. São Paulo: Manole, 2006.
- PEREIRA, P. A. Evolução da produção mundial e nacional de abacate 2015. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), **Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília**, Brasília, 2015.
- PIONEIRISMO EM GRANDE ESTILO. **Anuário Brasileiro das Oliveiras**: 2018. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2019.
- QIN, H. et al. The bioavailability of selenium and risk assessment for human selenium poisoning in high-Se areas, China. *Environment International*, v. 52, p. 66–74, 2013.
- Quinet, M.; Angosto, T.; Yuste-Lisbona, F.J.; Blanchard-Gros, R.; Bigot, S.; Martinez, J.-P.; Lutts, S. Tomato Fruit Development and Metabolism. *Front. Plant Sci.* 2019.
- RAMOS, S. J. et al. Selenate and selenite on yield, mineral nutrition and biofortification with selenium in lettuce cultivars. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 4, p. 1347–1355, 2011.
- RAPOPORT, H. V. Botânica y morfología. In: BARRANCO, D.; FERNANDEZ-ESCOBAR, R.; RALLO, L. El cultivo del olivo. 2. ed. Madri: **Mundi-Prensa-Junta de Andalucía**, 1998.
- RAVELLO, R.A.V.; DE OLIVEIRA, C.; LESSA, J.; BOAS, L.V.V.; DE CASTRO, E.M.; GUILHERME, L.R.G.; Lopes, G. Selenium Application Influenced Selenium Biofortification and Physiological Traits in Water-Deficit Common Bean Plants. *Crop Pasture Sci.* 2021.

- RAYMAN, M.P. The argument for increasing selenium intake. *Proc. Nutr. Soc.*, 61:203-215, 2002.
- RIZVI, Nayab Batool et al. Effect of the media in the Folin-Ciocalteu assay for the analysis of the total phenolic content of olive products. **Food Analytical Methods**, v. 16, n. 11, p. 1627-1634, 2023.
- ROSSINI, L. **Variedades de Azeitonas que cultivamos**, 2014.
- ROBERT, K. M. Harper: bioquímica um livro médico Lange. 7.ed. São Paulo: **Atheneu**. 1994.
- ROVIRA, M. et al. Sorption of selenium (IV) and selenium (VI) onto natural iron oxides: Goethite and hematite. **Journal of Hazardous Materials**, v. 150, n. 2, p. 279–284, 2008.
- SANTOS, V. DA M. DOS; AFONSO, J. C. Recuperação de compostos de iodo de reagentes e soluções laboratoriais. **Química Nova**, v. 35, p. 398–402, 2012.
- SHARMA, V. K. et al. Biogeochemistry of selenium. A review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 13, n. 1, p. 49–58, 2014.
- SHIRIAEV, A.; BRIZZOLARA, S.; SORCE, C.; MEONI, G.; VERGATA, C.; MARTINELLI, F.; MAZA, E.; DJARI, A.; PIRELLO, J.; PEZZAROSSA, B.; et al. Selenium Biofortification Impacts the Tomato Fruit Metabolome and Transcriptional Profile at Ripening. *J. Agric. Food Chem.* 2023.
- SILVA, L. F. DE O. DA et al. Caracterização agrônômica e carpométrica de cultivares de oliveira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 350–356, set. 2012.
- SILVA, L. F. O. et al., Variação na qualidade do azeite em cultivares de oliveira, 2012.
- SILVA, A. “Minas se destaca na produção de azeite de abacate”, 2019.
- Silva, M.A.; Sousa, G.F.D.; Van Opbergen, G.A.Z.; Van Opbergen, G.G.A.Z.; Corguinha, A.P.B.; BUENO, J.M.M.; BRUNETTO, G.; LEITE, J.M.; DOS SANTOS, A.A.; LOPES, G.; et al. Foliar Application of Selenium Associated with a Multi-Nutrient Fertilizer in Soybean: **Yield, Grain Quality, and Critical Se Threshold**. *Plants* 2023, 12, 2008.
- SILVA, V. M. **Characterization of genotype variation and agronomic biofortification of cowpea with selenium: impacts on phytic acid and nutritional quality of grains**, 2019.
- SINATRA S. T., DE MARCO J. Free radicals, oxidative stress, oxidized low density lipoprotein (LDL) and the heart: antioxidants and other strategies to limit cardiovascular damage. **Conn Med**, 1995.
- SOARES et. al.; Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante da Casca de Uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura.**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 1, p. 059-064, 2008.
- TANGO, J. S.; TURATTI, J. M. Óleo de abacate. ABACATE cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: **ITAL**, 1992.

- TERRY, N. et al. Rates of Selenium volatilization among crop species. **Journal of Environmental Quality**, v. 21, p. 341-344, 1992.
- TERRY, N. et al. Selenium in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 51(1):401-432, 2000.
- VANNUCHI H, MENEZES; E. W., CAMPANA A.O., LAJOLO F.M. Aplicações das recomendações nutricionais adaptadas à população brasileira. **Cad Nutr-SBAN**. 1990.
- VIEITE, R.L., DAIUTO, E.R., FUMES J. G. F. Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate 'Fuerte'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 336-348, 2012.
- VACLAVIK, V. A.; CHRISTIAN, E. W. **Food Science Text Series Essentials of Food Science**. 4 ed. Estados Unidos da América: Springer, 2014.
- WHANGER, P. D. Selenocompounds in plants and animals and their biological significance. **Journal of the American College of Nutrition**, Corvallis, v. 21, n. 3, p. 223-232, 2002.
- 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, p.49-84, 2009.
- WHITEHEAD, D. C. The distribution and transformations of iodine in the environment. **Environ. Intern.** 1984.
- WHO - World Health Organization. Environmental Health Criteria-58, Selenium. **WHO Publishing**, Geneva. 1987.
- XU, X.; WANG, J.; WU, H.; YUAN, Q.; WANG, J.; CUI, J.; LIN, A. Effects of Selenium Fertilizer Application and Tomato Varieties on Tomato Fruit Quality: A Meta-Analysis. **Sci. Hortic.** 2022.
- YANG, H.; YANG, X.; NING, Z.; KWON, S.Y.; LI, M.; TACK, F.M.G; KWON, E.E.; RINKLEBE J. Y. The beneficial and hazardous effects of selenium on the health of the soil-plant-human system: An overview. **Journal of Hazardous Materials** 422: 126876, 2022.
- ZHANG, M. et al. Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (*Oryza sativa* L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 107, 2014.
- ZHU, Z.; CHEN, Y.; SHI, G.; ZHANG, X. Selenium Delays Tomato Fruit Ripening by Inhibiting Ethylene Biosynthesis and Enhancing the Antioxidant Defense System. **Food Chem.** 2017.