



ANA BEATRIZ SILVA ARAÚJO

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO AGRIÃO DA TERRA
NOS ESTÁDIOS “MICROGREEN” E “BABY LEAF”**

LAVRAS – MG

2019

ANA BEATRIZ SILVA ARAÚJO

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO AGRIÃO DA TERRA
NOS ESTÁDIOS “MICROGREEN” E “BABY LEAF”**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de mestre.

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

Orientador

Prof.^a Dr.^a Elisângela Elena Nunes de Carvalho

Coorientadora

LAVRAS –MG

2019

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

Araújo, Ana Beatriz Silva.

Qualidade pós colheita do agrião da terra nos estádios
"microgreen" e "baby leaf" / Ana Beatriz Silva Araújo. - 2019.
59 p.

Orientador(a): Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Coorientador(a): Elisângela Nunes de Carvalho.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. microgreen. 2. baby leaf. 3. Barbarea verna. I. Barros Vilas
Boas, Eduardo Valério de. II. Carvalho, Elisângela Nunes de. III.
Título.

ANA BEATRIZ SILVA ARAÚJO

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO AGRIÃO DA TERRA
NOS ESTÁDIOS “MICROGREEN” E “BABY LEAF”**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de mestre.

Apovada em 27 de agosto de 2019.

Dr. ^a Elisângela Elena Nunes de Carvalho UFLA

Dr.^a Ester Alice Ferreira

EPAMIG

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

Orientador

LAVRAS –MG

2019

AGRADECIMENTOS

A Deus, à Nossa Senhora Aparecida e ao meu Anjo da Guarda, por terem me protegido e iluminado meu caminho até aqui, que nos momentos de desespero e angústia me deram sabedoria, paciência, força e coragem para continuar, e por terem colocado pessoas maravilhosas na minha trajetória.

À minha mãe, Dilza, que sempre me incentivou a estudar, que me ensinou a não desistir, que me ensinou que devo dar sempre o meu melhor sem me diminuir ou fazer os outros de “escada”. Obrigada pela preocupação, orações e zelo! Obrigada por preparar as minhas marmitas, por ouvir os meus choros e por não me fazer desistir! Amo você!

Ao meu pai, Cleber Lucio, que sempre me amou do jeito que eu sou. Obrigada por me proporcionar condições para eu poder continuar estudando. Obrigada pelo carinho, pelas caronas, por ouvir os meus choros e me fazer rir. Amo você, meu “paipai”!

À minha irmã, Fernanda Letícia, que mesmo não entendendo nada, me ajudou nas análises, na colheita feliz! Obrigada pelo companheirismo, pela amizade e por me ouvir. Obrigada pelos momentos em que estive ausente em casa e você fez, sozinha, o papel de filha. Amo você!

Às minha amigas, Fernanda, Lidiane, Michelle, Isadora, Bruna, que mesmo longe, estão presentes na minha vida, que ouviram meus desabafos, que me fizeram sorrir e me incentivaram a continuar lutando por aquilo que eu gosto e acredito. Obrigada por todos esses anos de amizade, por fazerem parte do meu porto seguro. Amo vocês!

Ao grupo de oração “Rainha da Paz”, obrigada pelas orações e por me proporcionar momentos de paz e reflexão.

A todos “os membros do grupo” do Laboratório de Pós Colheita de Frutas e Hortaliças: Rafael, Nathane, Kelly, Elídio, Patrícia, Mariana Crivelari, Hanna, Nádja, Mariana Souza, Rafaela, Laryanne, Ana Lázara, Daiana e Victor. E aos agregados de Goiás: Ítalo, Jéssyca, e Danilo. Obrigada pelos “conhecimentos adquiridos ao longo da vida”, pela ajuda, pelas conversas, risadas e amizade ao longo dessa trajetória.

Às amigas que a UFLA me deu, Jéssica e Angélica, obrigada por todo carinho, auxílio e apoio, obrigada pelas conversas e risadas nos corredores. Obrigada à Ana “dos morangos” pelas risadas, conversas e aprendizados.

Aos técnicos do Departamento de Ciência dos Alimentos, em especial, à Tina, que foi técnica, mãe e amiga. Obrigada pelos ensinamentos e por todo amor e carinho! Obrigada ao Dedé, pelo companheirismo e pelas caronas. Agradeço à Pâmela pela parceria e pelas conversas, à Creuza, que após a saída da Tina me “adotou”, com muito amor e carinho! Obrigada pelo apoio e amizade.

Meus agradecimentos a todos os funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos, que de alguma forma me ajudaram a concluir esta etapa! Ao técnico Milton, da Unidade de Hidroponia do Departamento de Ciência do Solo. Muito obrigada pelo auxílio, pela paciência e pelos ensinamentos!

Ao Professor Valdemar Faquin, por disponibilizar o espaço e os insumos da Unidade de Hidroponia do Departamento de Ciência do Solo, para a execução deste projeto, muito obrigada.

Ao Professor Eduardo, meu orientador, primeiramente gostaria de agradecer pela oportunidade e pela confiança depositada em mim ao longo desses dois anos. Obrigada pelos conhecimentos passados, por me ensinar a não ser apenas uma “mera executora, e sim também a ser uma pensadora”. Obrigada por me fazer valorizar e apaixonar ainda mais pela pesquisa. Obrigada por todo o seu esforço, em proporcionar condições para que fizesse meu trabalho.

À Professora Elisângela, me faltam palavras para agradecer, desde a iniciação científica, até aqui! A pessoa que mais me inspira, que enxergou em mim um potencial que eu desconhecia. Que eu tenho como uma segunda mãe (mãe, por favor não fique com ciúmes). Acolheu-me tão bem e me ensina todos os dias, a ser uma profissional e uma pessoa melhor. Amo você!

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de cursar uma Pós Graduação, gratuita e de qualidade, por todos os ensinamentos e pelo incentivo a pesquisa. Ao Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, obrigada por toda a estrutura, recursos e apoio disponíveis para a execução deste projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro e pelo incentivo à pesquisa.

Obrigada ao Periódico Capes, Google Tradutor, Sci-hub.com e ao dicionário.com, que foram essenciais para a execução e finalização deste trabalho.

Gostaria de agradecer a mim mesma, por não ter desistido!

“O que importa não é o que você fez, ou o que você tem. O que realmente importa é o valor que você gera e o impacto que você causa ao seu redor. (Autor desconhecido).”

RESUMO GERAL

As hortaliças colhidas em estádios precoces, como os “microgreens” e “baby leaf”, surgem como alternativa para os consumidores que buscam por alimentos que tragam benefícios à saúde e maior praticidade. Estudos demonstraram que “microgreens” e “baby leaf”, dependendo da espécie, apresentam maiores teores de minerais, compostos fenólicos totais e maior capacidade antioxidante, quando comparados às hortaliças colhidas em estádio comercial. Porém, vegetais folhosos possuem uma curta vida útil, sendo necessária a utilização de técnicas que visem aumentar o seu armazenamento. O objetivo do presente estudo foi caracterizar e comparar a qualidade de agrião da terra (*Barbarea verna*) nos diferentes estádios: microgreen (23 dias após sementeira), baby leaf (30 dias após sementeira) e comercial (48 dias após sementeira), e determinar a embalagem adequada e tempo de armazenamento para a conservação de “baby leaf” de agrião da terra. Os experimentos foram conduzidos de março a abril de 2019, na Unidade de Hidroponia do Departamento de Ciência do Solo e no Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos, localizados na Universidade Federal de Lavras. Sementes não peletizadas de agrião da terra (*Barbarea verna*) foram semeadas em substrato de espuma fenólica, cobertas com vermiculita, irrigadas com água, mantidas em casa de vegetação sob temperatura ambiente ($27^{\circ}\text{C}\pm 7$) e luz ambiente. Após 16 dias, as mudas foram transferidas para sistema hidropônico, irrigadas com solução nutritiva. No 1º experimento, três colheitas foram realizadas, 23 dias após a sementeira (“microgreen”), 30 dias após a sementeira (“baby leaf”) e 48 dias após sementeira (adulto), e as amostras comparadas entre si. O segundo experimento, referente ao armazenamento de “baby leaf” de agrião da terra, foi conduzido utilizando as embalagens A (embalagem zip lock de polietileno $100\mu\text{m}$) e embalagem B (embalagem de polietileno de baixa densidade $50\mu\text{m}$ selada), tendo a embalagem C (polietileno tereftalato pós consumo reciclado - PET PCR), como controle e o armazenamento foi realizado sob a temperatura média de refrigeração de $6^{\circ}\text{C}\pm 1$ e umidade relativa de $87\%\pm 1,6$. A avaliação das amostras foi realizada nos tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias. Em ambos os experimentos foram realizadas as análises de coloração, pH, acidez titulável, clorofila total, carotenoides totais, teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante. Para caracterização, foram também avaliados o perfil de minerais e o teor de matéria seca, já no armazenamento, foram avaliados o percentual de perda de massa e o monitoramento de CO_2 dentro da embalagem. O agrião no estádio “microgreen” apresentou 12 vezes mais ferro e duas vezes mais magnésio, enquanto no estádio “baby leaf” apresentou maior teor de cálcio e duas vezes mais ferro, comparados com a hortaliça adulta. Verificou-se também maior presença de carotenoides totais no agrião no estádio “microgreen” e maior teor de fenólicos totais no estádio “baby leaf”. Os resultados encontrados sugerem que o consumo de agrião da terra colhido em estádios antecipados possa vir a contribuir para uma maior ingestão de minerais e compostos bioativos. Em relação ao armazenamento, o uso de embalagem de PET PCR não é viável para o armazenamento refrigerado de “baby leaf” de agrião da terra, já as embalagens zip lock de polietileno $100\mu\text{m}$ e polietileno de baixa densidade $50\mu\text{m}$ selada, demonstraram ser boas opções. Destaca-se que a embalagem zip lock de polietileno $100\mu\text{m}$ proporcionou menor acúmulo de CO_2 , maior preservação da cor verde, menor degradação de carotenoides e menor

depleção da capacidade antioxidante do agrião da terra no estágio “baby leaf”. Esses resultados indicam que o uso dessa embalagem, proporciona melhores condições de armazenamento, com uma vida útil de até 12 dias, fornecendo um produto de qualidade ao consumidor.

Palavras chaves: *Barbarea verna*, compostos bioativos, desenvolvimento, embalagem, minerais, vida útil, armazenamento.

ABSTRACT

Vegetables harvested at early stages, such as microgreens and baby leaf, are emerging as an alternative for consumers looking for foods that are beneficial to health and practicality. Studies have shown that microgreens and baby leaf, depending on the species, have higher levels of minerals, total phenolic compounds and higher antioxidant capacity when compared to vegetables harvested at commercial stage. However, leafy green vegetables have a short shelf life, requiring the use of techniques to increase their storage. The aim of the present study was to characterize and compare the quality of soil upland cress (*Barbarea verna*) in the different stages: microgreen (23 days after sowing), baby leaf (30 days after sowing) and commercial (48 days after sowing). Proper packaging and storage time for the conservation of baby cress from the soil. The experiments were conducted from March to April 2019, at the Hydroponic Unit of the Soil Science Department and at the Fruit and Vegetable Post Harvesting Laboratory of the Food Science Department, located at the Federal University of Lavras. Non-pelleted seeds of upland cress (*Barbarea verna*) were sown on a phenolic foam substrate, covered with vermiculite, irrigated with water and, kept in a greenhouse under ambient light and room temperature ($27^{\circ}\text{C} \pm 7$). 16 days after sowing, the seedlings were transferred to hydroponic system, and irrigated with nutrient solution. In the first experiment, three harvests were performed, 23 days after sowing (microgreen), 30 days after sowing (baby leaf) and 48 days after sowing (adult), and the samples were compared with each other. The second experiment, concerning the storage of soil upland cress baby leaf, was carried out using packages A (100 μm polyethylene zip lock package) and package B (50 μm low density polyethylene package sealed), with package C (polyethylene terephthalate after recycled consumption (PET PCR) as control and storage was carried out under the average refrigeration temperature of $6^{\circ}\text{C} \pm 1$ and relative humidity of $87\% \pm 1,6$. The samples were evaluated at 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12 days. In both experiments the analyzes of coloration, pH, titratable acidity, total chlorophyll, total carotenoids, total phenolic content and antioxidant capacity were performed. For characterization, the mineral profile and the dry matter content were also evaluated. In storage, the percentage of mass loss and CO₂ monitoring inside the packaging were evaluated. The upland cress in the microgreen stage presented 12 times more iron and twice as much magnesium, while in the baby leaf stage it presented higher calcium content and twice as much iron when compared with the adult vegetable. There was also a higher presence of total carotenoids in the upland cress in the microgreen stage and a higher total phenolic

content in the baby leaf stage. The results suggest that the consumption of soil upland cress harvested in early stages may contribute to a higher intake of minerals and bioactive compounds. Regarding storage, the use of PET PCR packaging is not feasible for cold upland cress baby leaf storage, while 100µm polyethylene and 50µm low density polyethylene sealed zip lock packages have proven to be good options. It is noteworthy that the 100µm polyethylene zip lock package provided less CO₂ accumulation, better preservation of green color, less carotenoid degradation and less depletion of the upland cress antioxidant capacity at the baby leaf stage. These results indicate that the use of this packaging provides better storage conditions, with a shelf life of up to 12 days, providing a quality product to the consumer.

Key words: *Barbarea verna*, bioactive compounds, development, packaging, minerals, shelf life, storage.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	12
1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Descrição dos vegetais “microgreens” e “baby leaf”	14
2.2 Espécies utilizadas	17
2.2.1 Agrião da terra (<i>Barbarea verna</i>)	18
2.3 Atributos de qualidade	18
2.4 Armazenamento e preservação pós colheita de “microgreens” e “baby leaf”	20
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	25
ARTIGO 1	25
ESTUDO COMPARATIVO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE AGRIÃO DA TERRA ENTRE OS ESTÁDIOS MICROGREEN, BABY LEAF E ADULTO	25
ARTIGO 2	42
INFLUÊNCIA DA EMBALAGEM NA QUALIDADE PÓS COLHEITA DE BABY LEAF DE AGRIÃO DA TERRA	42

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a sociedade desenvolveu um grande interesse pelo consumo de frutas e hortaliças, que são fontes de alguns micronutrientes (vitaminas, minerais), fibras e uma vasta gama de fitoquímicos, que, individualmente ou em conjunto, promovem efeitos positivos na saúde humana. Assim, é do interesse da indústria e dos produtores, buscarem novas tendências e oportunidades para esse crescente mercado. Hortaliças colhidas em estádios precoces, como os “microgreens” e “baby leaf”, podem ser inseridas no segmento de produtos prontos para consumo, dentro do setor de produtos vegetais. Em vários países do mundo, os chefs e consumidores de restaurantes utilizam esses produtos, devido aos seus atributos sensoriais e nutricionais.

“Microgreens” são mudas jovens de plantas produzidas utilizando sementes de diferentes espécies de vegetais, plantas herbáceas, ervas aromáticas e plantas silvestres comestíveis. Podem ser colhidos 7 a 28 dias após a germinação, eliminando-se suas raízes, sendo sua porção comestível constituída pelo caule único, pelas folhas cotiledonares e, muitas vezes, pelas primeiras folhas verdadeiras emergentes. “Baby leaf” são hortaliças colhidas precocemente, assim como as “microgreen”, porém já com todas as folhas verdadeiras. Possuem um ciclo de crescimento entre 20 a 40 dias, dependendo da espécie. Apresentam uma aparência atraente devido à sua estrutura tridimensional e níveis mais baixos de dano oxidativo devido ao pequeno diâmetro do caule. (MARTÍNEZ-SÁNCHEZ et al., 2012; DI GIOIA; RENNA; SANTAMARIA, 2017).

Estudos demonstraram que o teor de compostos fenólicos totais, capacidade antioxidante e teor de minerais de algumas cultivares de determinadas espécies de hortaliças nos estádios “microgreen” e “baby leaf” foram maiores, quando comparados com hortaliças em maturidade comercial. No entanto, as hortaliças folhosas possuem uma vida útil curta em relação aos atributos de qualidade, sendo necessário o emprego de técnicas para aumentar seu armazenamento. Pode-se citar a refrigeração, aliada a embalagens poliméricas, que tem como objetivo diminuir a atividade metabólica dos vegetais, evitando assim, a rápida deterioração.

Pesquisas sobre vegetais folhosos, pertencentes a família Brassicacea, incluindo o agrião da terra (*Barbarea verna*), mostraram ser ricos em minerais, vitaminas e compostos antioxidantes. Contudo, não houve nenhum estudo publicado investigando as características físico químicas e capacidade antioxidante entre os estádios “microgreen”, “baby leaf” e comercial de agrião da terra (*Barbarea verna*). Embora existam estudos sobre o armazenamento

de hortaliças “baby leaf”, não há estudos publicados investigando a qualidade pós colheita e vida útil de “baby leaf” de agrião da terra (*Barbarea verna*).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar e comparar a qualidade de agrião da terra (*Barbarea verna*) nos diferentes estádios: “microgreen” (23 dias após sementeira), “baby leaf” (30 dias após sementeira) e comercial (48 dias após sementeira), e determinar o efeito de 3 diferentes embalagens sobre a qualidade de “baby leaf” de agrião da terra ao longo do armazenamento refrigerado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Descrição dos vegetais “microgreens” e “baby leaf”

“Microgreens” são mudas comestíveis jovens e macias produzidas utilizando sementes de diferentes espécies de vegetais, plantas herbáceas, ervas aromáticas e plantas silvestres comestíveis (DI GIOIA; SANTAMARIA, 2015a). De acordo com as espécies que forem utilizadas, podem ser colhidos sete a vinte oito dias após a germinação, a altura delas varia de três a nove centímetros (Tabela 1). São colhidos sem as raízes, sua porção comestível é constituída pelo caule único, pelas folhas cotilédones e, muitas vezes, pelas primeiras folhas verdadeiras emergentes (Figura 1) (XIAO, 2013; CHOE; YU; WANG, 2018).

Tabela 1. Diferenças entre vegetais microgreens e baby leaf.

Ciclo crescente	Microgreens 7-28 dias	Baby Leaf 20-40 dias
Porção comestível	Brotos com cotilédones e primeiro indício de folhas verdadeiras sem raízes	Folhas verdadeiras e pecíolos sem raízes
Sistema de crescimento	Principalmente sem solo: é necessário um meio de crescimento	Solo ou sem solo: é necessário um meio de crescimento
Ambiente de crescimento	Exige luz	Exige luz
Exigência de nutrientes	Necessário em pequenas quantidades, se o meio de cultivo não fornecer nutrientes	Sempre necessário
Uso de agroquímicos	Não requerido	Requerido
Fase de desenvolvimento vegetal na colheita	Entre totalmente desenvolvimento de cotilédones e aparecimento das primeiras folhas verdadeiras	Entre o desenvolvimento completo das primeiras folhas verdadeiras e o estágio de oito folhas verdadeiras
Colheita	Opcional por ou sem corte	Cortando

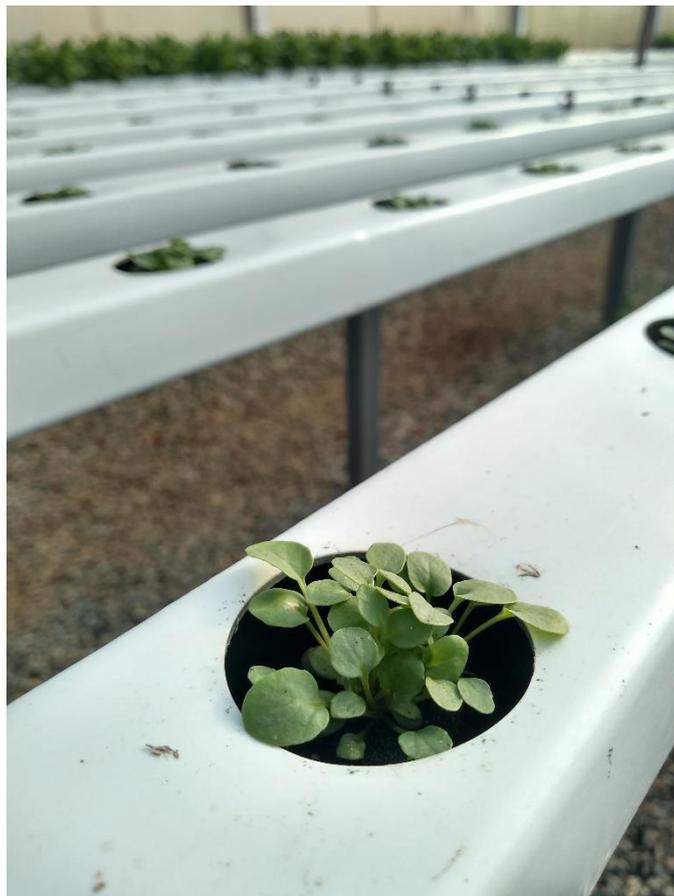
Fonte: (DI GIOIA, F.; RENNA, M.; SANTAMARIA, 2017).

Os “microgreens” apareceram pela primeira vez nos cardápios dos chefs de São Francisco, na Califórnia, no início dos anos 80 (USDA, 2014), e foram cultivados na parte sul da Califórnia desde a segunda metade da década de 1990. Inicialmente, não haviam muitas

variedades oferecidas. Aqueles disponíveis incluíam: rúcula, manjeriço, beterraba, couve e coentro.

Eles fornecem uma ampla variedade de sabores intensos, cores brilhantes e uma boa textura, sendo assim, os microgreens podem ser propostos como um novo ingrediente para melhorar e enfeitar bebidas, saladas, aperitivos, pratos principais e secundários, sopas, sanduíches e sobremesas (TREADWELL et al., 2010; XIAO et al., 2012). Possuem a vantagem de serem vendidos antes mesmo de serem colhidos com o corte, vivos e ainda em crescimento, para que o chef ou o consumidor final possam realmente cortar o produto em sua cozinha, mesmo que apenas alguns minutos antes de usá-los. A possibilidade de vender o produto enquanto ele ainda está crescendo, representa uma grande inovação, pois pode garantir uma vida útil mais longa do produto no mercado e garante uma alta qualidade em termos de frescor e valor nutricional (DI GIOIA; SANTAMARIA, 2015a).

Figura 1. “Microgreen” de agrião da terra em sistema hidropônico.



Fonte: Acervo pessoal do autor (2019).

De acordo com o Regulamento da Comissão União Europeia (UE) 752/2014, o termo “baby leaf” indica quaisquer culturas de vegetais colhidas antes das oito folhas verdadeiras (Figura 2). Os vegetais no estágio “baby leaf” são cultivados na presença de luz, podem ser

cultivados no solo, em bandejas usadas para a produção de mudas e sistemas hidropônicos (MORAES et al., 2016). Possui um ciclo de crescimento mais longo em relação aos microgreens, entre 20 a 40 dias, com isso requer o uso de fertilizantes e agroquímicos (Tabela 1) (DI GIOIA, F.; RENNA, M.; SANTAMARIA, 2017).

Figura 2. Baby leaf de agrião da terra em sistema hidropônico.



Fonte: Acervo pessoal do autor (2019).

“Baby leaf” oferece uma textura mais macia e adicionam uma variedade de cores e formas à refeição. Além disso, estão ganhando importância entre os consumidores em todo o mundo, sendo solicitados principalmente para saladas, pois representam uma boa fonte de minerais, vitaminas, fitoquímicos de considerável potencial antioxidante e maior praticidade (SUBHASREE et al., 2009; MARTINEZ-SANCHEZ et al., 2012).

Algumas vantagens dos vegetais “baby leaf” quando comparados aos vegetais folhosos maduros incluem: maior eficiência com maior porcentagem de produto utilizável; processamento mais fácil e rápido; apresentação mais atrativa na embalagem devido a sua estrutura; e oxidação mínima devido ao menor diâmetro do caule. Da mesma forma, alguns

benefícios dos vegetais folhosos adultos são folhas mais firmes que podem conferir maior prazo de validade e um teor maior de fibras (MARTINEZ-SANCHEZ et al., 2012).

2.2 Espécies utilizadas

As espécies de vegetais normalmente utilizadas para produzir “microgreens” pertencem a diversas famílias botânicas, entre as quais Brassicaceae (por exemplo, couve-flor, brócolis, repolho, couve chinesa, couve, repolho, agrião, mizuna, rabanete, rúcula, mostarda), Asteraceae (por exemplo, alface, endívia, escarola, chicória), Apiaceae (endro, cenoura, erva-doce, aipo), Amaryllidaceae (alho, cebola, alho-poró), Amaranthaceae (amaranto, acelga, beterraba, espinafre) e Cucurbitaceae (melão, pepino, abóbora) (DI GIOIA ; SANTAMARIA, 2015a). Demais espécies herbáceas frequentemente usadas para produzir “microgreens” são cereais (aveia, trigo mole, trigo duro, milho, cevada, arroz), quinoa, plantas leguminosas (grão de bico, alfafa, feijão, feijão verde, feno-grego, fava, lentilha, ervilha, trevo), plantas oleaginosas (girassol) e até plantas fibrosas como o linho, assim como muitas espécies aromáticas, como manjeriço, cebolinha, coentro e cominho (DI GIOIA; SANTAMARIA, 2015a).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das espécies mais importantes utilizadas como “baby leaf”, com diversas cores e formas atraentes. As variedades são usadas em mix de saladas. Espécies de diferentes famílias botânicas podem ser utilizadas, por exemplo, espinafre (*Spinacia oleracea* L.), acelga (*Beta vulgaris* L.), mostarda (*Brassica juncea* L.), couve (*B. oleracea* L.), endívia (*Cichorium endivia* L.), chicória (*C. intybus* L.), rúcula (*Eruca vesicaria* L.), rúcula selvagem (*Diplotaxis tenuifolia* L.), mizuna (grupo *Brassica rapa* L. *Mizuna*), agrião (*Nasturtium officinale* R. Br.) (DI GIOIA, F.; RENNA, M.; SANTAMARIA, 2017).

A seleção de espécies que podem ser usadas para produzir hortaliças nos estádios “microgreen” e “baby leaf” estão primeiramente relacionados à sua comestibilidade no estádio de plântula. Uma vez avaliado que uma espécie é comestível, o produto também deve ter uma boa palatabilidade, para ser totalmente aceitável e atraente ao consumidor. Sabor, aroma, textura e cor são características fundamentais para a aceitação do produto pelo consumidor (DI GIOIA; SANTAMARIA, 2015a).

Considerando o ponto de vista agrônômico e comercial, a escolha das espécies para a produção de “microgreens” e “baby leaf” são dependentes da disponibilidade de sementes de boa qualidade, caracterizadas por germinabilidade alta e homogênea, orgânicas, higienicamente seguras e, ao mesmo tempo, disponíveis a um baixo custo. Além disso, é importante escolher espécies que possam ser cultivadas durante todo o ano e que não possuam necessidades térmicas e ambientais específicas, especialmente durante a fase de germinação (DI GIOIA;

SANTAMARIA, 2015a). A produção de vegetais “microgreens” e “baby leaf” também beneficiam os produtores, devido ao rendimento alto por hectare, já que as plantas são menores e as plantações mais densas, pois todas as espécies cultivadas são colhidas num estágio antecipado, assim o produtor poderá aproveitar melhor o potencial de suas terras proporcionando uma alta rotatividade de outras culturas (VASCONCELOS; FREITAS; BRUNINI, 2011).

2.2.1 Agrião da terra (*Barbarea verna*)

Agrião é o nome comum dado a algumas espécies de hortaliças da família Brassicaceae, que são consumidas como saladas de sabor forte, cozidas ou como enfeites. O agrião da terra (*Barbarea verna*), conhecido também como agrião da montanha, agrião americano ou agrião seco, é um dos três principais tipos de agriões. Os outros dois são agrião da água (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) e agrião de jardim (*Lepidium sativum*). O agrião da terra cresce melhor em climas frios e úmidos, com faixa de temperatura de 16°C a 25°C (RANA, 2018). Os vegetais da família Brassicaceae têm recebido considerável atenção devido à sua associação com efeitos promotores da saúde, incluindo a melhoria do sistema imunológico, propriedades anti-hipertensivas e redução do risco de doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer. Esses vegetais são ricos em compostos fenólicos, vitaminas (A, C, E) e minerais (KIM; PARK, 2009; WANG et al., 2014; YAHIA; GARCÍA-SOLÍS; CELIS, 2019). Estudos observaram que “microgreen” de agrião da terra apresentaram maiores teores de magnésio e carotenoides comparados aos demais “microgreens” de Brassicaceae (XIAO et al., 2016; XIAO et al., 2019).

Na literatura, poucos são os dados sobre a caracterização fitoquímica e propriedades antioxidante de agrião da terra (*Barbarea verna*) em diferentes estádios de colheita, sendo assim, viável o desenvolvimento de pesquisas nessa área.

2.3 Atributos de qualidade

A aparência é um atributo crítico de qualidade, pois é uma característica que os consumidores observam primeiro, determinando se um produto será aceito ou rejeitado. No caso de hortaliças folhosas, mudanças na aparência devido a perda de massa, como o murchamento e a perda da coloração, são características indesejáveis pelos consumidores. A coloração verde geralmente é sugerida pela presença de clorofila, que indica frescor e ponto de consumo. À medida que a hortaliça entra em fase de senescência, ou devido a ausência de boas práticas, a clorofila é degradada, acarretando na degradação da cor e, como consequência,

rejeição pelos consumidores (BARRETT; BEAULIEU; SHEWFELT, 2010; SOLOVCHENKO; YAHIA; CHEN, 2019).

A maior parte da perda de massa em hortaliças da família Brassicacea, é atribuída à perda de água, representando 86 a 90% da perda total de peso nos vegetais. A perda contínua de água, devido à transpiração, resulta em alterações na textura, como o murchamento, atributo textural indesejável pelos consumidores (MAMPHOLO, SIVAKUMAR, THOMPSON, 2015; BARRETT; BEAULIEU; SHEWFELT, 2010).

Além da aparência, o sabor é um atributo de qualidade muito importante que determina a aceitação de “microgreens” e “baby leaf”. Xiao et al. (2015) relataram que os valores de pH, de algumas espécies de “microgreen”, estavam correlacionados com as percepções sensoriais de sabor, intensidade de amargor, acidez e adstringência. Sendo assim, valores de pH poderiam ser utilizados como preditores de aceitabilidade do consumidor.

Estudos epidemiológicos demonstraram que uma elevada ingestão de frutas e hortaliças está correlacionada com uma baixa incidência de diversas doenças crônicas, incluindo câncer e doenças cardiovasculares. Os antioxidantes, como o ácido ascórbico, os carotenoides, os flavonoides e os tocoferóis, são encontrados em altas concentrações em frutas e hortaliças e sugerem estar envolvidos na proteção contra tais doenças (BERGQUIST; GERTSSON; OLSSON, 2006).

Sabe-se que a composição nutricional de frutas e hortaliças é influenciada por diversos fatores pré e pós-colheita, incluindo a composição genética da planta, a escolha da cultivar, da cor da folha e da maturidade na colheita (LÓPEZ et al., 2014). Xiao et al., (2012) analisaram a concentração de vitaminas (C, E e K) e carotenóides (β -caroteno, luteína e zeaxantina) em 25 variedades comerciais de “microgreens”. As variedades estudadas demonstraram que, em comparação com as hortaliças colhidas no estágio de maturidade comercial padrão, os “microgreens” possuem teores de compostos antioxidantes até dez vezes mais altos. Por exemplo, no caso do repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*), comparando a quantidade de vitaminas relatadas na literatura para a mesma espécie, colhida em um estágio de maturidade comercial, os “microgreens” mostraram um teor médio de vitamina C seis vezes superior (147mg vs 23,5mg /100 g de produto fresco), um valor 400 vezes maior de vitamina E (24,1mg vs 0,06mg /100 g de produto fresco) e um teor 60 vezes maior de vitamina K (2,4 μ g vs 0,04 μ g / g de produto fresco) (XIAO et al. 2012). Bergquist; Gertsson; Olsson (2006) concluíram que “baby leaf” de espinafre (*Spinacia oleracea* L.), apresentaram maior teor de ácido ascórbico do que as folhas colhidas na maturidade comercial. Diante do exposto, sugere-

se que hortaliças em estágio “microgreen” e “baby leaf”, dependendo da espécie e variedade, sejam excelentes fontes de ácido ascórbico.

Pinto et al. (2015) constataram que o consumo de “microgreens” de alface (*Lactuca sativa*) pode fornecer o dobro de cálcio e ferro, quase três vezes mais molibdênio, cinco vezes mais de selênio e nove vezes mais de manganês que alfaces adultas. Desta forma, o consumo de variadas espécies de “microgreens”, pode ser uma solução econômica para atender as recomendações diárias de minerais.

Frazie; Kim; Ku (2017) demonstraram que o teor de fenólicos totais e a capacidade antioxidante de “baby leaf” de 11 cultivares de mostarda (*Brassica juncea L.*) foram superiores comparados ao observados no vegetal adulto. Xiao et al. (2015) descobriram que o teor de fenólicos totais foi fortemente correlacionado com quesitos de sabor, tais como acidez, adstringência e amargura. Portanto, os valores do teor de fenólicos totais poderiam ser utilizados pela indústria como indicadores de informações sensoriais e preditores da aceitabilidade do consumidor, proporcionando à indústria de alimentos a possibilidade de prever a aceitabilidade das hortaliças “microgreens” e “baby leaf” (XIAO et al., 2015).

Devido aos nutrientes e aos compostos fenólicos estarem presentes em maiores concentrações nas hortaliças colhidas em estádios precoces, sugere-se que o consumo de “microgreens” e “baby leaf” apresentem um potencial funcional, auxiliando na prevenção do surgimento de doenças crônicas não transmissíveis e manutenção do estado nutricional do indivíduo. Vale ressaltar que, comparados às hortaliças convencionais frequentemente utilizadas cozidos, o consumo de “microgreens” e “baby leaf” crus possuem a vantagem de evitar a perda de nutrientes ou a degradação de vitaminas termolábeis (DI GIOIA; SANTAMARIA, 2015b).

2.4 Armazenamento e preservação pós colheita de “microgreens” e “baby leaf”

Como consequência de sua colheita antecipada, “microgreens” e “baby leaf” podem ser submetidos a condições de estresse, que acarretam a prejuízos em sua vida pós-colheita e a aceitabilidade pelo consumidor (FADDA et al. 2015). “Baby leaf” de couve possuem quase o dobro da taxa de respiração de folhas de tamanho normal quando armazenadas em temperaturas diferentes (CANTWELL; SUSLOW, 2004). Taxas de respiração mais altas indicam um metabolismo mais ativo e normalmente uma taxa de deterioração mais rápida. Uma taxa de respiração mais elevada pode ocasionar também, em uma perda acelerada de ácidos orgânicos, açúcares e outros componentes que determinam o sabor e o valor nutricional do produto (CANTWELL; SUSLOW, 2002).

A combinação de fatores como estágio de crescimento, temperatura e tempo de armazenamento, embalagens e higienização, mostraram melhorar a qualidade pós-colheita de hortaliças “microgreens” e “baby leaf”. Xiao et al., (2014) concluíram que “microgreens” de rabanete (*Raphanus sativus* L. var. *Longipinnatus*) armazenados a 1°C mantiveram a qualidade visual global, com desenvolvimento mínimo de odor, maior integridade tecidual com degradação mínima da clorofila. Neste estudo, o uso de soluções de lavagem com cloro reduziu as cargas microbianas durante sete dias de armazenamento.

Fadda et al. (2015) avaliaram seis cultivares de “baby leaf” de alfaces (*Lactuca sativa* L.) com folhas verdes (Ortis 398, Summerbell e Babybell) e com folhas vermelhas (MS151, Copacabana e Excellent), armazenados a 5°C, em sacos de polietileno não selados, após o prazo de validade comercial de 12 dias. Os autores constataram que até 20 dias de armazenamento, todas as cultivares apresentaram atributos de qualidade aceitáveis, sendo que as cultivares vermelhas apresentaram melhores resultados, comparadas às cultivares verdes.

Mudau et al. (2018) verificaram que “baby leaf” de espinafre (*Spinacia oleracea* L.) armazenadas sob atmosfera controlada (5% O₂; 15% CO₂; balanço N₂) a 4°C por 9 dias mantiveram um alto nível de atividade antioxidante e flavonoides.

Cefola; Pace (2015) constataram que a aplicação de ácido oxálico (1mM) foi efetiva para a preservação pós colheita de “baby leaf” de rúcula (*Eruca sativa* Mill. Cv. Reset, Miraldi Sementi) e espinafre (*Spinacia oleracea* L. cv. Zebu, Rijk Zwaan). Os mesmo autores relataram que houve uma diminuição significativa da perda da qualidade visual, retardo do amarelecimento das folhas, diminuição da taxa respiratória e preservação do teor de fenólicos totais, durante seis dias de armazenamento, os vegetais foram acondicionados em sacos de polietileno não selados, estocados a 8°C.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste estudo, foi possível verificar que as hortaliças colhidas em estádios precoces do crescimento, como “microgreens” e “baby leaf”, se destacam como veículos de minerais e compostos antioxidantes. Sendo assim, o consumo de agrião da terra nesses estádios pode proporcionar benefícios à saúde. Para garantir a qualidade sensorial e nutricional durante o armazenamento, e proporcionar uma vida útil pós colheita das hortaliças colhidas em estádios antecipados, é necessário o emprego adequado de baixas temperaturas e embalagens durante o seu armazenamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKBIYIK, T.; SÖNMEZOĞLU, I.; KUBILAY, G.; TOR, I.; APAK, R. Protection Of Ascorbic Acid From Copper(II)–Catalyzed Oxidative Degradation In The Presence Of Fruit Acids: Citric, Oxalic, Tartaric, Malic, Malonic, And Fumaric Acids. **International Journal of Food Properties**, v.15, n.2, 2010. pg 398–411.

BARRETT, D. M.; BEAULIEU, J. C.; SHEWFELT, R. Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Desirable Levels, Instrumental and Sensory Measurement, and the Effects of Processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 50, 2010. pg. 369-389

BERGQUIST, S.A.M.; GERTSSON, E.U.; OLSSON, M.E. Influence growth stage and postharvest storage on ascorbic acid and carotenoid content and visual quality of baby spinach (*Spinacia oleracea L.*). **Journal Science Food Agriculture**. v.86, 2006. pg 346–355

CANTWELL, M.; SUSLOW, T. Chapter 32: Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: Kader AK (ed) **Postharvest technology of horticultural crops**, 3rd edn. University of California, 2002. pg. 445–463

CANTWELL, M.; SUSLOW, T. Fresh-cut fruits and vegetables: aspects of physiology, preparation and handling that affect quality. In: **Fresh-cut products: maintaining quality and safety**. University of California, Davis Extension, Section 4B, 2004.

CEFOLA, M.; PACE, B. Application of Oxalic Acid to Preserve the Overall Quality of Rocket and Baby Spinach Leaf during Storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.39, n.6, 2015. pg 2523-2532

CHOE, U.; YU, L.; WANG, T. T. Y. The Science Behind Microgreens As An Exciting New Food For The 21th Century. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, 2018. pg. 11519-11530

DI GIOIA, F.; RENNA, M.; SANTAMARIA, P. Chapter 11- Sprouts, Microgreens and “Baby Leaf” Vegetables. **Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables**. Estados Unidos: Springer, 2^aed, 2017. pg 411-428

DI GIOIA, F.; SANTAMARIA, P. Ortaggi di Puglia, tra biodiversità e innovazione: il caso dei micro-ortaggi. In: Somma AR (ed) **Il Giardino Mediterraneo**, vol II. Mario Adda, Editore, Bari, 2015b. pg 154–164

DI GIOIA, F.; SANTAMARIA, P. The nutritional properties of microgreens. In: Di Gioia F, Santamaria P (eds) **Microgreens**. Eco-logica editore, Bari, 2015a. pg 41–47

FADDA, A.; BERNARDO, P.; ANGIANI, A.; BARBERIS, A.; CEFOLA, M. Suitability for ready-to-eat processing and preservation of six green and red baby leaf cultivars and evaluation of their antioxidant value during storage and after the expiration date. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.40, 2015. pg 550–558

FRAZIE, M.D.; KIM, M.J.; KU, K.M. Health-Promoting Phytochemicals from 11 Mustard Cultivars at Baby Leaf and Mature Stages. **Molecules**, v. 22, n.10, 2017. pg 1-13.

KIM, M.; PARK, J. Cruciferous vegetable intake and the risk of human cancer: Epidemiological evidence: Conference on ‘Multidisciplinary approaches to nutritional problems’ Symposium on ‘Nutrition and health’. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 68, 2009. pg. 103-110.

- LÓPEZ, A.; JAVIER, G. A.; FENOLL, J.; HELLÍN, P.; FLORES, P. Chemical composition and antioxidant capacity of lettuce: Comparative study of regular-sized (*Romaine*) and baby-sized (*Little Gem and Mini Romaine*) types. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 33, n.1, 2014. pg 39–48
- MAMPHOLO, B.M.; SIVAKUMAR, D.; THOMPSON, A.K. Maintaining overall quality of fresh traditional leafy vegetables of Southern African during the postharvest chain. **Food Reviews International**, v. 32, 2015. pg. 400-416.
- MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A., LUNAA, M. C., SELMAA, M. V., TUDELAA, J. A., ABAD, J.; GIL, M. I. Baby-leaf and multi-leaf of green and red lettuces are suitable raw material for fresh cut industry. **Postharvest Biology and Technology**, v.63, 2012. pg1-10
- MOSER, B. R.; WINKLER-MOSER, J. K.; SHAH, S. N.; VAUGHN, S. F. Composition and physical properties of arugula, shepherd's purse, and upland cress oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.112, 2010. pg 734-740
- MUDAU, A.R.; SOUNDY, P.; ARAYA, H.T.; MUDUA, F.N. Influence of Modified Atmosphere Packaging on Postharvest Quality of Baby Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Leaf. **HortScience**, v.53, n. 2, 2018. pg-224-230
- MUDAU, A.R.; SOUNDY, P.; ARAYA, H.T.; MUDUA, F.N. Influence of Modified Atmosphere Packaging on Postharvest Quality of Baby Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Leaf. **HortScience**, v.53, n. 2, 2018. pg-224-230
- PINTO, E.; ALMEIDA, A.A.; AGUIAR, A.A.; FERREIRA, I. M.P.L.V.O. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. **Journal of Food Composition and Analysis**. v.37, 2015. pg 38-43
- RANA, M. K. **Vegetable Crops Science**. CRC Press Taylor& Francis Group: New York. 2018. pg 351-358
- SAMEC, D.; SALOPEK-SONDI, B. Chapter 3.11 - Cruciferous (Brassicaceae) Vegetables. **Nonvitamin and Nomineral Nutritional Supplements**, Academic Press:Reino Unido, 2019. pg. 195-202
- SOLOVCHENKO, A., YAHIA, E. M.; CHEN, C. Chapter 11 - Pigments. **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**, Woodhead Publishing:Reino Unido, 2019. pg.
- SUBHASREE, B.; BASKAR, R.; KEERTHANA, R. L.; SUSAN, R. L.; RAJASEKARAN, P. Evaluation of antioxidant potential in selected green leafy vegetables. **Food Chemistry**, v. 115, 2009. pg 1213–1220.
- TREADWELL, D.D.; HOCHMUTH, R.; LANDRUM, L.; LAUGHLIN, W. **Microgreens: a new specialty crop**. University of Florida, IFAS, EDIS publ. HS1164. 2010. <https://edis.ifas.ufl.edu/hs1164>.
- UNIÃO EUROPÉIA. Commission Implementing Regulation (EU) n°208/2013 de 11 de Março de 2013 em Requisitos de rastreabilidade de brotos e sementes destinados à produção de brotos. Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0208;from=EN>. Acessado em 14 de Janeiro de 2019.

- USDA – United States Department of Agriculture. Specialty greens pack a nutritional punch. *Ag Research Magazine*. 2014. <http://agresearchmag.ars.usda.gov/2014/jan/greens>.
- VASCONCELOS, R.L.; FREITAS, M. de P. N.; BRUNINI, M. A. Características Físico-Químicas da Rúcula cv. Cultivada Produzida no Sistema Convencional e no Baby Leaf. **Nucleus - Revista Científica da Fundação Educacional de Ituverava**, v.8, n.2, 2011. pg 7-14
- WANG, X.; OUYANG, Y.; LIU, J.; ZHU, M.; GANGUE, Z.; BAO, W.; HU, F. B. Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. **The BMJ**; 349:g4490, 2014. pg. 1-14
- XIAO, Z. Nutrition, sensory, quality and safety evaluation of a new specialty produce: microgreens. Doctoral dissertation. Faculty of the Graduate School of the University of Maryland. 2013.
http://drum.lib.umd.edu/bitstream/1903/14900/1/Xiao_umd_0117E_14806.pdf.
- XIAO, Z.; CODLING, E. E.; LUO, Y.; NOU, X.; LESTER, G. E.; WANG, Q. Microgreens of Brassicaceae: Mineral composition and content of 30 varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 49, 2016. pg. 87-93
- XIAO, Z.; LESTER, G.E.; LUO, Y.; WANG, Q. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. **Journal Agriculture Food Chemical**, v. 60, 2012. pg 7644–7651
- XIAO, Z.; LESTERA, G.E.; PARKA, E.; SAFTNERA, R.A.; LUOA, Y.; WANGB, Q. Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. **Postharvest Biology and Technology**, v. 110, 2015. pg 140-148
- XIAO, Z.; LUO, Y.; LESTER, G. E.; KOU, L.; YANG, T.; WANG, Q. Postharvest quality and shelf life of radish microgreens as impacted by storage temperature, packaging film, and chlorine wash treatment. **LWT - Food Science and Technology**, v. 55, ed. 2, 2014. pg 551-558.
- XIAO, Z.; RAUSCH, S. R.; LUO, Y.; SOL, J.; YU, L.; WANG, Q.; CHEN, P.; YU, L.; STOMMEL, J. R. Microgreens of Brassicaceae: Genetic diversity of phytochemical concentrations and antioxidant capacity. **LWT**, v. 101, 2019. pg. 731-737
- YAHIA, E. M.; GARCÍA-SOLÍS, P.; CELIS, M. E. M. Chapter 2 - Contribution of Fruits and Vegetables to Human Nutrition and Health. **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**, Woodhead Publishing:Reino Unido, 2019. pg. 19-45

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

**ESTUDO COMPARATIVO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS E
CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE AGRIÃO DA TERRA ENTRE OS ESTÁDIOS
MICROGREEN, BABY LEAF E ADULTO**

Norma NBR 6022 (ABNT 2003)

Ana Beatriz Silva Araújo, Elisângela Elena Nunes Carvalho, Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

RESUMO

Um estudo comparativo foi realizado com agrião da terra (*Barbarea verna*), em três estádios de crescimento: “microgreen” (23 dias após sementeira), “baby leaf” (30 dias após sementeira) e adulto (48 dias após sementeira). Sementes não peletizadas de agrião da terra (*Barbarea verna*) foram semeadas em substrato de espuma fenólica, cobertas com vermiculita, irrigadas com água, mantidas em casa de vegetação sob temperatura ambiente ($27^{\circ}\text{C}\pm 7$) e luz ambiente. Após 16 dias da sementeira, as mudas foram transferidas para sistema hidropônico, irrigadas com solução nutritiva, posteriormente foram realizadas três colheitas. As análises realizadas foram: perfil de minerais, compostos fenólicos, capacidade antioxidante, coloração, pH, acidez titulável, clorofila total e carotenoides totais. O agrião no estádio “microgreen” apresentou 12 vezes mais ferro e 2 vezes mais magnésio, enquanto no estádio “baby leaf” apresentou maior teor de cálcio e 2 vezes mais ferro, comparados ao adulto. Verificou-se, também, maior presença de carotenoides totais no estádio “microgreen” e maior teor de fenólicos totais no estádio “baby leaf”. Quanto à coloração, o agrião adulto apresentou um tom de verde mais escuro e menos intenso, comparado ao agrião colhido em estádios mais precoces. O agrião da terra “microgreen” apresentou maior acidez que o agrião nos demais estádios. Esses resultados sugerem que o consumo de agrião da terra colhido em estádios antecipados possa vir a contribuir para uma maior ingestão de minerais e compostos bioativos.

Palavras-chave: perfil mineral, compostos bioativos, *Barbarea verna*, maturidade comercial, crescimento.

ABSTRACT

A comparative study was carried out with upland cress (*Barbarea verna*) in three growth stages: microgreen (23 days after sowing), baby leaf (30 days after sowing) and adult (48 days after sowing). Non-pelleted seeds of upland cress (*Barbarea verna*) were sown on a phenolic foam substrate, covered with vermiculite, irrigated with water, kept in a greenhouse at room temperature ($27^{\circ}\text{C}\pm 7$) and ambient light. Sixteen days after sowing, the seedlings were transferred to hydroponic system, irrigated with nutrient solution, and then three harvests were performed. The analyzes were: mineral profile, phenolic compounds, antioxidant capacity, coloration, pH, titratable acidity, total chlorophyll and total carotenoids. The upland cress in the microgreen stage presented 12 times more iron and twice as much magnesium, while in the baby leaf stage it presented higher calcium content and twice as much iron compared to the adult. There was also a higher presence of total carotenoids in the “microgreen” stage and a higher total phenolic content in the baby leaf stage. As for coloration, the adult upland cress had a darker and less intense shade of green compared to the upland cress harvested at earlier stages. The microgreen upland cress presented higher acidity than the upland cress in the other stages. These results suggest that the consumption of soil upland cress harvested in early stages may contribute to a higher intake of minerals and bioactive compounds.

Keywords: mineral profile, bioactive compounds, *Barbarea verna*, commercial maturity, growth.

INTRODUÇÃO

O agrião, membro da família Brassicaceae, é uma hortaliça folhosa consumida fresca, normalmente em salada, cozida, ou utilizada como enfeite em diversos pratos. O agrião da terra (*Barbarea verna*), conhecido também como agrião da montanha, agrião americano ou agrião seco, é um dos três principais tipos de agrião. Os outros dois são agrião da água (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) e agrião de jardim (*Lepidium sativum*) (RANA, 2018). As hortaliças da família Brassicacea têm recebido considerável atenção devido à sua associação com efeitos promotores da saúde, incluindo a melhoria do sistema imunológico, propriedades anti-hipertensivas e redução do risco de doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer. Essas hortaliças são ricas em compostos fenólicos, vitaminas (A, C, E) e minerais (KIM; PARK, 2009; WANG et al., 2014; YAHIA; GARCÍA-SOLÍS; CELIS, 2019). Os consumidores têm buscado alimentos mais saudáveis, que proporcionam benefícios à saúde, maior praticidade, combinados com o deleite gastronômico, portanto as hortaliças colhidas em estádios precoces, como os “microgreens” e “baby leaf”, surgem como alternativa para atender a demanda dos consumidores (MARTÍNEZ-SÁNCHEZ ET AL., 2012; DI GIOIA; SANTAMARIA, 2015; KYRIACOU et al., 2016; CHOE; YU; WANG, 2018).

“Microgreens” são mudas jovens de plantas produzidas utilizando sementes de diferentes espécies de hortaliças, plantas herbáceas, ervas aromáticas e plantas silvestres comestíveis. Podem ser colhidos entre 7 a 28 dias após a germinação, eliminando-se suas raízes, sendo sua porção comestível constituída pelo caule único, pelas folhas cotiledonares e, muitas vezes, pelas primeiras folhas verdadeiras emergentes (DI GIOIA; SANTAMARIA, 2015). Os vegetais “baby leaf”, são folhas jovens colhidas precocemente, que possuem um ciclo de crescimento mais longo em relação aos microgreens, entre 20 a 40 dias, dependendo da espécie. Exibem uma aparência atraente devido à sua estrutura tridimensional e apresentam níveis mais baixos de dano oxidativo devido ao pequeno diâmetro do caule (MARTÍNEZ-SÁNCHEZ ET AL., 2012; MORAES et al., 2016; DI GIOIA; RENNA; SANTAMARIA, 2017).

Frazie; Kim; Ku (2017) demonstraram que o teor de fenólicos totais e a capacidade antioxidante de 11 cultivares de mostarda (*Brassica juncea* L.) no estágio “baby leaf” foram superiores comparados à hortaliça adulta. Pinto et al. (2015) constataram que o consumo de alface “microgreen” (*Lactuca sativa*) pode fornecer o dobro de cálcio e ferro, quase três vezes mais molibdênio, cinco vezes mais selênio e nove vezes mais manganês que alfaces adultas. No entanto, não houve nenhum estudo comparativo publicado investigando as características físico químicas e capacidade antioxidante de agrião da terra (*Barbarea verna*) nos estádios

microgreen, baby leaf e adulto. O objetivo do presente estudo é caracterizar e comparar a qualidade de agrião da terra (*Barbarea verna*) nos diferentes estádios: “microgreen” (23 dias após sementeira), “baby leaf” (30 dias após sementeira) e comercial (48 dias após sementeira).

MATERIAIS E MÉTODOS

Cultivo dos vegetais, colheita e preparo das amostras

O experimento foi conduzido de março a abril de 2019 na Unidade de Hidroponia do Departamento de Ciência do Solo e Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos, localizados na Universidade Federal de Lavras, Brasil. Sementes não peletizadas de agrião da terra (*Barbarea verna*) foram semeadas em substrato de espuma fenólica (resina fenol/formol, agente emulsificante, agente de expansão e catalisador ácido, furo de 9mm), cobertas com vermiculita, irrigadas com água, mantidas em casa de vegetação sob temperatura ambiente ($27^{\circ}\text{C}\pm 7$) e luz ambiente. Após 16 dias, 728 mudas foram transferidas para sistema hidropônico, irrigadas com solução nutritiva contendo: 10mM N; 5,65mM P_2O_5 ; 19,53mM K_2O ; 0,82mM Mg; 1,50mM S; 0,18mM Fe; 0,01mM Zn; 0,02mM Mn; 0,002mM Cu; 0,01mM B; 0,002mM Mo; 7,32mM Ca. Três colheitas foram realizadas: 23 dias após a sementeira (“microgreen”), 30 dias após a sementeira (“baby leaf”) e 48 dias após sementeira (adulto).

As amostras foram colhidas ainda aderidas a espuma fenólica e em seguida transportadas ao Laboratório de Pós Colheita de Frutas e Hortaliças, localizado no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, onde foram removidas a espuma, junto com as raízes, com o auxílio de uma tesoura esterilizada e utilizados apenas as folhas e os pecíolos para posteriores análises. Porções selecionadas aleatoriamente de agrião foram congeladas com nitrogênio líquido e armazenadas a -80°C para análises de perfil de minerais, compostos bioativos, e outra porção foi destinada imediatamente para a realização das análises físico químicas: teor de matéria seca, coloração, pH, acidez titulável, clorofila total e carotenoides totais.

Teor de matéria seca e perfil de minerais

O teor de matéria seca foi determinado em triplicata seguindo o método oficial da AOAC (2012). Resumidamente, a matéria seca foi calculada como a porcentagem da massa fresca (caule e folhas) após dessecação em estufa a 55°C até peso constante (em torno de 72 h) conforme determinado, em uma balança analítica.

Para determinar o perfil de minerais, as amostras congeladas em nitrogênio líquido foram liofilizadas por 48 a 72 horas. Após o processo de liofilização, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise Foliar, no Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras, onde foram trituradas em moinho de facas e analisadas quanto aos seguintes minerais: fósforo, potássio, cálcio, magnésio, boro, cobre, manganês, zinco, ferro e sódio, sendo que a metodologia utilizada para análise dos nutrientes nas amostras seguiu os padrões sugeridos por MALAVOLTA, VITTI, OLIVEIRA (1997). Os resultados foram convertidos e expressos em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de matéria fresca.

Compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante

Obtenção dos extratos

Este procedimento foi adaptado de Rufino et al. (2010). Pesou-se 1g da amostra em um tubo de centrífuga, adicionou-se 10mL de metanol/água deionizada (50:50 v/v), homogeneizou-se e deixou-se em repouso por 20 minutos ao abrigo da luz, levando-se, posteriormente, os tubos ao banho ultrassom por 15 minutos, seguido de centrifugação a 10000 rpm por 10 minutos e filtragem em papel de filtro (papel filtro qualitativo, 15cm de diâmetro, Unifil®) transferindo-se o sobrenadante filtrado para um frasco escuro. Ao resíduo da primeira extração, adicionou-se 10mL de acetona/água deionizada (70:30 v/v), seguindo-se o mesmo procedimento adotado anteriormente, sendo que o sobrenadante filtrado obtido foi juntado ao primeiro, em frasco escuro e homogeneizado. O extrato obtido foi utilizado para posteriores análises.

Fenólicos totais

O teor de fenólicos totais foi determinado utilizando o ensaio de Folin-Ciocalteu (PARADISO et al., 2018), com algumas alterações. Em resumo, em cada poço de uma microplaca de 96 poços, fundo chato, 30 μL do extrato foram misturados com 150 μL do reagente Folin-Ciocalteu a 10% (v/v), sendo adicionados, após 4 minutos, mais 120 μL de uma solução de carbonato de sódio a 4% (p/v). Essa mistura reacional foi incubada durante 2 h ao abrigo da luz, posteriormente o teor de fenólicos totais foi determinado a 720nm utilizando um leitor de microplacas (EZ Read 2000, Biochrom®). O cálculo do teor de fenólicos foi realizado a partir da equação da reta obtida da curva padrão de ácido gálico. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG) por cem gramas de amostra fresca.

Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada a partir de três diferentes métodos. No primeiro, a atividade antioxidante foi fundamentada na captura do (ABTS⁺), por um antioxidante. Resumidamente, a solução (ABTS⁺) foi preparada fazendo reagir o sal de diamônio 2,2'-azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico) a uma concentração de 7mmol/L com persulfato de potássio 2,45 mmol/L à temperatura ambiente durante 16 h. A solução obtida foi então diluída com etanol até uma absorbância de 0,70±0,05 a 734nm. Aliquotas de 3µL de padrões TROLOX (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido-carboxílico) e extratos foram pipetadas em cada poço de uma microplaca de 96 poços, fundo chato. 297µL de solução radical foram adicionados em cada poço. Após 6 minutos do tempo de reação ao abrigo da luz, a absorbância foi medida a 734nm no mesmo leitor de microplacas citado anteriormente. Os resultados da atividade antioxidante foram expressos como equivalentes µMol de TROLOX por grama de amostra fresca, com base em uma curva de calibração com concentrações conhecidas de TROLOX (AUZANNEAU et al., 2018).

A determinação da atividade antioxidante pelo método β-caroteno/ácido linoleico se baseou na oxidação de β -caroteno (descoloração) induzida pelos produtos da degradação oxidativa do ácido linoleico, segundo a metodologia descrita por Rufino et al. (2010), com modificações. As soluções foram preparadas misturando 270µL de solução de sistema de β – caroteno/ácido linoleico e 20µL de extrato em cada poço de uma microplaca de 96 poços, fundo chato. A mistura foi mantida em banho-maria a 40°C, em seguida foram realizadas as leituras a 470nm em um leitor de microplacas (EZ Read 2000, Biochrom®), após o intervalo de 2 horas. Os resultados foram expressos em percentagem de inibição da oxidação.

A atividade antioxidante determinada pelo método do complexo fosfomolibdênio baseia-se na redução de Mo (VI) para Mo (V) pelo analito da amostra e subsequente formação de um complexo de fosfato verde Mo (V) a pH ácido. A capacidade antioxidante total foi determinada pelo método descrito por Prieto; Pineda; Aguilar (1999). 200µL dos extratos foram adicionados a um tubo de ensaio, junto com 800 µL de água deionizada e mais 3mL de solução reagente (ácido sulfúrico 1,8 M, fosfato de sódio monobásico 0,084M e molibdato de amônio 0,012M). Os tubos foram incubados em banho-maria a 95°C por 90 minutos. Após o resfriamento dos tubos de ensaio, a absorbância foi medida em um leitor de microplacas (EZ Read 2000, Biochrom®), a 695nm. Os resultados da atividade antioxidante foram expressos em miligramas de ácido ascórbico por cem gramas de amostra fresca, com base em uma curva de calibração com concentrações conhecidas de ácido ascórbico.

Coloração

A cor foi medida em três diferentes pontos de cada hortaliça usando um colorímetro Konica Minolta CR-400. As medições foram obtidas nos parâmetros de espaço de cores CIELAB da Comissão Internacional de l'Éclairage: claridade (L^*), croma (C^*) e ângulo hue (h°).

Clorofila total

O teor total de clorofila foi determinado espectrofotometricamente de acordo com Paradiso et al. (2018). Folhas congeladas em nitrogênio líquido foram trituradas (0,5 g) e homogeneizadas com 15 mL acetona, posteriormente foram agitadas durante 20 minutos. A mistura foi filtrada em papel de filtro (papel filtro qualitativo, 15cm de diâmetro, Unifil®) e transferida para cubetas de vidro. A absorbância foi lida em um espectrofotômetro a 661.6 nm e 644.8 nm e a clorofila total foi calculada com a soma de clorofila a (chl_a) e clorofila b (chl_b) utilizando as seguintes fórmulas:

$$chl_a \text{ (mg.L}^{-1}\text{)} = 11,24A_{661.6} - 2,04 A_{644.8}$$

$$chl_b \text{ (mg.L}^{-1}\text{)} = 20,13A_{644.8} - 4,19 A_{661.6}$$

Onde A é a absorbância do extrato em nm de acordo com o comprimento de onda.

Carotenoides totais

Os carotenoides totais foram quantificados utilizando método espectrofotométrico proposto por Rodriguez-Amaya (2001). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 444nm, 450nm e 470nm, que correspondem aos comprimentos de onda específicos dos carotenoides, α -caroteno, β -caroteno e licopeno, respectivamente. O teor de cada carotenoide foi calculado segundo a fórmula:

$$\mu g . g^{-1} = \frac{A \times V \times 10^6}{A_{1cm1\%} \times M \times 100}$$

Onde A é a absorbância da solução no comprimento de onda específico, V é o volume final da solução, $A_{1cm1\%}$ é o coeficiente de extinção ou coeficiente de absorvidade molar de um pigmento em um determinado solvente específico, no caso o éter de petróleo, e M é a massa da amostra tomada para a análise em g. Os resultados foram expressos em $\mu g.100g^{-1}$ de amostra fresca.

pH e acidez titulável

O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro TECNAL®, e a determinação da acidez titulável foi realizada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01N, usando como indicador a fenolftaleína, de acordo com a AOAC (2012). Os resultados foram expressos em mg ácido cítrico 100g⁻¹ de amostra.

Análise estatística

Os ensaios foram realizados em dez repetições, exceto o perfil de minerais, analisado em três repetições. Os dados foram expressos como a média. Todos os cálculos dos dados das análises químicas foram baseados em peso fresco. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000). Após a análise de variância, as médias quando significativas foram comparadas, pelo teste de Tukey, a um nível de significância de 5%. Com o auxílio do programa Excel foi obtida uma representação, por meio do gráfico de radar, dos aspectos nutricionais mais relevantes de agrião da terra nos diferentes estádios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfil de minerais

Os macro e microminerais, incluindo fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), ferro (Fe) e sódio (Na) foram determinados em agrião da terra, nos três estádios do crescimento, “microgreen”, “baby leaf” e adulto (Tabela 1). K, Mg, P, Fe, Zn, Cu e Mn foram encontrados em maiores concentrações no agrião no estádio “microgreen”, em comparação à hortaliça nos demais estádios. O agrião no estádio “baby leaf” apresentou mais cálcio e sódio, que a folhosa nos demais estádios e, ainda, maior concentração de magnésio, zinco e ferro que o agrião adulto. Já o agrião adulto apresentou maior concentração de boro, em comparação ao “microgreen” e “baby leaf”. Destaca-se que o agrião no estádio “microgreen” apresentou 12 vezes mais ferro e duas vezes mais magnésio, enquanto no estádio “baby leaf”, duas vezes mais ferro, comparados à hortaliça adulta. O K foi o mineral encontrado em maior quantidade em todos os estádios.

Tabela 1. Médias de minerais (mg 100g⁻¹), com base na matéria fresca, de agrião da terra nos estádios “microgreen”, “baby leaf” e adulto.

Estádio	P	K	Ca	Mg	B
Microgreen	682 _{a2}	3518 _{a3}	2120 _{a2}	747 _{a3}	2,50 _{a1}
Baby Leaf	496 _{a1}	3064 _{a1}	2290 _{a3}	404 _{a2}	2,50 _{a1}
Adulto	495 _{a1}	3233 _{a2}	1865 _{a1}	358 _{a1}	2,87 _{a2}
Estádio	Cu	Mn	Zn	Fe	Na
Microgreen	0,50 _{a3}	0,30 _{a1}	7,20 _{a3}	61,60 _{a3}	0,04 _{a2}
Baby Leaf	0,10 _{a1}	ND	6,70 _{a2}	11,73 _{a2}	0,05 _{a3}
Adulto	0,20 _{a2}	ND	5,90 _{a1}	5,10 _{a1}	0,03 _{a1}

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa de acordo com a classificação de Tukey ($p < 0,05$). ND = não detectado.

As maiores concentrações minerais observadas no agrião “microgreen” e “baby leaf” apontam que uma menor ingestão desses vegetais pode determinar efeitos nutricionais semelhantes em comparação a uma ingestão maior de vegetais adultos (CHOE; YU; WANG (2018).

Estudos demonstraram que o consumo de alimentos ricos em minerais como Fe, Mg, K e Ca, contribuem para a manutenção e melhora do estado nutricional da população e auxilia na prevenção de determinadas patologias (ZHANG et al., 2019; SEVERINO et al., 2019; SUN et al., 2019; ABURTO et al., 2013; PRAVINA; SAYAJI; AVINASH, 2013).

Com base na ingestão de referência dietária, para adultos, entre 19 e 50 anos (NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE, 2019), pode-se afirmar que uma porção de 15 gramas de agrião da terra microgreen supriria, para mulheres e homens, respectivamente, 51,30% e 100% da necessidade de ferro, 35% e 26,6% de magnésio e 20,30% e 15,52% de potássio, enquanto 15 gramas de agrião da terra baby leaf supririam 34,35% da necessidade de cálcio.

O ferro desempenha um papel fundamental na função mitocondrial e várias funções enzimáticas (ZHANG et al., 2019), assim o consumo de agrião no estágio microgreen ajudaria a prevenir e combater patologias associadas a deficiência deste mineral.

O magnésio é um regulador cardiovascular chave, que mantém a homeostase elétrica, metabólica e vascular. Sua deficiência está envolvida em diversas fisiopatologias cardiovasculares (SEVERINO et al., 2019; SUN et al., 2019), assim seu consumo colaboraria na prevenção de fatores de risco cardiovascular.

Aburto et al. (2013) sugerem que o aumento da ingestão de potássio é potencialmente benéfico para a prevenção e controle da pressão arterial elevada e do risco de acidente vascular

cerebral, em pessoas cuja a função renal não esteja comprometida, o que pode ser realizado pelo consumo de agrião da terra “microgreen”.

O cálcio é um macromineral essencial na contração muscular, na ativação do oócito, na formação de ossos e dentes fortes, na coagulação sanguínea, no impulso nervoso, na regulação do batimento cardíaco e no equilíbrio de fluidos nas células. O consumo de agrião da terra “baby leaf” e “microgreen” pode ser recomendado no combate a sua deficiência, que pode levar a osteoporose, patologia em que os ossos se deterioram e há um aumento maior de fraturas (PRAVINA; SAYAJI; AVINASH, 2013).

Os dados de minerais referentes ao agrião no estágio “microgreen”, relatados no presente trabalho, foram superiores aos observados por Xiao et al., (2016), que descreveram o perfil mineral de 30 variedades de espécies de “microgreens” da família Brassicaceae. Isso pode ser justificado devido às diferenças genéticas, condições de cultivo e tempo de colheita.

Compostos fenólicos e capacidade antioxidante

Compostos fenólicos são metabólitos vegetais secundários sintetizados pelas vias do ácido chiquímico e ácido malônico. Embora não sejam nutrientes, possuem inúmeras propriedades bioativas, incluindo sua capacidade antioxidante, com potencial papel protetor contra doenças causadas por dano oxidativo (doença coronariana, derrame cerebral e câncer (KRIS-ETHERTON et al. 2002; ROBBINS, 2003; DELGADO; ISSAOUI; CHAMMEM, 2019; DE LA ROSA et al., 2019). Os compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante foram determinados nos três estádios, “microgreen”, “baby leaf” e adulto, de agrião da terra (Tabela 2). A maior concentração de compostos fenólicos totais foi encontrada no estágio “baby leaf”, nenhuma diferença estatística sendo observada no agrião nos estádios “microgreen” e adulto. A capacidade antioxidante foi maior no agrião da terra nos estádios “microgreen” e “baby leaf”, em comparação ao adulto. O “baby leaf” de agrião da terra, apresentou maior capacidade em inibir a oxidação do β -caroteno e reduzir o complexo fosfomolibidênio, enquanto o “microgreen”, maior capacidade em sequestrar o radical ABTS+.

Tabela 2. Médias de fenólicos totais e capacidade antioxidante de agrião da terra (matéria fresca) nos estádios microgreen, baby leaf e adulto.

Estádio	mg EAG.100g	µM trolox.g de agrião	% de Proteção	mg ácido ascórbico.100g
Microgreen	53,48 _{a1}	2002,57 _{a3}	66,14 _{a1}	186,70 _{a1}
Baby Leaf	63,44 _{a2}	1518,80 _{a2}	98,99 _{a3}	241,61 _{a2}
Adulto	56,34 _{a1}	931,60 _{a1}	94,20 _{a2}	183,20 _{a1}

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa de acordo com a classificação de Tukey ($p < 0,05$). EAG= equivalente ácido gálico.

Pandjaitan et al. (2005) verificaram que espinafre no estágio “baby leaf” apresentou os maiores valores de fenólicos totais, flavonoides totais e ORAC em relação à hortaliça no estágio adulto. Por outro lado, em outro estudo, o espinafre apresentou maior capacidade antioxidante no estágio adulto em relação ao estágio “baby leaf” (ZHAO; IWAMOTO; CAREY, 2007). Porém, hortaliças nos estádios “microgreen” e “baby leaf” são frequentemente consumidas cruas e por inteiro, o que gera uma menor quantidade de resíduos e reduz a perda ou degradação de nutrientes que ocorre durante a cocção (DI GIOIA; SANTAMARIA, 2015). Devido a presença dos compostos fenólicos e sua capacidade antioxidante, o consumo de “microgreen” e “baby leaf” de agrião da terra pode vir a contribuir para a manutenção da saúde dos consumidores e evitar o surgimento de enfermidades.

Coloração

O ângulo hue do agrião da terra, nos três estádios de crescimento, não diferiu estatisticamente, apresentando valores, para “microgreen”, “baby leaf” e adulto, de 103,73°; 105,30° e 106,07°, respectivamente. Os valores L^* e C^* do agrião da terra “microgreen” e “baby leaf” não diferiram entre si, mas foram superiores aos observados no agrião adulto. Os valores L^* encontrados foram 43,24; 42,55 e 35,36 e os valores C^* 33,95; 32,61 e 22,63 para o agrião da terra “microgreen”, “baby leaf” e adulto, respectivamente. Com base nessas variáveis pode-se afirmar que o agrião no estágio adulto apresenta um tom de verde mais escuro e menos intenso, comparado à hortaliça nos outros estádios.

Clorofila total

O teor de clorofila total diferiu estatisticamente em todos os estádios, observando-se que a concentração de clorofila foi proporcional à massa foliar, sendo o adulto com a maior concentração de clorofila, 23,77 µg.mL, seguido do “baby leaf” com 21,93 µg.mL e o “microgreen” com 16,10 µg.mL. As clorofilas são pigmentos fotossintéticos presentes nos vegetais, cuja principal função é capturar a luz para conduzir a fotossíntese e converter a energia

da luz absorvida em energia química, armazenada na forma de açúcares (SOLOVCHENKO; YAHIA; CHEN, 2019). Assim, à medida que a folhosa cresce, a concentração de clorofila aumenta, em função de sua síntese.

Carotenoides totais

Os carotenoides totais foram determinados nos três estádios, “microgreen”, “baby leaf” e adulto, de agrião da terra (Tabela 3). A concentração de carotenoides totais foi estatisticamente diferente em todos os estádios, sendo que o “microgreen” apresentou maior valor, seguido do adulto e “baby leaf”. Xiao et al. (2019) descreveram concentrações fitoquímicas e capacidade antioxidante de 30 variedades de espécies de “microgreens” da família Brassicaceae, e observaram que os “microgreens” de agrião da terra apresentaram maiores concentrações de carotenoides entre todos os “microgreens” de Brassicaceae comerciais testados no estudo. Os carotenoides são pigmentos acessórios que exibem tons de amarelo, laranja e vermelho. Devido a sua estrutura, com ligações duplas conjugadas, os carotenoides conferem propriedade antioxidante, exercem uma ação protetora ao reduzir a oxidação do colesterol LDL prevenindo patologias cardiovasculares, modulam o sistema imunológico e exercem propriedades antitumorais (KIM; PARK, 2009; WANG et al., 2014; YAHIA; GARCÍA-SOLÍS; CELIS, 2019). O consumo de “microgreen” de agrião da terra pode contribuir para a melhora do estado nutricional dos consumidores e prevenir o surgimento de patologias.

Tabela 3. Médias de carotenoides totais ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em agrião da terra (matéria fresca) nos estádios “microgreen”, “baby leaf” e adulto.

Estádio	α -caroteno	β -caroteno	Licopeno	Carotenoides Totais
Microgreen	166,85 _{a3}	159,01 _{a3}	86,02 _{a2}	411,87 _{a3}
Baby Leaf	130,87 _{a1}	138,62 _{a1}	76,66 _{a1}	346,15 _{a1}
Adulto	156,11 _{a2}	146,28 _{a2}	76,60 _{a1}	381,35 _{a2}

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa de acordo com a classificação de Tukey ($p < 0,05$).

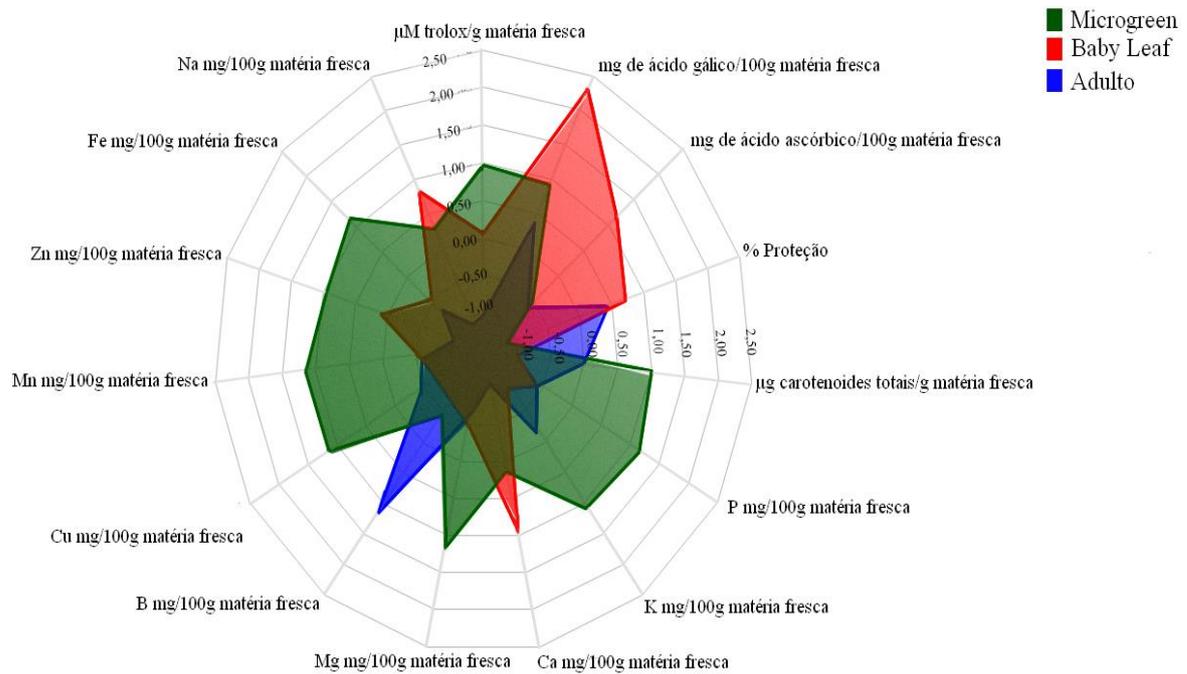
pH e acidez titulável

Os valores de pH do agrião da terra nos estádios “baby leaf” e adulto foram estatisticamente iguais entre si, 6,17 e 6,16, respectivamente, e diferentes do estágio microgreen, com valor de 5,96. Do mesmo modo, a acidez titulável do agrião da terra nos estádios “baby leaf” e adulto foram semelhantes, 0,30mg e 0,29mg de ácido cítrico 100g^{-1} de amostra fresca, respectivamente, e diferentes do estágio “microgreen”, com valor de 0,36mg de ácido cítrico 100g^{-1} de amostra fresca. Por meio destes resultados, o “microgreen” de agrião da

terra demonstra uma característica sensorial de caráter mais ácido. Esses resultados confirmam a afirmação de DI GIOIA; SANTAMARIA (2015) de que, em comparação com os vegetais adultos, o sabor da maioria dos “microgreens” é mais forte e concentrado.

Um resumo dos aspectos nutricionais mais relevantes de agrião da terra em diferentes estádios de colheita é apresentado na Figura 1, onde observam-se as principais diferenças entre os estádios e destacam-se as características mais importantes de cada um. A hortaliça adulta, convencionalmente consumida, apresentou maior teor de boro. O “microgreen” de agrião da terra apresentou maior quantidade de minerais nas concentrações mais elevadas e maiores valores de carotenoides totais, já o “baby leaf”, apresentou maior teor de compostos fenólicos totais e cálcio e maior capacidade antioxidante, pelos métodos de β -caroteno/ácido linoleico e complexo fosfomolibdênio.

Figura 1. Resumo dos aspectos nutricionais mais relevantes de agrião da terra em diferentes estádios de colheita.



CONCLUSÃO

O agrião da terra no estágio “microgreen” apresenta maior quantidade de minerais em teores elevados, maior concentração de carotenoides totais e um caráter mais ácido, em relação ao demais estádios.

Agrião da terra no estágio “baby leaf” apresenta maior teor de cálcio, fenólicos totais e capacidade antioxidante pelos métodos β -caroteno/ácido linoleico e complexo fosfomolibdênio quando comparado aos demais estádios, e ainda, maior teor de ferro, que o estágio adulto.

A hortaliça adulta apresenta maior teor de boro e uma coloração verde mais escura e intensa.

O consumo de agrião da terra colhido em estádios antecipados pode contribuir para uma maior ingestão de minerais e compostos bioativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABURTO, N. J.; HANSON, S.; GUTIERREZ, H.; HOOPER, L.; ELLIOTT, P.; CAPPUCIO, F. P. Effect of increased potassium intake on cardiovascular risk factors and disease: systematic review and meta-analyses. **The BMJ**, v. 346, 2013. pg. 1-19

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY). Official methods of analysis. 19.ed. Gaithersburg, 2012. pg 3000

AUZANNEAU, N.; WEBER, P.; KOSIŃSKA-CAGNAZZOA, A.; ANDLAUERA, W. Bioactive compounds and antioxidant capacity of *Lonicera caerulea* berries: Comparison of seven cultivars over three harvesting years. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, 2018. pg. 81-89

CHOE, U.; YU, L.; WANG, T. T. Y. The Science Behind Microgreens As An Exciting New Food For The 21th Century. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, 2018. pg. 11519-11530

DE LA ROSA, L. A; MORENO-ESCAMILLA, J. O.; ROGRIGO-GARCIA, J.; ALVAREZ-PARRILA, E. Chapter 12 – Phenolic Compounds. **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**, Woodhead Publishing:Reino Unido, 2019. pg. 253-271

DELGADO, A. M.; ISSAOUI, M.; CHAMMEM, N. Analysis of Main and Healthy Phenolic Compounds in Foods. **Journal of AOAC International**, v. 102, 2019. pg. 1-9

DI GIOIA, F.; SANTAMARIA, P. The nutritional properties of microgreens. In: Di Gioia F, Santamaria P (eds) **Microgreens**. Eco-logica editore, Bari, 2015. pg 41–47

DI GIOIA, F.; RENNA, M.; SANTAMARIA, P. Chapter 11- Sprouts, Microgreens and “Baby Leaf” Vegetables. **Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables**. Estados Unidos: Springer, 2ªed, 2017. pg 411-428

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA. **Anais...**São Carlos: UFSCar. p. 235, 2000.

FRAZIE, M.D.; KIM, M.J.; KU, K.M. Health-Promoting Phytochemicals from 11 Mustard Cultivars at Baby Leaf and Mature Stages. **Molecules**, v. 22, n.10, 2017. pg 1-13.

KIM, M.; PARK, J. Cruciferous vegetable intake and the risk of human cancer: Epidemiological evidence: Conference on 'Multidisciplinary approaches to nutritional problems' Symposium on 'Nutrition and health'. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 68, 2009. pg. 103-110.

KRIS-ETHERTON, P. M.; HECKER, K. D.; BONANOME, A.; COVAL, S. M.; BINKOSKI, A. E.; HILPERT, K. F.; GRIEL, A. E.; ETHERTON, T. D. Bioactive Compounds in Foods: Their Role in the Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer. **The American Journal of Medicine**, v. 113, 2002. pg. 71-88

KYRIACOU, M. C.; ROUPHAEL, Y.; DI GIOIA, F.; KYRATZIS, A.; SERIO, F.; RENNA, M.; DE PASCALE, S.; SANTAMARIA, P. Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. **Trends in Food Science & Technology**, v. 57, 2016. pg. 103-115

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; DE OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. pg 319

MARTINEZ-SANCHEZ, A., LUNAA, M. C., SELMAA, M. V., TUDELAA, J. A., ABAD, J.; GIL, M. I. Baby-leaf and multi-leaf of green and red lettuces are suitable raw material for fresh cut industry. **Postharvest Biology and Technology**, v.63, 2012. pg1-10

MORAES, L.A.S.; CALORI, A.H.; FACTOR, L.T.; PATRÍCIO, F.L.A.; GHINI, R.; ABREU, M.F.; PURQUERIO, L.F.V. Baby leaf lettuce production in trays with reused and solarized substrate. **Horticultura Brasileira**, v.34, n.4. 2016. pg 463-469.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. *Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Dietary Allowances and Adequate Intakes, Elements*. Washington, DC: The National Academies Press. 2019. Disponível em: <http://nationalacademies.org/hmd/Activities/Nutrition/SummaryDRIs/DRI-Tables.aspx>. Acessado em 16 de julho de 2019.

PANDJAITAN, N.; HOWARD, L.R.; MORELOCK, T.; GIL, M.I. Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and maturation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 22, 2005. pg. 8618–8623

PARADISO, V. M. et al. Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. **Food & Function**, v.8, 2018. pg 5629–5640

PINTO, E.; ALMEIDA, A.A.; AGUIAR, A.A.; FERREIRA, I. M.P.L.V.O. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. **Journal of Food Composition and Analysis**. v.37, 2015. pg 38-43.

PRAVINA, P.; SAYAJI, D.; AVINASH, M. Calcium and its Role in Human Body. **International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences**, v. 4, 2013. pg.659-668

PRIETO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric Quantitation of Antioxidant Capacity through the Formation of a Phosphomolybdenum Complex: Specific Application to the Determination of Vitamin E1. **Analytical Biochemistry, Bethesda**, v. 269, p. 337–341, 1999.

RANA, M. K. **Vegetable Crops Science**. CRC Press Taylor& Francis Group: New York. 2018. pg 351-358

ROBBINS, R. J.; Phenolic Acids in Foods: An Overview of Analytical Methodology. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, 2003. Pg. 2866-2887

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A guide to carotenoid analysis in foods. Washington: **Internacional Life Sciences Institute Press**, p.64, 2001.

RUFINO, M.S.M. et al. Bioactive compounds and antioxidante capacities of 18 no-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, p.996-1002, 2010.

SEVERINO, P.; NETTI, L.; MARIANI, M. V.; MARAONE, A.; D'AMATO, A.; SCARPATI, R.; INFUSINO, F.; PUCCI, M.; LAVALLE, C.; MAESTRINI, V.; MANCONE, M.; FEDELE, F. Prevention of Cardiovascular Disease: Screening for Magnesium Deficiency. **Cardiology Research and Practice**, v. 2019, 2019. pg. 1-10

SOLOVCHENKO, A., YAHIA, E. M.; CHEN, C. Chapter 11 - Pigments. **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**, Woodhead Publishing:Reino Unido, 2019. pg.

SUN, X.; ZHUANG, X.; HUOC, M.; FENG, P.; ZHANG, S.; ZHONG, X.; ZHOU, H.; GU, Y.; HU, X.; DU, Z.; ZHANG, M.; LIAO, X. Serum magnesium and the prevalence of peripheral artery disease: The Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. **Atherosclerosis**, v. 282, 2019. pg. 196-201

WANG, X.; OUYANG, Y.; LIU, J.; ZHU, M.; GANGUE, Z.; BAO, W.; HU, F. B. Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. **The BMJ**; 349:g4490, 2014. pg. 1-14

XIAO, Z.; CODLING, E. E.; LUO, Y.; NOU, X.; LESTER, G. E.; WANG, Q. Microgreens of Brassicaceae: Mineral composition and content of 30 varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 49, 2016. pg. 87-93

XIAO, Z.; RAUSCH, S. R.; LUO, Y.; SOL, J.; YU, L.; WANG, Q.; CHEN, P.; YU, L.; STOMMEL, J. R. Microgreens of Brassicaceae: Genetic diversity of phytochemical concentrations and antioxidant capacity. **LWT**, v. 101, 2019. pg. 731-737

YAHIA, E. M.; GARCÍA-SOLÍS, P.; CELIS, M. E. M. Chapter 2 - Contribution of Fruits and Vegetables to Human Nutrition and Health. **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**, Woodhead Publishing:Reino Unido, 2019. pg. 19-45

ZHANG, H.; ZHABYEYEV, P.; WANG, S.; OUDIT, G. Y. Role of iron metabolism in heart failure: From iron deficiency to iron overload. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease**, v. 1865, 2019. pg. 1925-1937

ZHAO, X.; IWAMOTO, T.; CAREY, E. Antioxidant capacity of leafy vegetables as affected by high tunnel environment, fertilisation and growth stage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.87, 2007. pg. 2692-2699

ARTIGO 2

INFLUÊNCIA DA EMBALAGEM NA QUALIDADE PÓS COLHEITA DE “BABY LEAF” DE AGRIÃO DA TERRA

Norma NBR 6022 (ABNT 2003)

Ana Beatriz Silva Araújo, Elisângela Elena Nunes Carvalho, Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

RESUMO

No presente estudo foram investigadas as variações ao longo do armazenamento, na qualidade pós colheita de “baby leaf” de agrião da terra acondicionado em diferentes embalagens. Sementes não peletizadas de agrião da terra (*Barbarea verna*) foram semeadas em substrato de espuma fenólica, cobertas com vermiculita, irrigadas com água, mantidas em casa de vegetação sob temperatura ambiente ($27^{\circ}\text{C}\pm 7$) e luz ambiente. Após 16 dias, as mudas foram transferidas para sistema hidropônico, irrigadas com solução nutritiva e 30 dias após semeadura foram colhidas. Um teste preliminar para definir quais as embalagens seriam utilizadas no experimento foi realizado, sendo elas: embalagem zip lock de polietileno 100 μm , embalagem de polietileno de baixa densidade 50 μm selada e embalagem de polietileno tereftalato pós consumo reciclado (PET PCR), com tampa de encaixe do mesmo polímero. O uso de embalagem tipo PET PCR mostrou não ser viável para o armazenamento refrigerado de “baby leaf” de agrião da terra. Já as embalagens zip lock de polietileno 100 μm e polietileno de baixa densidade 50 μm selada, demonstraram ser boas opções. O experimento foi então conduzido utilizando as embalagens de zip lock de polietileno 100 μm e de polietileno de baixa densidade 50 μm selada, sob a temperatura média de refrigeração de $6^{\circ}\text{C}\pm 1$ e umidade relativa de $87\%\pm 1,6$. A avaliação das amostras foi realizada nos tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias. As análises realizadas foram percentual de perda de massa, monitoramento de CO_2 dentro da embalagem, coloração, pH, acidez titulável, clorofila total, carotenoides totais, teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante. As hortaliças armazenadas em ambas as embalagens apresentaram percentual semelhante de perda de massa, uma diminuição no valor de pH, acompanhada de um aumento da acidez titulável, acarretando em um sabor mais ácido nas hortaliças ao longo do armazenamento. A embalagem de zip lock de polietileno 100 μm determinou menor acúmulo de CO_2 , maior preservação da cor verde, maior estabilização na degradação de carotenoides e uma menor depleção da capacidade antioxidante do “baby leaf” de agrião. Esses resultados sugerem que a embalagem zip lock de polietileno 100 μm , proporciona melhores condições de armazenamento, conferindo ao “baby leaf” de agrião uma vida útil de até 12 dias, garantindo um produto de qualidade ao consumidor.

Palavras chave: *Barbarea verna*, armazenamento, vida útil, polietileno, compostos bioativos, capacidade antioxidante.

ABSTRACT

In the present study we investigated the variations, during storage, in the postharvest quality of soil upland cress baby leaf stored in different packages. Non-pelleted seeds of upland cress (*Barbarea verna*) were sown on a phenolic foam substrate, covered with vermiculite, irrigated with water, kept in a greenhouse at room temperature ($27^{\circ}\text{C}\pm 7$) and ambient light. 16 days after sowing, the seedlings were transferred to hydroponic system, irrigated with nutrient solution and 30 days after sowing were harvested. A preliminary test to determine which packages would be used in the experiment was carried out, namely: 100 μm polyethylene zip lock packaging, 50 μm sealed low density polyethylene packaging and recycled post-consumption polyethylene terephthalate (PET PCR) packaging with snap-on lid of the same polymer. The use of PET PCR packaging proved not to be feasible for cold storage of cress baby leaf, while 100 μm polyethylene and 50 μm sealed low density polyethylene zip lock packaging proved to be good options. The experiment was then conducted using 100 μm polyethylene zip lock and 50 μm low density polyethylene sealed zip lock containers, stored at a mean refrigeration temperature of $6^{\circ}\text{C} \pm 1$ and a relative humidity of $87\% \pm 1.6$. The samples were evaluated at 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12 days. The analyzes performed were percentage of mass loss, CO_2 monitoring inside the package, coloration, pH, titratable acidity, total chlorophyll, total carotenoids, total phenolic content and antioxidant capacity. The vegetables stored in both packages presented similar percentage of mass loss, a decrease in pH value, accompanied by an increase of titratable acidity, resulting in a more acidic flavor in the vegetables during storage. The 100 μm polyethylene zip lock package resulted in lower CO_2 accumulation, better preservation of green color, greater stabilization in carotenoid degradation and lower depletion of the upland cress baby leaf antioxidant capacity. These results suggest that 100 μm polyethylene zip lock packaging provides better storage conditions, giving the upland cress baby leaf a shelf life of up to 12 days, ensuring a quality product for the consumer.

Key words: *Barbarea verna*, storage, shelf life, polyethylene, bioactive compounds, antioxidant capacity.

INTRODUÇÃO

As mudanças no tamanho da família e na estrutura social, junto aos interesses dos consumidores por alimentos saudáveis e convenientes, são fatores que impulsionam os produtores e a indústria a desenvolverem tecnologias e manuseio pós-colheita que visam preservar a qualidade e prolongar vida útil das hortaliças prontas para consumo. Em busca por texturas e sabores mais suaves, as hortaliças “baby leaf” surgem como uma nova categoria de produtos vegetais prontos para consumo (LEE; LEE, 2012; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2016; CHOE; YU; WANG, 2018).

“Baby leaf” são hortaliças colhidas em um estágio antecipado. Dependendo da espécie, possuem um ciclo de crescimento entre 20 a 40 dias. Apresentam uma aparência atraente devido à sua estrutura tridimensional e níveis mais baixos de dano oxidativo devido ao pequeno diâmetro do caule (MARTÍNEZ-SÁNCHEZ et al., 2012; DI GIOIA; RENNA; SANTAMARIA, 2017). Porém, vegetais folhosos possuem uma vida útil relativamente curta, em termos de parâmetros de qualidade, fazendo-se necessário o emprego de técnicas para prolongar seu armazenamento.

Após a colheita, as hortaliças utilizam suas próprias reservas para manutenção de sua atividade metabólica, o que cursa em uma degradação e provoca modificações em sua qualidade, podendo culminar com a degradação do produto. A embalagem de hortaliças, desde que feita de forma adequada, contribui para sua preservação pós-colheita, sendo seus benéficos efeitos associados à geração de uma micro atmosfera propícia à redução do metabolismo, em especial, da atividade respiratória. A modificação da atmosfera dentro da embalagem se dá em função da respiração do produto, que leva ao consumo de oxigênio e liberação de dióxido de carbono, até um equilíbrio, dependente das propriedades e dimensões da embalagem, temperatura de armazenamento e quantidade e atividade respiratória do produto embalado. A redução da concentração de oxigênio e elevação da concentração de dióxido de carbono contribuem para redução da taxa respiratória até certos limites. Além desses limites, o tecido vegetal pode entrar em processo de fermentação e desenvolver injúrias fisiológicas (BOZ et al., 2018).

A utilização de embalagens adequadas para produtos hortícolas, tem como objetivo preservar as características sensoriais e nutricionais, afim de estender a sua vida útil. A embalagem é responsável pela proteção e conservação do produto (BOZ et al., 2018).

Estudos em relação ao armazenamento de hortaliças “baby leaf” evidenciam que a combinação de fatores como temperatura, embalagem e sanitização prolongam a vida e

preservam a qualidade pós-colheita destes produtos (FADDA, et al., 2015; MUDAU et al., 2018).

Fadda et al. (2015) avaliaram seis cultivares de “baby leaf” de alfaces (*Lactuca sativa* L.) com folhas verdes (Ortis 398, Summerbell e Babybell) e com folhas vermelhas (MS151, Copacabana e Excellent), que foram sanitizadas e posteriormente dispostas em sacos de polietileno não selados, armazenadas a 5°C. Os autores constataram que até 20 dias de armazenamento, todas as cultivares apresentaram atributos de qualidade aceitáveis, sendo que as cultivares vermelhas apresentaram melhores resultados, comparadas às cultivares verdes.

Mudau et al. (2018) verificaram que “baby leaf” de espinafre (*Spinacia oleracea* L.) armazenado sob atmosfera controlada (5% O₂; 15% CO₂; balanço N₂) a 4°C por 9 dias mantiveram um alto nível de atividade antioxidante e flavonoides.

Embora existam estudos sobre o armazenamento de hortaliças “baby leaf”, não há estudos publicados investigando a qualidade pós colheita e vida útil de “baby leaf” de agrião da terra (*Barbarea verna*). O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de diferentes embalagens sobre a qualidade de “baby leaf” de agrião da terra, ao longo do armazenamento refrigerado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Cultivo dos vegetais, colheita e montagem do experimento

As hortaliças foram cultivadas no período de março a abril de 2019 na Unidade de Hidroponia do Departamento de Ciência do Solo, localizada na Universidade Federal de Lavras, Brasil. Sementes não peletizadas de agrião da terra (*Barbarea verna*) foram semeadas em substrato de espuma fenólica (resina fenol/formol, agente emulsificante, agente de expansão e catalisador ácido, furo de 9mm), cobertas com vermiculita, irrigadas com água, mantidas em casa de vegetação sob temperatura ambiente (27°C±7) e luz ambiente. Após 16 dias, as mudas foram transferidas para sistema hidropônico, irrigadas com solução nutritiva contendo: 10mM N; 5,65mM P₂O₅; 19,53mM K₂O; 0,82mM Mg; 1,50mM S; 0,18mM Fe; 0,01mM Zn; 0,02mM Mn; 0,002mM Cu; 0,01mM B; 0,002mM Mo; 7,32mM Ca. As hortaliças “baby leaf”, foram colhidas 30 dias após a semeadura.

As amostras foram colhidas ainda aderidas a espuma fenólica e em seguida transportadas a Planta Piloto de Processamento de Vegetais, localizada no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, onde foi removido a espuma junto com as raízes, com o auxílio de uma tesoura esterilizada e utilizando apenas as folhas e os pecíolos para posteriores análises. As hortaliças foram lavadas em água corrente e,

posteriormente, mergulhadas em solução sanitizante de hipoclorito de sódio 100ppm, por um minuto, período após o qual foram dispostas em mesa de aço inoxidável, até completa drenagem da solução.

Um teste preliminar foi realizado para definir quais embalagens seriam utilizadas ao longo do armazenamento: embalagem A (embalagem zip lock de polietileno 100µm), embalagem B (embalagem de polietileno de baixa densidade 50µm selada) e embalagem C (embalagem de polietileno tereftalato pós consumo reciclado – PET PCR, com tampa de encaixe do mesmo polímero). As amostras embaladas foram mantidas sob temperatura de refrigeração de $6^{\circ}\text{C}\pm 1$ durante cinco dias e avaliadas de acordo com a perda de massa e aspecto visual. A embalagem C apresentou 2% de perda de massa e perda drástica da qualidade visual em apenas um dia de armazenamento, sendo descartada para a montagem do experimento.

Desta maneira, o experimento consistiu no armazenamento de “baby leaf” de agrião da terra utilizando as embalagens A (embalagem zip lock de polietileno 100µm) e embalagem B (embalagem de polietileno de baixa densidade 50µm selada), sob a temperatura média de refrigeração de $6^{\circ}\text{C}\pm 1$ e umidade relativa de $87\%\pm 1,6$. A avaliação das amostras foi realizada aos 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias de armazenamento.

Monitoramento da concentração de CO₂ dentro da embalagem

As concentrações de dióxido de carbono foram monitoradas com o auxílio do analisador de gases PBI Dansensor Check Point, por meio de uma pequena agulha inserida no headspace da embalagem. Para cada condição experimental, três pacotes diferentes foram testados. Os resultados foram expressos em % de CO₂.

Perda de massa

A massa das hortaliças foi avaliada em uma balança semi-analítica e os resultados foram expressos em porcentagem. A perda de massa foi determinada de acordo com a seguinte equação: $PM = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$, onde PM = perda de massa; m_1 = massa inicial das folhas e m_2 = a massa obtida em cada intervalo de análise.

pH e acidez titulável

O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro TECNAL®, e a determinação da acidez titulável foi realizada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01N, usando como indicador a fenolftaleína, sendo os resultados expressos em mg ácido cítrico 100g⁻¹ de amostra, de acordo com a AOAC (2012).

Coloração

A cor foi medida em três diferentes pontos de cada hortaliça usando um colorímetro Konica Minolta CR-400. As medições foram obtidas nos parâmetros de espaço de cores CIELAB da Comissão Internacional de l'Éclairage: L* (claridade, variando de 0 = preto a 100 = branco), o croma (C*), que denota a intensidade da cor geral (cromaticidade) e o ângulo hue que determina a cor.

Clorofila total

O teor total de clorofila foi determinado espectrofotometricamente de acordo com Paradiso et al. (2018). Folhas congeladas com nitrogênio líquido foram trituradas (0,5 g) e homogeneizadas com 15 mL acetona, posteriormente foram agitadas durante 20 minutos. A mistura foi filtrada em papel de filtro (papel filtro qualitativo, 15cm de diâmetro, Unifil®) e transferida para cubetas de vidro. A absorbância foi lida em um espectrofotômetro a 661.6 nm e 644.8 nm e a clorofila total foi calculada com a soma de clorofila a (chl_a) e clorofila b (chl_b) utilizando as seguintes fórmulas:

$$\text{chl}_a \text{ (mg.L}^{-1}\text{)} = 11,24A_{661.6} - 2.04 A_{644.8}$$

$$\text{chl}_b \text{ (mg.L}^{-1}\text{)} = 20.13A_{644.8} - 4.19 A_{661.6}$$

Onde A é a absorbância do extrato em nm de acordo com o comprimento de onda.

Carotenoides totais

Os carotenoides totais foram quantificados utilizando método espectrofotométrico proposto por Rodriguez-Amaya (2001). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 444nm, 450nm e 470nm, que correspondem aos comprimentos de onda específicos dos carotenoides, α -caroteno, β -caroteno e licopeno, respectivamente. O teor de cada carotenoide foi calculado segundo a fórmula:

$$\mu\text{g.g}^{-1} = \frac{A \times V \times 10^6}{A_{1\text{cm}1\%} \times M \times 100}$$

Onde A é a absorbância da solução no comprimento de onda específico, V é o volume final da solução, A_{1cm1%} é o coeficiente de extinção ou coeficiente de absorvidade molar de um pigmento em um determinado solvente específico, no caso o éter de petróleo, e M é a massa da amostra tomada para a análise em g. Os resultados foram expressos em $\mu\text{g.100g}^{-1}$ de amostra fresca.

Compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante

Obtenção dos extratos

Este procedimento foi adaptado de Rufino et al. (2010). Pesou-se 1g da amostra em um tubo de centrífuga, adicionou-se 10mL de metanol/água deionizada (50:50 v/v), homogeneizou-se e deixou-se em repouso por 20 minutos ao abrigo da luz, levando-se, posteriormente, os tubos ao banho ultrassom por 15 minutos, seguido de centrifugação a 10000 rpm por 10 minutos e filtragem em papel de filtro (papel filtro qualitativo, 15cm de diâmetro, Unifil®) transferindo-se o sobrenadante filtrado para um frasco escuro. Ao resíduo da primeira extração, adicionou-se 10mL de acetona/água deionizada (70:30 v/v), seguindo-se o mesmo procedimento adotado anteriormente, sendo que o sobrenadante filtrado obtido foi juntado ao primeiro, em frasco escuro e homogeneizado. O extrato obtido foi utilizado para posteriores análises.

Fenólicos totais

O teor de fenólicos totais foi determinado utilizando o ensaio de Folin-Ciocalteu (PARADISO et al., 2018), com algumas alterações. Em resumo, em cada poço de uma microplaca de 96 poços, fundo chato, 30µL do extrato foram misturados com 150µL do reagente Folin-Ciocalteu a 10% (v/v), após quatro minutos, foram adicionados mais 120µL de uma solução de carbonato de sódio a 4% (p/v). Essa mistura reacional foi incubada durante 2 h ao abrigo da luz, posteriormente o teor de fenólicos totais foi determinado a 720nm utilizando um leitor de microplacas (EZ Read 2000, Biochrom®). O cálculo do teor de fenólicos foi realizado a partir da equação da reta obtida da curva padrão de ácido gálico. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG) por cem gramas de amostra fresca.

Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi fundamentada na captura do (ABTS⁺), por um antioxidante. Resumidamente, a solução (ABTS⁺) foi preparada fazendo reagir o sal de diamônio 2,2'-azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico) a uma concentração de 7mmol/L com persulfato de potássio 2,45 mmol/L à temperatura ambiente durante 16 h. A solução obtida foi então diluída com etanol até uma absorbância de 0,70±0,05 a 734nm. Aliquotas de 3µL de padrões TROLOX (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico) e extratos foram pipetadas em cada poço de uma microplaca de 96 poços, fundo chato. 297µL de solução radical foram adicionados em cada poço. Após 6 minutos do tempo

de reação ao abrigo da luz, a absorbância foi medida a 734nm no leitor de microplacas citado anteriormente. Os resultados da atividade antioxidante foram expressos como equivalentes μMol de TROLOX por grama de amostra fresca, com base em uma curva de calibração com concentrações conhecidas de TROLOX (AUZANNEAU et al., 2018).

A determinação da atividade antioxidante pelo método β -caroteno/ácido linoleico se baseou na oxidação de β -caroteno (descoloração) induzida pelos produtos da degradação oxidativa do ácido linoleico. Foi realizada segundo a metodologia descrita por Rufino et al. (2010), com modificações. As soluções foram preparadas misturando 270 μL de solução de sistema de β -caroteno/ácido linoleico e 20 μL de extrato em cada poço de uma microplaca de 96 poços, fundo chato. A mistura foi mantida em banho-maria a 40°C, em seguida foram realizadas as leituras a 470nm em um leitor de microplacas (EZ Read 2000, Biochrom®), após o intervalo de 2 horas. Os resultados foram expressos em percentagem de inibição da oxidação.

O complexo fosfomolibdênio baseia-se na redução de Mo (VI) para Mo (V) pelo analito da amostra e subsequente formação de um complexo de fosfato verde Mo (V) a pH ácido. A capacidade antioxidante total foi determinada pelo método descrito por Prieto; Pineda; Aguilar (1999). Uma alíquota de 200 μL dos extratos foram adicionados a um tubo de ensaio, junto com 800 μL de água deionizada e mais 3mL de solução reagente (ácido sulfúrico 1,8 M, fosfato de sódio monobásico 0,084M e molibdato de amônio 0,012M). Os tubos foram incubados em banho-maria a 95°C por 90 minutos. Após o resfriamento dos tubos de ensaio, a absorbância foi medida em um leitor de microplacas (EZ Read 2000, Biochrom®), a 695nm. Os resultados da atividade antioxidante foram expressos em miligramas de ácido ascórbico por cem gramas de amostra fresca, com base em uma curva de calibração com concentrações conhecidas de ácido ascórbico.

Análise estatística

Os ensaios foram realizados em três repetições. Os dados foram expressos como a média. Todos os cálculos dos dados das análises químicas foram baseados em peso fresco. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000). Após a análise de variância, as médias quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey, a um nível de significância de 5%. Os modelos de regressões polinomiais foram selecionados com base na significância do teste de F de cada modelo testado e também pelo coeficiente de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Monitoramento da concentração de CO₂ dentro da embalagem

A concentração de CO₂ foi influenciada significativamente pela interação entre embalagem e tempo de armazenamento ($p < 0,05$). Observou-se aumento na concentração de CO₂ dentro das embalagens, nos dois primeiros dias de armazenamento, seguido de queda, sendo o acúmulo maior na embalagem B, em comparação à embalagem A (Figura 1). O CO₂ é um dos produtos finais da respiração e seu acúmulo, juntamente com a redução do O₂, substrato respiratório, conspira para a diminuição do metabolismo, em especial, a atividade respiratória, que quanto menor, maior o potencial de conservação do vegetal. Uma taxa respiratória mais elevada pode resultar em uma perda mais acelerada de ácidos, açúcares e outros componentes que determinam a qualidade sensorial e o valor nutricional do produto (MARTÍNEZ-SANCHÉS et al., 2012). A concentração máxima de dióxido de carbono tolerada pelas hortaliças da família Brassicaceae varia entre 10 a 15% (KADER, 2002), sendo assim, o dióxido de carbono acumulado nas embalagens, não é suficiente para causar danos fisiológicos em baby leaf de agrião da terra.

Perda de massa

A perda de massa de “baby leaf” de agrião da terra foi afetada significativamente pelo tempo de armazenamento, embora não tenha se alterado distintamente, em função das embalagens utilizadas ($p < 0,05$). As hortaliças armazenadas, independentemente do tipo de embalagem, apresentaram aumento linear da perda de massa, ao longo do armazenamento (Figura 1). Entretanto, a perda de massa observada não interferiu na qualidade visual do produto. Porém, no teste preliminar realizado, as hortaliças armazenadas em embalagem de polietileno tereftalato pós consumo reciclado – PET PCR, com tampa de encaixe do mesmo polímero, as amostras apresentaram 2% de perda de massa e perda drástica da qualidade visual em apenas um dia de armazenamento. A perda de massa durante o armazenamento ocorre em razão da atividade metabólica da planta, que culmina com a descarboxilação da matéria orgânica e perda de água, acarretando em alterações na aparência, textura, sabor e valor nutricional (KADER, 2002). Embora tenha sido observado efeito da embalagem sobre o acúmulo de CO₂, este não interferiu na perda de massa, o que é uma consequência da atividade respiratória.

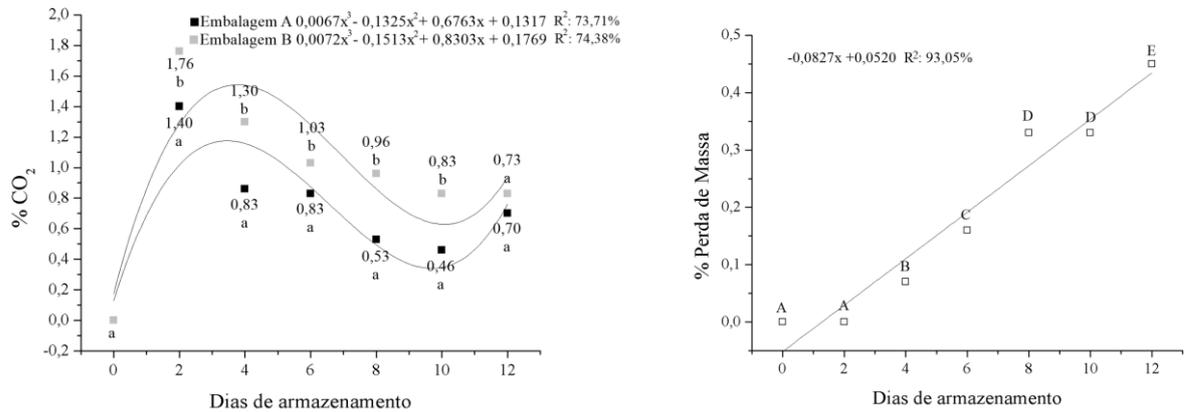


Figura 1. Valores médios de %CO₂ e % perda de massa para baby leaf de agrião da terra armazenados em diferentes embalagens por 12 dias. Letras diferentes significam uma diferença significativa em $p < 0,05$ de acordo com o teste Tukey. A: embalagem zip lock de polietileno 100µm; B: embalagem de polietileno de baixa densidade 50µm selada.

pH e acidez titulável

Os valores de pH e acidez titulável foram estatisticamente iguais em “baby leaf” de agrião da terra, independente da embalagem utilizada, embora tenha se notado uma diminuição do pH, após seis dias de armazenamento, acompanhado de um aumento da acidez titulável (Figura 2). A acidez titulável está relacionada à concentração de ácidos orgânicos livres presentes em um alimento e é normalmente utilizada como parâmetro de qualidade. Valores elevados de acidez titulável implicam em um sabor ácido mais intenso, que impacta negativamente na aceitação sensorial pelos consumidores (XIAO et al., 2012).

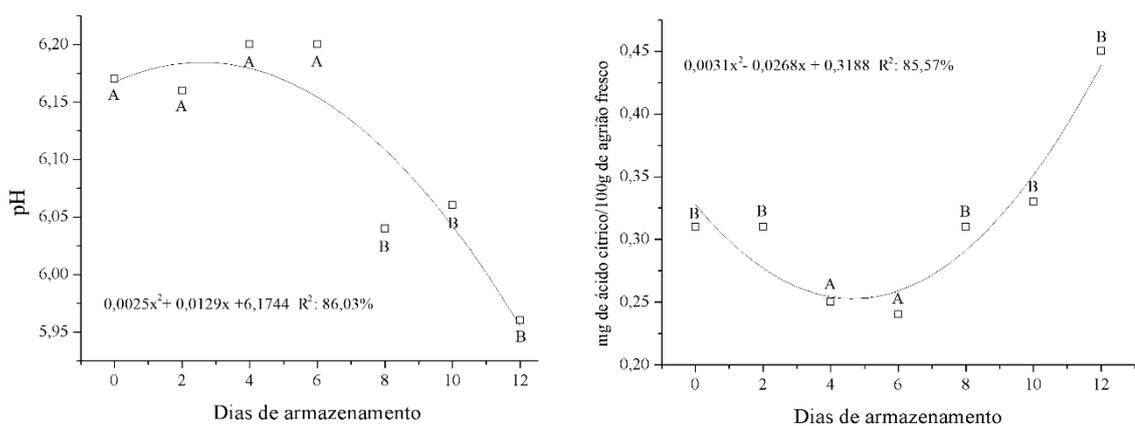


Figura 2. Valores médios de pH e acidez titulável para “baby leaf” de agrião da terra armazenados em diferentes embalagens por 12 dias. Letras diferentes significam uma diferença significativa em $p < 0,05$ de acordo com o teste Tukey. A: embalagem zip lock de polietileno 100µm; B: embalagem de polietileno de baixa densidade 50µm selada.

Coloração e clorofila total

As variáveis de coloração L^* , C^* e h° não foram influenciadas diferentemente pelas embalagens, tampouco pelo tempo de armazenamento. Os valores médios de L^* , C^* e h° foram 41,59; 30,87 e 104,15, respectivamente. Independente da embalagem, o “baby leaf” de agrião da terra apresentou uma coloração verde clara. O aspecto da cor em hortaliças folhosas é de extrema importância, pois o consumidor toma a decisão de comprar, ou não, apenas pela aparência do produto, associando a este um indicador de frescor sem considerar, normalmente, a textura, o valor nutricional e o sabor (NOVO et al., 2011).

Apesar de não terem sido identificadas alterações nas variáveis de cor, no último tempo de armazenamento, visualmente pode-se observar o surgimento de pequenos pontos amarelados nas folhas armazenadas na embalagem B (Figura 3). O teor de clorofila total foi influenciado significativamente pela interação entre embalagem e tempo de armazenamento ($p < 0,05$), sendo que as hortaliças acondicionadas na embalagem B apresentaram maior degradação do pigmento, ao longo de todo armazenamento (Figura 4), o que pode ser associado ao surgimento dos pontos amarelados no 12º dia de armazenamento. A redução no teor de clorofila está relacionada à degradação e/ou senescência celular, que é constantemente usada para estimar a perda de qualidade de vegetais verdes (XIAO et al., 2014).



A: "Baby leaf" de agrião da terra após 12 dias de armazenamento, referente a embalagem A.
B: "Baby leaf" de agrião da terra após 12 dias de armazenamento, referente a embalagem B.

Figura 3. Folhas de baby leaf de agrião da terra referentes a embalagem A e embalagem B após 12 dias de armazenamento.

Cefola; Pace (2015) também observaram uma degradação no teor de clorofila em hortaliças “baby leaf” de espinafre e rúcula, armazenadas em embalagens de polietileno, durante seis dias a 8°C. Com base nos resultados de clorofila e observação de pontos amarelos nas folhas Figuras (4 e 5), constata-se que a embalagem A foi mais efetiva que a B na conservação de “baby leaf” de agrião da terra.

Carotenoides totais

A concentração de carotenoides totais foi estatisticamente afetada pela interação entre o tempo de armazenamento e tipo de embalagem ($p < 0,05$). Observou-se aumento de carotenoides totais, nos primeiros dias de armazenamento, seguido de queda, a despeito da embalagem utilizada, embora os níveis de carotenoides tenham se estabilizado a partir do 8º dia de armazenamento no agrião da terra acondicionado na embalagem A, enquanto a queda continuou nas folhosas da embalagem B (Figura 4). A maior queda de clorofila observada no agrião da terra acondicionado na embalagem B, pode ter sido suficiente para o desmascaramento de carotenoides e conseqüente surgimento dos pontos amarelados.

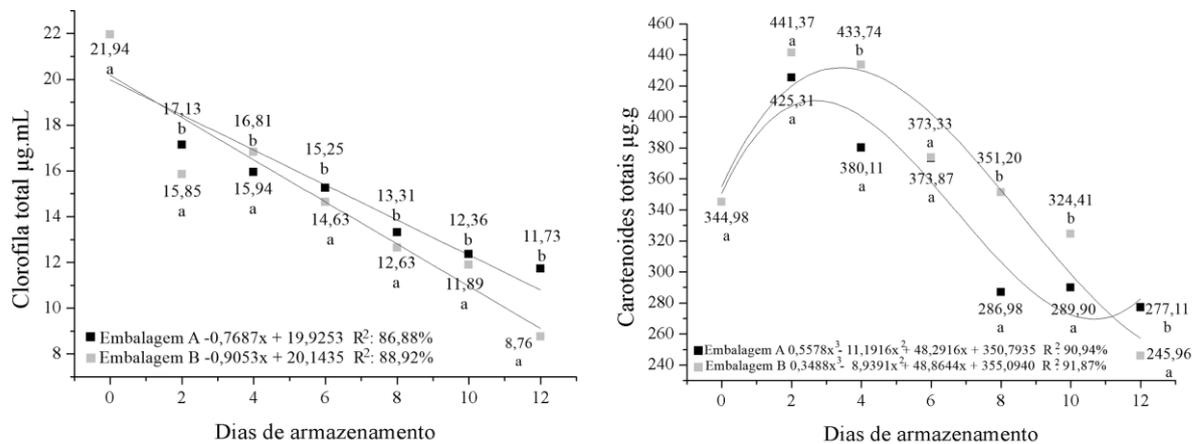


Figura 4. Valores médios de clorofila total e carotenoides totais para “baby leaf “de agrião da terra armazenados em diferentes embalagens por 12 dias. Letras diferentes significam uma diferença significativa em $p < 0,05$ de acordo com o teste Tukey. A: embalagem zip lock de polietileno 100µm; B: embalagem de polietileno de baixa densidade 50µm selada.

Compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante

Diferenças estatísticas não foram observadas entre as embalagens testadas no presente estudo referente ao teor de fenólicos totais do “baby leaf” de agrião da terra ($p < 0,05$). Nota-se, independente da embalagem utilizada, uma diminuição acentuada dos fenólicos totais nos dois primeiros dias de armazenamento, seguida de estabilização até o 10º dia e nova queda, até o 12º dia. (Figura 5). Os resultados observados são concordantes com os de Cefola; Pace (2015),

que trabalharam com “baby leaf” de espinafre e rúcula, armazenadas em embalagens de polietileno, durante seis dias a 8°C.

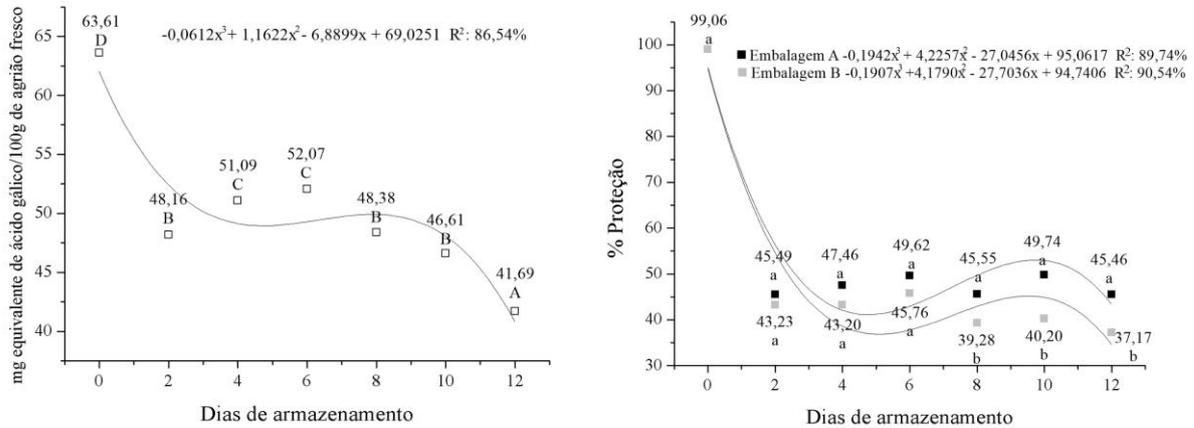


Figura 5. Valores médios de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, medida pelo método β -caroteno/ácido linoleico para “baby leaf” de agrião da terra armazenados em diferentes embalagens por 12 dias. Letras diferentes significam uma diferença significativa em $p < 0,05$ de acordo com o teste Tukey. A: embalagem zip lock de polietileno 100 μ m; B: embalagem de polietileno de baixa densidade 50 μ m selada.

Martínez-Sánchez et al., (2012) relataram que “baby leaf” de alface vermelha, apresentou um teor semelhante de fenólicos totais ao longo dos 13 dias de armazenamento. Neste estudo, as hortaliças foram armazenadas em embalagens de polipropileno, mantidas no escuro por três dias a 4°C e depois transferidas para 7°C até o restante do armazenamento. Fadda et al., (2015) observaram uma diminuição dos compostos fenólicos em “baby leaf” de alfaces verdes, armazenadas em sacos de polietileno a 5°C. Os autores constataram que após 20 dias de armazenamento, houve uma diminuição de 47,45% e 57,96% no teor de compostos fenólicos totais, nas cultivares Summerbell e Babybell, respectivamente.

Amostras de “baby leaf” de agrião da terra apresentaram redução na capacidade antioxidante, medida por três diferentes metodologias, independente da embalagem utilizada (Figuras 5 e 6). Redução no % de proteção (β -caroteno/ácido linoleico), de 99% para 44,36%, foi observada nos 2 primeiros dias de armazenamento, seguida de oscilações, sendo que a atividade antioxidante foi maior nas hortaliças acondicionadas na embalagem A, a partir do 8º dia de armazenamento (Figura 5). Entretanto, pelo método ABTS, a atividade antioxidante das hortaliças acondicionadas na embalagem A foi menor que o das hortaliças acondicionadas na embalagem B, a partir do 2º dia de armazenamento (Figura 6), observando-se uma redução de 1519,24 para 1291,51 μ M trolox g^{-1} agrião para embalagem A e de 1519,24 para 1461,56 μ M trolox g^{-1} agrião, para embalagem B, ao longo dos 12 dias de armazenamento. Redução linear na atividade antioxidante medida pelo método do complexo fosfomolibdênio de 239,25 para

127,38 mg vitamina C 100g⁻¹ agrião e de 239,25 para 122,03 mg vitamina C 100g⁻¹ agrião nas embalagens A e B, respectivamente, foi notada ao longo de 12 dias, sendo que a embalagem A determinou maior contenção da queda, a partir do 8º dia de armazenamento (Figura 6).

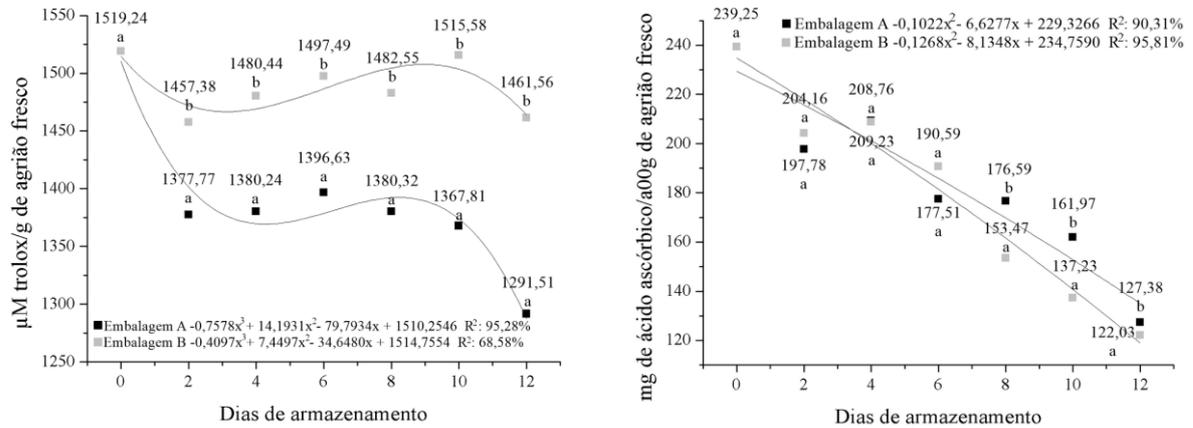


Figura 6. Valores médios de atividade antioxidante, medida pelo método ABTS e método do complexo fosfomolibdênio, de “baby leaf” de agrião da terra armazenado em diferentes embalagens por 12 dias. Letras diferentes significam uma diferença significativa em $p < 0,05$ de acordo com o teste Tukey. A: embalagem zip lock de polietileno 100µm; B: embalagem de polietileno de baixa densidade 50µm selada.

Os resultados observados concordam como os de Fadda et al. (2015), que descreveram diminuição geral da atividade antioxidante de “baby leaf” de alface verde das cultivares Summerbell e Babybell, após 12 dias de armazenamento e também com os de Mudau; Araya; Mudau (2018), que relataram uma diminuição na capacidade antioxidante de “baby leaf” de espinafre, armazenado a 4°C, após seis dias de armazenamento.

A redução da capacidade antioxidante pode ser associada à redução dos compostos fenólicos, potentes agentes antioxidantes utilizados na eliminação de radicais livres produzidos naturalmente durante o armazenamento, período no qual as hortaliças utilizam suas próprias reservas para manutenção de sua atividade metabólica, predominando as vias de degradação. Segundo Laorko; Tongchitpakdee; Youravong (2013) a diminuição dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante ao longo do armazenamento ocorre, provavelmente, pela oxidação seguida da reação de polimerização destes compostos.

Entretanto, a capacidade antioxidante não diz respeito apenas aos fenólicos, visto que outros compostos, como vitamina C e carotenoides, também possuem atividade antioxidante (YAHIA; GARCÍA-SOLÍS; CELIS, 2019). Ao longo do armazenamento foi observado uma diminuição no teor de carotenoides totais, o que pode também, ter contribuído para a diminuição da capacidade antioxidante das hortaliças armazenadas em ambas as embalagens.

CONCLUSÃO

O uso de embalagem de polietileno tereftalato pós consumo reciclado (PET PCR), com tampa de encaixe do mesmo polímero, não é viável para o armazenamento refrigerado de “baby leaf” de agrião da terra.

As hortaliças armazenadas nas embalagens zip lock de polietileno 100µm e polietileno de baixa densidade 50µm selada, apresentaram percentual de perda de massa semelhante, diminuição do pH, acompanhada de aumento da acidez titulável e uma queda no teor de fenólicos totais ao longo do armazenamento.

As hortaliças armazenadas na embalagem A (zip lock de polietileno 100µm), apresentaram menor acúmulo de CO₂, maior preservação da cor verde, devido a uma menor degradação de clorofila, menor degradação de carotenoides e da capacidade antioxidante, quando comparada com as hortaliças armazenadas na embalagem B.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY). Official methods of analysis. 19.ed. Gaithersburg, 2012. pg 3000

AUZANNEAU, N.; WEBER, P.; KOSÍŇSKA-CAGNAZZOA, A.; ANDLAUERA, W. Bioactive compounds and antioxidant capacity of *Lonicera caerulea* berries: Comparison of seven cultivars over three harvesting years. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, 2018. pg. 81-89

BERGQUIST, S.A.M.; GERTSSON, E.U.; OLSSON, M.E. Influence growth stage and postharvest storage on ascorbic acid and carotenoid content and visual quality of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal Science Food Agriculture*. v.86, 2006. pg 346–355

BOZ, Z.; WELT, B. A.; BRECHT, J. K.; PELLETIER, W.; McLAMORE, E. Review of Challenges and Advances in Modification of Food Package Headspace Gases. **Journal of Applied Packaging Research**, v. 10, n. 1, 2018. pg. 62-97

CEFOLA, M.; PACE, B. Application of Oxalic Acid to Preserve the Overall Quality of Rocket and Baby Spinach Leaf during Storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.39, n.6, 2015. pg 2523-2532.

CHOE, U.; YU, L.; WANG, T. T. Y. The Science Behind Microgreens As An Exciting New Food For The 21th Century. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, 2018. pg. 11519-11530

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2ª ed., 2005.

DI GIOIA, F.; RENNA, M.; SANTAMARIA, P. Chapter 11- Sprouts, Microgreens and “Baby Leaf” Vegetables. **Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables**. Estados Unidos: Springer, 2^aed, 2017. pg 411-428

FADDA, A.; BERNARDO, P.; ANGIONI, A.; BARBERIS, A.; CEFOLA, M. Suitability for ready-to-eat processing and preservation of six green and red baby leaf cultivars and evaluation of their antioxidant value during storage and after the expiration date. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.40, 2015. pg 550–558

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA. **Anais...**São Carlos: UFSCar. p. 235, 2000.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. Agriculture and Natural Resources: University of California, 3^o edição, 2002.

LAORKO, A.; TONGCHITPAKDEE, S.; YOURAVONG, W. Storage quality of pineapple juice non-thermally pasteurized and clarified by microfiltration. **Journal of Food Engineering**, v. 116, 2013. pg. 554-561

LEE, J. S.; LEE, Y. Effect of Packaging Methods on Postharvest Quality of Tah Tasai Chinese Cabbage (*Brassica campestris* var. *narinosa*) Baby Leaf Vegetable. **The Korean Society of Food Preservation**, v. 19, 2012. pg. 1-6

MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A., LUNAA, M. C., SELMAA, M. V., TUDELAA, J. A., ABAD, J.; GIL, M. I. Baby-leaf and multi-leaf of green and red lettuces are suitable raw material for fresh cut industry. **Postharvest Biology and Technology**, v.63, 2012. pg1-10

MUDAU, A.R.; ARAYA, H.T.; MUDUA, F.N. The quality of baby spinach as affected by developmental stage as well as postharvest storage conditions. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science**, 2018. pg-1-10

NOVO, M.C.S; PRELA-PANTANO, A.; DEUBER, R.; TORRES< R.B.; TRANI, P.E.; BRON, I.U. Caracterização morfológica e da coloração de folhas de couve do banco de germoplasma do Instituto Agrônomo de Campinas. 2011. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2011_1/couve/index.htm>.

OLIVEIRA, A; CASTRO, P. M.; AMARO, A. L.; SAIN, de J.; PINTADO, M. Optimization of Temperature, Relative Humidity and Storage Time before and after Packaging of Baby Spinach Leaf Using Response Surface Methodology. **Food and Bioprocess Technology**, v. 9, 2016. pg. 2070–2079

PARADISO, V. M. et al. Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. **Food & Function**, v.8, 2018. pg 5629–5640

PRIETO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric Quantitation of Antioxidant Capacity through the Formation of a Phosphomolybdenum Complex: Specific Application to the Determination of Vitamin E1. **Analytical Biochemistry, Bethesda**, v. 269, p. 337–341, 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A guide to carotenoid analysis in foods. Washington: **Internacional Life Sciences Institute Press**, 2001. p.64

RUFINO, M.S.M. et al. Bioactive compounds and antioxidante capacities of 18 no-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, 2010. p.996-1002

SOLOVCHENKO, A., YAHIA, E. M.; CHEN, C. Chapter 11 - Pigments. **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**, Woodhead Publishing:Reino Unido, 2019. pg. 252 - 252

XIAO, Z.; LESTER, G.E.; LUO, Y.; WANG, Q. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. **Journal Agriculture Food Chemical**, v. 60, 2012. pg 7644–7651

XIAO, Z.; LUO, Y.; LESTER, G. E.; KOU, L.; YANG, T.; WANG, Q. Postharvest quality and shelf life of radish microgreens as impacted by storage temperature, packaging film, and chlorine wash treatment. **LWT - Food Science and Technology**, v. 55, ed. 2, 2014. pg 551-558.

YAHIA, E. M.; GARCÍA-SOLÍS, P.; CELIS, M. E. M. Chapter 2 - Contribution of Fruits and Vegetables to Human Nutrition and Health. **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**, Woodhead Publishing:Reino Unido, 2019. pg. 19-45