**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Técnicas de conservação pós-colheita para cenoura roxa recém-introduzida
no Brasil**

Natalia Dallocca Berno

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora
em Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia
de Alimentos

**Piracicaba
2018**

Natalia Dallocca Berno
Bacharel em Ciências dos Alimentos

Técnicas de conservação pós-colheita para cenoura roxa recém-introduzida no Brasil

Orientadora:
Profa. Dra. **MARTA HELENA FILLET SPOTO**

Co-orientador:
Prof. Dr. **RICARDO ALFREDO KLUGE**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora
em Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia
de Alimentos

Piracicaba
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Berno, Natalia Dallocca

Técnicas de conservação pós-colheita para cenoura roxa recém-introduzida no Brasil / Natalia Dallocca Berno. - Piracicaba, 2018.

104p.

Tese (Doutorado) - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Daucus carota* L. 2. Refrigeração 3. Atmosfera modificada 4. Recobrimentos comestíveis 5. Compostos bioativos I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Nelson e Ana Lúcia,
por me incentivarem e apoiarem durante toda essa jornada

Ao meu marido, Gustavo,
com o qual divido minha vida

Ao nosso filho que, embora tão pequeno,
tem me dado forças para concluir essa importante etapa da vida

Dedico e ofereço essa conquista.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, sabedoria, bondade e por sempre iluminar meus passos.

A todos aqueles aos quais dediquei este trabalho, pelo constante incentivo, carinho paciência e compreensão.

Aos meus irmãos, Daniel e Carolina, pelas alegrias compartilhadas.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq-USP), escola grandiosa, meu quintal nos finais de semana durante a infância, e local de estudo e formação profissional.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pelo financiamento desse projeto (Processo número 2014/07779-6).

Ao PPG em Ciência e Tecnologia em Alimentos, pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

Ao Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição e ao Departamento de Ciências Biológicas, pela disponibilidade de espaço para a realização dos meus experimentos.

Ao Prof. Dr. Ricardo Alfredo Kluge, pela grande amizade, confiança e orientação durante todos esses anos.

À Profª Dra. Marta Helena Fillet Spoto, pela orientação deste projeto, amizade e apoio. Faço minhas as suas palavras: Foi uma grata surpresa!

À Profa. Dra. Giuseppina Pace de Lima e ao Prof. Eduardo Purgatto pela colaboração, apoio e amizade.

Aos Srs. Osaki Mishima e Luis Filipe Correa pelo suporte dado com a matéria prima para a elaboração deste projeto.

À empresa StePac (Johnson Matthey Group) e ao funcionário Yukio Kuroda Nabeshima pela solicitude e fornecimento das embalagens Xtend®.

À empresa AgroFresh, em especial ao grande amigo Felipe Terra, pelo fornecimento do SmartfreshSM utilizado nos experimentos.

A todos os integrantes do Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Pós-colheita e do Laboratório de Frutas e Hortaliças pela imensa ajuda em todas as etapas desse processo. Vocês foram fundamentais para que esse projeto pudesse sair do papel. Em especial às queridas “Cenourinhas”: Bruna Thomé Nastaro, Lorena Pierina Marcelino Cordeiro, Carolina

Scabello Prando, Juliana de Proença Vetucci e Kethlin Flora Curiel por terem me dado a honra de fazerem parte do meu projeto. Vocês são excepcionais.

Aos integrantes do Laboratório de Bioquímica Pós-colheita, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, SP, especialmente ao Igor Otávio Minatel, Cristine Vanz Borges, Marla Silvia Diamante e Aline Mendes Gouveia, pela gentileza, parceria, amizade e ajuda nas análises. Fui muito bem acolhida por todos.

Aos queridos pós-graduandos: Allan de Abreu Vieira, Ana Paula Preczenhak, Bruna Filippin, Bruna Isadora Trennepohl, Bruna Lorena Aguiar Carneiro, Bruna Orsi, Carlos Dornelles Ferreira Soares, Cristiane Calaboni, Juliana Tauffer de Paula, Jacqueline de Oliveira, Jaqueline Tezotto-Uliana, Magda Tessmer, Paula Porreli Moreira da Silva, Yane Caroline dos Anjos Bezerra, com os quais dividi cada batalha e cada conquista alcançada. Obrigada pela amizade sincera, companheirismo, força e os momentos de distração durante todo o percurso. As coisas se tornaram muito mais leves com vocês por perto. Não tenho palavras para agradecê-los. Os pitacos renderam muito, não é mesmo?

As amigas que ganhei pela APCAL, Anaíle dos Mares Biazotto, Débora Rosche Ferreira Planello e Mariana Chiarini Silveira, por serem muito mais que colegas de profissão; são companheiras para a vida!

Aos funcionários Fábio Benedito Rodrigues, Maria Solizete Granziol Silva, Regina Célia Cardoso Marafon, Francisco Carlos Antonioli e a Ana Paula Meneghetti, pela amizade, competência e auxílio.

A todos meus amigos da Esalq, em especial às amigas Nataly Maria Viva de Toledo e Ticyana Carone Banzato pela amizade, companheirismo, carinho e pelos diversos momentos de alegria durante todos esses anos.

Ao casal Melina Zanlorenzi Puglia e Danilo Costa Seabra, queridos amigos, que me acolheram tão bem em casa todas as vezes que precisei. E ao Paulinho Minduca, mesmo ainda tão pequeno, dividindo seu quarto! Vocês são indescritíveis.

As “Curuminhas”, cada uma na sua importância... distante... perto... grande... pequena... mas nunca ausente... Vocês me compreendem sem entender nada! Sem palavras para agradecer nossos momentos e conversas. Levo-as sempre comigo no coração!

A família “Tubarão”, que só tem crescido em amor, em amizade e em número! Gratidão por compartilharmos a vida!

Aos demais amigos e familiares por me fazerem lembrar que também há vida fora da universidade; pelos fins de semana descontraídos e divertidos, fundamentais para me trazer de volta à realidade.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente colaboraram na realização e desenvolvimento deste trabalho, que, outrora, deixei de citar.

Minha eterna gratidão e carinho!!!

EPÍGRAFE

*“Ouvi, filhos, a instrução do pai e estai atentos para conhecerdes o entendimento;
porque vos dou boa doutrina; não deixeis o meu ensino.*

*Quando eu era filho em companhia de meu pai, tenro e único diante de minha mãe,
então, ele me ensinava e me dizia: Retenha o teu coração as minhas palavras; guarda os meus mandamentos e vive;
adquire a sabedoria, adquiere o entendimento e não te esqueças das palavras da minha boca, nem delas te apartes.*

Não desampares a sabedoria, e ela te guardará; ama-a, e ela te protegerá.

O princípio da sabedoria é: Adquire a sabedoria; sim, com tudo o que possuis, adquiere o entendimento.

Estima-a, e ela te exaltará; se a abraçares, ela te honrará;

dará à tua cabeça um diadema de graça e uma coroa de glória te entregará.

Ouve, filho meu, e aceita as minhas palavras, e se te multiplicarão os anos de vida.

No caminho da sabedoria, te ensinei e pelas veredas da retidão te fiz andar.

Em andando por elas, não se embaraçarão os teus passos; se correres, não tropeçarás.

Retém a instrução e não a largues; guarda-a, porque ela é a tua vida.”

Provérbios 4: 1 -13

RESUMO

Técnicas de conservação pós-colheita para cenoura roxa recém-introduzida no Brasil

O cultivo da cenoura (*Daucus carota* L.) se dá em diversas regiões do mundo, com produção anual ultrapassando 35 milhões de toneladas. Cenouras roxas foram recentemente introduzidas no Brasil e tem disponibilidade restrita, devido ao plantio ainda em fase de expansão. Dessa forma, essa hortaliça é novidade tanto para consumidores quanto para produtores. As práticas pós-colheita ainda são pouco estudadas e requerem mais conhecimento para viabilizar o armazenamento e ter um produto com qualidade físico-química e nutricional. Assim, o objetivo do presente trabalho foi estudar diferentes tecnologias pós-colheita para cenoura roxa recém-introduzidas no Brasil. Primeiramente, foram estudadas diferentes condições de armazenamento e suas implicações na qualidade de cenouras roxas. Os resultados mostraram que as perdas estão diretamente relacionadas ao aumento da temperatura de armazenamento, ou seja, quanto maior a temperatura, maiores são as perdas qualitativas e quantitativas. A condição ambiente (25°C e 70% UR) proporciona aumentos dos processos metabólicos, provocando maiores perdas, na aparência e nos compostos bioativos presentes. Cenouras mantidas a 2°C apresentaram vida útil de 60 dias e mantiveram a qualidade físico-química e nutricional, com menores perdas dos compostos fenólicos e polifenóis e aumento de antocianinas, flavonóis e da capacidade antioxidante, sendo essa a temperatura mais indicada para o armazenamento de cenouras roxas. Após definida a temperatura de armazenamento, cenouras foram armazenadas em diferentes atmosferas modificadas geradas por diferentes embalagens de forma a identificar a que resulte em manutenção da qualidade de cenouras roxa no armazenamento. O uso de atmosfera modificada em cenouras roxas inibiu perdas por murchamento e resultou em maior manutenção da aparência e dos aspectos bioquímicos, além de prolongar a vida útil. Em cenouras não embaladas foi verificado alto índice de murchamento e de perda de massa, com durabilidade de apenas 15 dias, e menores concentrações de compostos bioativos. Concentrações de O₂ entre 11% e 12% e de CO₂ a 0,5% são indicadas para o armazenamento prolongado de cenouras roxas em embalagens de atmosfera modificada. Em seguida, foi avaliado o uso de diferentes concentrações de revestimentos a base de quitosana e cera de carnaúba, na conservação de cenouras roxas. O uso de recobrimentos comestíveis em cenoura roxa se mostrou eficiente como técnica pós-colheita para preservação da qualidade comercial. Recobrimento a base de quitosana a 3%, aliada a alta umidade relativa e a baixa temperatura durante o armazenamento, é mais eficiente na manutenção da qualidade de cenouras roxas e proporciona aumento da vida útil em 15 dias, em relação ao controle. Os resultados evidenciam a importância de conhecer a fisiologia pós-colheita e de aplicar as boas práticas, principalmente aquelas vinculadas à redução do metabolismo vegetal, como as tecnologias estudadas. Tais resultados poderão ser prontamente aplicados pelos produtores, a fim de prolongar a vida útil dessa hortaliça recém-chegada ao mercado brasileiro.

Palavras-chave: *Daucus carota* L.; Refrigeração; Atmosfera modificada; Recobrimentos comestíveis; Compostos bioativos

ABSTRACT

Postharvest conservation techniques for purple carrot newly introduced in Brazil

The cultivation of carrots (*Daucus carota* L.) occurs in several regions of the world, with annual production exceeding 35 million tons. Purple carrots have recently been introduced in Brazil and have restricted availability due to planting still in expansion. Thus, this vegetable is new for consumers and producers. Postharvest practices are still poorly studied and require more knowledge to enable storage and have a product with physical-chemical and nutritional quality. In this way, the objective of the present work was to study different postharvest technologies for carrot newly introduced in Brazil. First, different storage conditions and their implications on the quality of purple carrots were investigated. The data showed that the losses are directly related to the increase of the storage temperature, that is, the higher temperature induce greater qualitative and quantitative losses. Ambient conditions (25°C and 70% RH) provide increases in metabolic processes, causing greater losses in appearance and bioactive compounds present. Carrots storage at 2°C, besides having a longer shelf life (60 days), maintained the physical-chemical and nutritional quality, with lower losses of phenolic compounds and polyphenols and increase of anthocyanins, flavonols and antioxidant capacity. That way, this is the best temperature for storage of purple carrots. With the storage temperature defined, it was aimed to study different modified atmospheres packaging (MAP) and to identify the one that results in greater maintenance of quality of purple carrots in storage. The MAP in purple carrots inhibited wilting losses and resulted in greater maintenance of appearance and biochemical aspects, as well as prolonged shelf life. In unpackaged carrots, a high wilting index and a loss of fresh weight were observed, with a durability of only 15 days, and lower concentrations of bioactive compounds. Concentrations of O₂ between 11% and 12% and CO₂ at 0.5% are indicated for the prolonged storage of purple carrots in MAP. Then, the use of different concentrations of chitosan and carnauba wax coatings in the conservation of purple carrots was evaluated. The use of edible coatings in purple carrots is a efficient postharvest technique for the preservation of commercial quality. The coating of 3% chitosan, combined with high relative humidity and low temperature during storage, is more efficient to maintain the quality of purple carrots and increases shelf life by 15 days compared to uncoating carrots. The results showed the importance of knowing postharvest physiology and applying good practices, especially those related to the reduction of plant metabolism, such as the technologies studied. The results could be readily applied by the producers, for extending the shelf life of the newly introduced vegetable to the Brazilian market.

Keywords: *Daucus carota* L.; Refrigeration; Modified atmosphere packaging; Edible coating; Bioactive compounds

1. INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.) é classificada como Apiacea, sendo a hortalça mais importante dessa família (Sobrino-Illescas e Sobrino-Vesperinas, 1994; Davis e Raid, 2002; Vieira, 2008). Botanicamente, essa hortalça é classificada como raiz, com formato, tamanho e coloração dependentes da variedade (Sobrino-Illescas e Sobrino-Vesperinas, 1994).

A origem da cenoura provavelmente se deu no Afeganistão, sendo este também seu centro de diversidade genética (Sobrino-Illescas e Sobrino-Vesperinas, 1994; IPGRI, 1998; Davis e Raid, 2002). A Ásia e o oeste do Mediterrâneo são considerados os centros secundários de diversidade genética, de hibridização natural e domesticação (IPGRI, 1998; Davis e Raid, 2002; Iorizzo *et al.*, 2013).

As cenouras primitivas possuíam coloração roxa, devido à presença de antocianinas, e eram muito apreciadas. Em decorrência de mutações, surgiram as cenouras amarelas, com alto conteúdo de xantofilas, que ganharam popularidade (Sobrino-Illescas e Sobrino-Vesperinas, 1994; IPGRI, 1998; Davis e Raid, 2002). As cenouras alaranjadas, ricas em carotenoides, surgiram de cenouras amarelas, fruto de domesticação secundária, possivelmente no norte da Europa, mais precisamente na Holanda, provavelmente no século XVII (Sobrino-Illescas e Sobrino-Vesperinas, 1994; Davis e Raid, 2002; Iorizzo *et al.*, 2013), contudo, há relatos de seu cultivo antes do século XVI (Iorizzo *et al.*, 2013). O baixo período de armazenamento e qualidade inferior das cenouras roxas pode ter incentivado a mudança para outras variedades (IPGRI, 1998).

O cultivo de cenouras coloridas é reduzido e encontrado predominantemente nas regiões rurais da Ásia Central e Estados Unidos, sendo usado para uso industrial, na fabricação de sopas ou comidas coloridas (IPGRI, 1998; Davis e Raid, 2002). No Brasil, as cenouras coloridas foram introduzidas em 2014, após estudos de adaptação climática por empresas de sementes e, até o momento, cenouras roxas, amarelas, vermelhas, brancas e variações estão prontas para o plantio. Essas variedades podem ser cultivadas em todo o território nacional, levando em consideração as condições edafoclimáticas adequadas. Atualmente, a finalidade dessas cultivares coloridas é para fabricação de cenouras minimamente processadas e para a composição de pratos requintados, sendo consideradas produtos *gourmet*.

O cultivo da cenoura laranja é recorrente em diversas regiões do mundo. Segundo dados da Food Agriculture Organization (FAO, 2016), a produção mundial de cenoura e nabo é superior a 42 milhões de toneladas, ocupando uma área de aproximadamente 1,2 milhão de hectares, com crescimento de 14,5% nos últimos cinco anos. A China é o principal produtor com 45% do total produzido, seguido da Rússia com 5% e dos Estados Unidos com 4%.

O Brasil não consta nos dados coletados da FAO, entretanto, a cenoura laranja é muito importante para a economia nacional, sendo a 4ª hortaliça mais produzida no país, superada apenas pelo tomate, batata e cebola (Carvalho e Vieira, 2012). A produção nacional de cenoura é estimada em 757 mil toneladas, distribuída numa área de 26 mil hectares (Vilela, 2010). Além da importância econômica, o consumo domiciliar de cenoura é de 1,55 kg hab⁻¹ ano⁻¹, sendo a sexta hortaliça mais consumida no Brasil, representando 5,4% do total produzido no país (Pesquisa de Orçamento Familiar - POF, 2008).

Mesmo com produção elevada, a disponibilidade de cenoura para o consumidor é restringida pelas perdas pós-colheita. Segundo dados da FAO (2011), as perdas na produção de frutas e hortaliças na América Latina é superior a 50%, e as etapas de pós-colheita e processamento são responsáveis por mais de 20% desse total. O descarte de cenoura logo após a colheita é decorrente de defeitos físicos ou estéticos (FAO, 2011). Durante a comercialização, danos mecânicos, desordens fisiológicas, incidência de patógenos, defeitos no formato, murchamento e brotamento são as principais causas do descarte (Lana *et al.*, 2002; Almeida *et al.*, 2012). Para evitar tal cenário é preciso adotar medidas de controle ainda dentro das propriedades produtoras, utilizando técnicas pós-colheita adequadas, programas de conscientização, melhoria das instalações de armazenamento e cadeia de frio (Chitarra e Chitarra, 2005).

As primeiras tecnologias empregadas visando a conservação de produtos *in natura* são a aplicação de temperaturas reduzidas e o uso de embalagens, ambas de fácil utilização. Entretanto, outras técnicas também são estudadas, como o uso de recobrimento comestível e de bloqueadores da ação do etileno. Essas tecnologias auxiliam a conservação dos vegetais, uma vez que contribuem para a redução do metabolismo, da incidência de patógenos, murchamento, quebra e mudanças na coloração (Kader, 2002; Chitarra e Chitarra, 2005).

Devido ao recém ingresso da cenoura roxa no mercado brasileiro, ou seja, uma variedade nova sem estudos, é importante conhecer seu desempenho durante a etapa pós-colheita, juntamente com as tecnologias aplicadas antes da comercialização. Os conhecimentos gerados auxiliarão na manutenção da qualidade de cenoura roxa, o que possibilitará oferecer produtos em boas condições aos futuros consumidores, reduzindo as possíveis perdas. Da mesma forma, para determinar os melhores métodos de conservação, é necessário avaliar e estabelecer suas características intrínsecas. Essa caracterização auxiliará na identificação dos atributos de qualidade da cenoura, além de caracterizar seus nutrientes e componentes biologicamente ativos.

Dessa forma, será gerado importante conhecimento sobre esta peculiar cultivar, recentemente implantada no Brasil, bem como contribuir com o cenário internacional, no qual há poucos estudos sobre o uso de tecnologias pós-colheitas empregadas às cenouras.

Com base no exposto anteriormente, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar analisar técnicas de conservação pós-colheita para cenoura roxa recém-introduzidas no Brasil, e verificar seu impacto sobre a fisiologia e bioquímica da hortaliça, a fim de prolongar a vida útil com a menor interferência possível nos seus atributos de qualidade.

Referências

- ALMEIDA, E. I. B. et al. Levantamento de perdas em hortaliças frescas na rede varejista de Areia (PB). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 2, n. 1, p. 52, 2012.
- CARVALHO, A. D. F.; VIEIRA, J. V. **Cultivares de cenoura com características de qualidade para a produção de Baby Carrots**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 52. Salvador: Associação Brasileira de Hortaliças 2012.
- CHITARRA, M. F. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. revisada e ampliada**. 2 rev. e ampl. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 785p.
- DAVIS, R. M.; RAID, R. N. **Compendium of umbelliferous crop diseases**. Saint Paul: American Phytopathological Society (APS Press), 2002. 75p.
- FAO, Food and Agriculture Organization. **Global food losses and food waste**. Rome: FAO, 2011. 29p.
- FAO, Food and Agriculture Organization. **FAOSTAT Database on Agriculture**. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations 2016.
- IORIZZO, M. et al. Genetic structure and domestication of carrot (*Daucus carota* subsp. *sativus*)(Apiaceae). **American journal of botany**, v. 100, n. 5, p. 930-938, 2013.
- IPGRI, International Plant Genetic Resources Institute. **Descriptors for Wild and Cultivated Carrots (*Daucus carota* L.)**. Roma, Italy: Bioversity International, 1998. 65p.

KADER, A. A. **Postharvest technology for horticultural crops**. UCANR Publications, 2002. 535p.

LANA, M. M. et al. Identificação das causas de perdas pós-colheita de cenoura no varejo, Brasília-DF. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 241-245, 2002.

POF, Pesquisa de Orçamentos Familiares. **Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008–2009: Despesas, rendimentos e condições de vida**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2008.

SOBRINO-ILLESCAS, E.; SOBRINO-VESPERINAS, E. **Tratado de Horticultura Herbácea. III Hortalizas hojas, de raíz y hongos**. Barcelona (Espana): Editora Aedos, 1994. 313 p.

VIEIRA, J. V. **Importância econômica**. Cenoura (*Daucus carota*). VIEIRA, J. V.;PESSOA, H. B. S. V., et al. Brasília: Embrapa Hortaliças. 5, 2008.

VILELA, N. J. **Produção de principais hortaliças no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças 2010.

2. BAIXA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA ELEVADA REDUZEM SIGNIFICATIVAMENTE AS PERDAS EM CENOURAS ROXAS

Resumo

O objetivo desse trabalho foi avaliar diferentes condições de armazenamento e suas implicações na qualidade de cenouras roxas, a fim de prolongar sua vida útil. Cenouras roxas foram armazenadas a 2, 8 e 14°C, sob 95-100% UR, e 25°C com 70% UR (condição ambiente, controle), durante 60 dias. Foram avaliados o índice de murchamento, perda de massa fresca, teor de sólidos solúveis, taxa respiratória, coloração (LCh), compostos fenólicos totais, antocianinas, flavonóis totais, capacidade antioxidante e perfil de polifenóis. Os resultados mostraram que a condição ambiente proporciona aumentos dos processos metabólicos, evidenciados pela elevada taxa respiratória, o que provocam maiores perdas, tanto na aparência (índice de murchamento e perda de massa fresca), quanto nos compostos bioativos (compostos fenólicos, antocianinas, flavonóis e perfil de polifenóis). As perdas são diretamente relacionadas ao aumento da temperatura de armazenamento, ou seja, quanto maior a temperatura, maiores são as perdas qualitativas e quantitativas. Cenouras mantidas a 2°C apresentaram vida útil de 60 dias e mantiveram a qualidade físico-química e nutricional, com menores perdas dos compostos fenólicos e polifenóis e aumento de antocianinas, flavonóis e da capacidade antioxidante, sendo essa a temperatura mais indicada para o armazenamento de cenouras roxas. Os resultados desse estudo evidenciam a importância de conhecer a fisiologia pós-colheita e de aplicar as boas práticas, principalmente aquelas vinculadas à redução do metabolismo vegetal, como o armazenamento em condições adequadas de temperatura e umidade relativa. Tais resultados poderão ser prontamente aplicados pelos produtores, a fim de armazenar a produção dessa hortaliça recém-chegada ao mercado brasileiro e que possui período de colheita reduzido.

Palavras-chave: *Daucus carota* L.; Refrigeração; Murchamento; Compostos bioativos; Qualidade

Abstract

Low temperature and high relative humidity reduce significantly losses in purple carrots

The objective of this work was to evaluate different storage conditions and their implications on the quality of purple carrots, for prolonging their shelf life. Purple carrots were stored at 2, 8, 14°C, 95-100% RH, and 25°C and 70% RH (ambient condition, used as control) for 60 days. Wilting index, fresh weight loss, soluble solids content, respiratory rate, color (LCh), total phenolic compounds, anthocyanins, total flavonoids, antioxidant capacity and polyphenols profile were evaluated. The results showed that the ambient condition provides the highest metabolism, evidenced by the higher respiratory rate, resulting to higher losses in appearance (wilting index and loss of fresh mass) and bioactive compounds (phenolic compounds, anthocyanins, flavonols, polyphenols). The losses are directly related to increase of storage conditions, that is, the higher the temperature the greater the qualitative and quantitative losses. Carrots stored at 2°C had the longest shelf life (60 days), maintained the physical-chemical and nutritional quality, with lower losses in phenolic compounds and polyphenols and increase of anthocyanins, flavonols and antioxidant capacity. Thus, this is the best temperature for storage of purple carrots. The results of this study show the importance of knowing postharvest physiology and applying good practices, especially those related to the reduction of plant metabolism, such as storage at adequate conditions. Our results can be readily applied by the producers, in order to store the

production of this vegetable just arrived at the Brazilian market and that has reduced harvesting period.

Keywords: *Daucus carota* L.; Refrigeration; Wilting; Bioactive compounds; Quality

2.1. Introdução

A cenoura é uma hortaliça largamente consumida e produzida em todo o mundo. Atualmente, produtores buscam diversificar a produção de cenouras com a introdução de variedade coloridas, a fim de alcançar novos consumidores e o mercado *gourmet*. No Brasil, cenouras roxas vêm sendo introduzidas, com essa finalidade, em cultivo de larga escala. Entretanto, conhece-se pouco sobre suas características pós-colheita e as implicações que as técnicas de conservação terão sobre a qualidade dessa hortaliça. Ademais, sua safra não é constante como a da cenoura laranja, que possui produção durante o ano todo. Devido ao mercado mais específico, precisa necessariamente ser armazenada para escalonar a comercialização.

A cenoura roxa é muito rica nutricionalmente: possui altas quantidades de compostos fenólicos, como as antocianinas e o ácido clorogênico, com elevada capacidade antioxidante, os quais atuam protegendo o organismo de doenças degenerativas, incluindo vários tipos de câncer, diabetes *mellitus*, estresse cardiovascular e oxidativo. Essa variedade tem sido amplamente estudada devido ao alto conteúdo desses compostos e os seus benefícios diretos na saúde, podendo ser matéria prima de indústrias alimentícias e farmacológicas (Arscott e Tanumihardjo, 2010; Akhtar *et al.*, 2017). Além disso, as cenouras roxas possuem doçura e crocância superior e menor sabor amargo que a variedade laranja (Alasalvar *et al.*, 2001; Surles *et al.*, 2004), fatores que podem embasar o aumento do seu consumo.

A qualidade da cenoura pode ser afetada pelo armazenamento inadequado e, em se tratando de cenouras roxas, a durabilidade pós-colheita pode ser menor que as de coloração alaranjada (Ipgri, 1998). Assim, são necessários estudos que apontem as melhores tecnologias a serem empregadas nesse produto, a fim de reduzir as perdas e prolongar a vida útil.

A temperatura de armazenamento é um fator determinante para a qualidade dos produtos hortícolas, devido a sua influência nos processos fisiológicos e bioquímicos, sendo

a refrigeração o primeiro recurso utilizado para prolongar a vida útil de um produto. Seu uso reduz a respiração, os processos metabólicos e, conseqüentemente, a senescência dos vegetais (Nilsson, 2000; Chitarra e Chitarra, 2005).

Por ser uma hortaliça de baixa atividade respiratória, a cenoura é considerada de baixa perecibilidade. Há indicações para que o armazenamento de cenoura laranja seja feito entre 0 e 4°C, com 93-100% UR, com durabilidade de 6 a 8 meses (Cantwell, 2002; Chitarra e Chitarra, 2005). Acredita-se que o armazenamento de cenouras de outras colorações também deva ser realizado nessas condições, entretanto, não há estudos com cenouras roxas que possam confirmar a durabilidade da qualidade físico-química e da manutenção dos compostos bioativos. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar diferentes condições de armazenamento e suas implicações na qualidade de cenouras roxas, buscando prolongar sua vida útil.

2.2. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos é possível afirmar que a condição de 2°C e 95-100% de UR é a mais efetiva na manutenção da qualidade de cenouras roxas, proporcionando uma vida útil de 60 dias. Além disso, nessa temperatura, as cenouras tiveram seus processos metabólicos retardados e, conseqüentemente, os compostos bioativos foram preservados por mais tempo. Essa é, portanto, a temperatura de armazenamento mais indicada para a conservação de cenouras roxas. Os resultados desse estudo evidenciam a importância de conhecer a fisiologia pós-colheita e aplicar as boas práticas, principalmente as vinculadas à desaceleração do metabolismo vegetal, como o armazenamento em temperaturas adequadas. Tais resultados poderão ser prontamente aplicados pelos produtores, a fim de armazenar a produção dessa hortaliça recém-chegada ao mercado brasileiro e que possui período de colheita reduzido.

Referências

AKHTAR, S. et al. Black carrot (*Daucus carota* L.), dietary and health promoting perspectives of its polyphenols: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 66, p. 36-47, 2017.

ALASALVAR, C. et al. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. **Food Chemistry**, v. 89, n. 1, p. 69-76, 2005.

_____. Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 3, p. 1410-1416, Mar 2001. ISSN 0021-8561.

AOAC, Association of Official Agricultural Chemists. **The Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18th. **Washington**: AOAC International, 2010. 2500 p.

ARSCOTT, S. A.; TANUMIHARDJO, S. A. Carrots of Many Colors Provide Basic Nutrition and Bioavailable Phytochemicals Acting as a Functional Food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, n. 2, p. 223-239, 2010.

BENTZ, A. B. A review of quercetin: chemistry, antioxidant properties, and bioavailability. **The Journal of Young Investigators: Appalachian State University**, 2009. Disponível em: < <https://www.jyi.org/2009-april/2017/10/15/a-review-of-quercetin-chemistry-antioxidant-properties-and-bioavailability> >. Acesso em: 05 ago 2018.

BERNO, N. D. et al. Storage temperature and type of cut affect the biochemical and physiological characteristics of fresh-cut purple onions. **Postharvest Biology and Technology**, v. 93, n. 0, p. 91-96, 2014.

CALVETE, E. O. et al. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 396-401, 2008.

CANTWELL, M. I. Resumen de las condiciones recomendadas para el manejo de frutas y hortalizas frescas. In: KADER, A. A. (Ed.). **Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas 3**. Davis, CA: University of California, 2002. cap. Apéndice, p. 571-580.

CARIDI, D. et al. Profiling and quantifying quercetin glucosides in onion (*Allium cepa* L.) varieties using capillary zone electrophoresis and high performance liquid chromatography. **Food Chemistry**, v. 105, n. 2, p. 691-699, 2007.

CARON, V. C.; JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A. Conservação de cenouras 'Brasília' tratadas com cera. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 597-600, 2003.

CHITARRA, M. F. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. revisada e ampliada**. 2 rev. e ampl. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 785 p.

EHLENFELDT, M. K.; PRIOR, R. L. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolic and anthocyanin concentrations in fruit and leaf tissues of highbus blueberry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 5, p. 2222-2227, 2001.

GARCÍA, A.; PACHECO-DELAHAYE, E. Efecto de la temperatura sobre la calidad postcosecha del apio criollo. **Agronomía Tropical**, v. 57, p. 323-330, 2007.

GOULD, K. S.; LISTER, C. Flavonoid functions in plants. In: ANDRESEN, Ø. M. e MARKHAM, K. R. (Ed.). **Flavonoids: chemistry, biochemistry and applications**. Florida: CRC Press / Taylor & Francis Group, 2006. cap. 8, p.397-441.

GRAS, C. C.; CARLE, R.; SCHWEIGGERT, R. M. Determination of anthocyanins from black carrots by UHPLC-PDA after ultrasound-assisted extraction. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 44, p. 170-177, 2015.

GUASSI, S. A. D. **Pós-colheita e potencial antioxidante de alfaces 'Piraroxa' e 'Vanda'**. 2012. 83 p. (Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GUZMAN, R.; SANTIAGO, C.; SANCHEZ, M. A density functional study of antioxidant properties on anthocyanidins. **Journal of Molecular Structure**, v. 935, n. 1-3, p. 110-114, 2009.

IPGRI, International Plant Genetic Resources Institute. **Descriptors for Wild and Cultivated Carrots: (*Daucus carota* L.)**. Roma, Italy: Bioversity International, 1998. 65 p.

IQBAL, T. et al. Mathematical modeling of the influence of temperature and gas composition on the respiration rate of shredded carrots. **Journal of Food Engineering**, v. 91, n. 2, p. 325-332, 2009.

KAMMERER, D.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. Characterization of phenolic acids in black carrots (*Daucus carota* ssp sativus var. atrorubens Alef.) by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, v. 18, n. 12, p. 1331-1340, 2004.

KOCA, N.; KARADENIZ, F. Changes of bioactive compounds and anti-oxidant activity during cold storage of carrots. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, n. 11, p. 2019-2025, 2008.

LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

LEWIS, C. E.; WALKER, J. R. L.; LANCASTER, J. E. Changes in anthocyanin, flavonoid and phenolic acid concentrations during development and storage of coloured potato (*Solanum tuberosum* L) tubers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, n. 2, p. 311-316, 1999.

MINOLTA, C. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Osaka, Japan: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994. 49 p.

MIZGIER, P. et al. Characterization of phenolic compounds and antioxidant and anti-inflammatory properties of red cabbage and purple carrot extracts. **Journal of Functional Foods**, v. 21, p. 133-146, 2016.

NATIVIDADE, M. M. P. et al. Simultaneous analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for HPLC: Method validation and characterization of São Francisco Valley samples. **Microchemical Journal**, v. 110, p. 665-674, 2013.

NICOLLE, C. et al. Genetic variability influences carotenoid, vitamin, phenolic, and mineral content in white, yellow, purple, orange, and dark-orange carrot cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 129, n. 4, p. 523-529, 2004.

NILSSON, T. Postharvest handling and storage of vegetables. In: SHEWFELT, R. L. e BRÜCKNER, B. (Ed.). **Fruit and vegetable quality: an integrated view**. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, 2000. cap. 6, p.96-122.

RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

SELJASEN, R. et al. Quality of carrots as affected by pre- and postharvest factors and processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 11, p. 2611-2626, 2013.

SINGH, D. P. et al. Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*). **Food Chemistry**, v. 132, n. 3, p. 1161-1170, 2012.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

STINTZING, F. C. et al. Color and Antioxidant Properties of Cyanidin-Based Anthocyanin Pigments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 21, p. 6172-6181, 2002.

SUN, T.; SIMON, P. W.; TANUMIHARDJO, S. A. Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucus carota* L.) of various colors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 10, p. 4142-4147, 2009.

SURLES, R. L. et al. Carotenoid profiles and consumer sensory evaluation of specialty carrots (*Daucus carota*, L.) of various colors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 11, p. 3417-3421, 2004.

SVANBERG, S. J. M. et al. Effects of boiling and storage on dietary fibre and digestible carbohydrates in various cultivars of carrots. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 73, n. 2, p. 245-254, 1997.

TEZOTTO-ULIANA, J. V. et al. Gamma radiation: An efficient technology to conserve the quality of fresh raspberries. **Scientia Horticulturae**, v. 164, p. 348-352, 2013.

3. ATMOSFERA MODIFICADA PROLONGA A QUALIDADE COMERCIAL E NUTRICIONAL DE CENOURA ROXA

Resumo

O objetivo foi avaliar atmosferas modificadas geradas por diferentes embalagens e identificar a que resulte em maior manutenção da qualidade de cenouras roxas durante o período de armazenamento com UR abaixo da ideal. Cenouras roxas 'Deep Purple', foram submetidas a quatro diferentes embalagens: 1) Controle, bandeja de poliestireno expandido com rede extrusada de polietileno (embalagem aberta); 2) CPL, copolímeros laminados (Xtend®, código 815-LE47); 3) PEBD, Polietileno de baixa densidade (espessura de 60 µm); 4) P-PEBD, Polietileno de baixa densidade (espessura de 60 µm) perfurada no centro de cada face (340µm de diâmetro). O armazenamento foi realizado a 2°C e 80-85% UR, durante 120 dias, com análises no dia da montagem (dia 0) e a cada 15 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 9 (tratamentos x período de análises). Foram utilizadas três repetições por tratamento para as análises de cor, sólidos solúveis, compostos fenólicos totais, antocianinas, flavonóis totais, capacidade antioxidante, polifenóis, e quatro repetições para perda de massa, concentração gasosa (O₂ e CO₂), taxa respiratória e análises visuais (índice de murchamento, índice de brotamento e índice de podridão). O uso de atmosfera modificada em cenouras roxas inibiu perdas por murchamento e resultou em manutenção da aparência e dos aspectos bioquímicos, além de prolongar a vida útil. A embalagem CPL proporcionou uma atmosfera modificada com 12,4% de O₂ e 1,0% de CO₂, a PEBD com 0,7% de O₂ e 1,1% de CO₂ e a P-PEBD com 11,4% de O₂ e 0,5% de CO₂, em média. Em cenouras controle foi verificado alto índice de murchamento e de perda de massa, com durabilidade de apenas 15 dias, e menores concentrações de compostos bioativos. Cenouras em CPL mantiveram boa aparência perdurando até 120 dias, mas a taxa respiratória maior contribuiu para as menores concentrações de compostos bioativos. PEBD causou esgotamento do O₂ e aumento em CO₂, favorecendo a podridão, o aumento da taxa respiratória e perda de componentes bioativos. P-PEBD atingiu 120 dias de armazenamento, com boa aparência, mas com intensificação de brotamento ao final, taxa respiratória reduzida e maior conteúdo dos compostos bioativos, bem como maior capacidade antioxidante. A atmosfera modificada gerada pelas embalagens CPL e P-PEBD proporcionou maior manutenção dos aspectos visuais da cenoura roxa, ampliando a vida útil até 120 dias. A atmosfera proporcionada pela P-PEBD resultou em maior manutenção dos compostos bioativos encontrados na cenoura roxa. Dessa forma, concentrações de O₂ entre 11% e 12% e de CO₂ a 0,5% são indicadas para o armazenamento prolongado de cenouras roxas em embalagens de atmosfera modificada.

Palavras-chave: *Daucus carota* L.; Composição gasosa; Qualidade; Compostos bioativos

Abstract

MAP extends commercial quality of purple carrot

The objective was to evaluate different atmospheres generated by different packages and to identify the one that results in greater maintenance of the quality of purple carrots in the storage with RH below of the ideal. Carrots 'Deep Purple' were submitted to four different packages: 1) Control, expanded polystyrene and extruded polyethylene net (open packaging); 2) CPL, laminated copolymers (Xtend®, code 815-LE47); 3) LDPE, Low density polyethylene (thickness 60 µm); 4) P-LDPE, Low density polyethylene (thickness 60 µm) perforated in the

center of each side (340µm in diameter). Storage was carried out at 2°C and 80-85% RH for 120 days, with analysis on day of installation (day 0) and every 15 days. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme 4 x 9 (treatments x days of analysis). Three replicates per treatment were used for color, soluble solids, total phenolic compounds, anthocyanins, total flavonols, antioxidant capacity, polyphenols, and four replicates for fresh weight loss, gas concentration (O₂ and CO₂), respiratory rate and visual analysis (wilting index, budding index and rot index). The use of modified atmosphere in purple carrots inhibited fresh weight losses and resulted in greater maintenance of appearance and biochemical aspects, as well as prolonged shelf life. The CPL package provided a modified atmosphere with 12.4% O₂ and 1.0% CO₂, LDPE with 0.7% O₂ and 1.1% CO₂, and P-LDPE with 11.4% O₂ and 0.5% CO₂, on average. In control carrots was verified high wilting index and fresh weight loss, with durability of only 15 days, and lower concentrations of bioactive compounds. Carrots in CPL maintained good appearance lasting up to 120 days, but the higher respiratory rate contributed to the lower concentrations of bioactive compounds. LDPE caused O₂ depletion and increased CO₂, favoring rot, increased respiratory rate and loss of bioactive components. P-LDPE reached 120 days of storage, with good appearance, but with intensification of budding at the end, reduced respiratory rate and higher content of bioactive compounds, as well as higher antioxidant capacity. The modified atmosphere generated by the CPL and P-LDPE packages provided greater maintenance of the visual aspects of the purple carrot, extending the shelf life up to 120 days. The atmosphere provided by P-LDPE resulted in greater maintenance of the bioactive compounds found in the purple carrot. Thus, concentrations of O₂ between 11% and 12% and CO₂ at 0.5% are indicated for the prolonged storage of purple carrots in modified atmosphere packages.

Keywords: *Daucus carota* L.; Gaseous composition; Quality; Bioactive compounds

3.1. Introdução

Cenouras são consideradas hortaliças de baixa perecibilidade, devido à atividade respiratória reduzida. Entretanto, são altamente susceptíveis a perda de peso decorrentes da baixa umidade relativa (Seljasen *et al.*, 2013). Por isso, recomenda-se que essa raiz seja armazenada entre 0 e 4°C, com 93-100% UR (Suslow *et al.*, 2002; Chitarra e Chitarra, 2005). A manutenção da umidade relativa elevada durante o armazenamento tem se mostrado como um grande entrave para os produtores do setor. Muitos argumentam ser difícil encontrar equipamentos eficazes na correta nebulização do ambiente, sem que haja precipitação de umidade na superfície das cenouras. Em muitos casos, essa precipitação superficial favorece o desenvolvimento de patógenos mais rapidamente, e acarreta em grandes perdas econômicas, quando o armazenamento é feito por longos períodos. Umidade superficial associada à temperatura do ambiente, taxa de resfriamento e infecção preexistente, são fatores importantes para o aparecimento de podridões no armazenamento de cenouras (Mcdonald e Boland, 2004).

Cenouras roxas são novas no mercado e há poucos estudos sobre uso tecnologias pós-colheita. Em outros estudos realizados pela equipe, a perda de massa fresca em cenouras roxas armazenadas por sete dias em condição ambiente (25°C e 70% UR) chegou a 15%. Quando submetidas a temperaturas de 2°C, o tempo para que essa mesma perda de massa fresca ocorra se estende até 60 dias, quando não se tornam mais aptas para a comercialização, devido ao murchamento intenso que prevalece nas raízes (Capítulo 2). Tais fatos evidenciam o que foi relatado anteriormente, sobre a menor durabilidade de cenouras roxas comparadas às alaranjadas (IPGRI, 1998), as quais podem durar até 60% a menos em condições ideais de armazenamento.

As tecnologias utilizadas na pós-colheita visam diretamente à redução das perdas, além da manutenção da qualidade dos produtos por mais tempo. O uso de atmosfera modificadas utilizando embalagens pode auxiliar na redução das perdas por murchamento, por manter a umidade relativa alta ao redor do produto, sem requerer uma umidade relativa do ambiente elevada. Os benefícios da atmosfera modificada também consistem em reduzir o metabolismo e atrasar o amadurecimento e a senescência dos vegetais, bem como controlar o desenvolvimento de microrganismos e a podridão dos tecidos. Essa tecnologia tem sido amplamente estudada para aumentar a vida útil de produtos hortícolas, devido ao grande interesse comercial do seu desenvolvimento e implantação durante o transporte, armazenamento e comercialização (Chitarra e Chitarra, 2005; Floros e Matsos, 2005; Yahia, 2009). A embalagem ideal para esse sistema é a que possibilita redução de O₂, mas que o mantenha acima do limite mínimo, e gere acúmulo de CO₂, mas em níveis mais baixos que os necessários para causar distúrbios fisiológicos. A concentração ideal depende do tipo de produto, estágio de desenvolvimento, idade fisiológica, entre outros (Fonseca *et al.*, 2002; Chitarra e Chitarra, 2005). Não há um consenso na literatura sobre as concentrações ideais desses gases para o armazenamento de cenouras (Thompson, 2010). Entretanto, sabe-se que concentrações de CO₂ acima de 5% aumentam a deterioração e as concentrações de O₂ abaixo de 3% não são bem toleradas e geralmente resultam em aumento da podridão bacteriana (Suslow *et al.*, 2002). Assim, para que a atmosfera modificada seja utilizada corretamente, é preciso conhecer a fisiologia, a biologia e os aspectos econômicos que envolvem o produto a ser usado, bem como estudar o efeito dessa tecnologia na qualidade dos vegetais (Yahia, 2009). Para cenouras roxas, os estudos são escassos.

Com esse cenário, buscou-se encontrar uma alternativa que aliasse a redução da transpiração e do murchamento, à manutenção da qualidade comercial, com aumento da

vida útil. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes atmosferas modificadas geradas por diferentes embalagens e identificar a que resulte em maior manutenção da qualidade de cenouras roxa no armazenamento com UR abaixo da ideal. O presente estudo pode contribuir para o aumento do conhecimento sobre essa variedade tão pouco explorada, além de fornecer informações sobre a manutenção da qualidade da cenoura roxa, evitando perdas, inclusive as nutricionais, durante sua cadeia produtiva e garantindo que o produto chegue ao consumidor em perfeitas condições de consumo.

3.2. Conclusão

A atmosfera modificada gerada pelas embalagens CPL e P-PEBD proporcionou maior manutenção dos aspectos de qualidade da cenoura roxa, ampliando a vida útil em até 120 dias. A atmosfera proporcionada pela P-PEBD resultou também em maior manutenção dos compostos bioativos encontrados na cenoura roxa. Dessa forma, concentrações de O₂ entre 11% e 12% e de CO₂ a 0,5% são indicadas para o armazenamento prolongado de cenouras roxas em embalagens de atmosfera modificada.

Referências

- AOAC, Association of Official Agricultural Chemists. **The Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18th. **Washington**: AOAC International, 2010. 2500 p.
- AYUB, R. A.; GIOPPPO, M.; REGHIN, M. Y. Evaluation of the use of plastic film of polyvinyl chloride (PVC) in the storage of carrots. **Semina-Ciencias Agrarias**, v. 31, n. 4, p. 959-966, 2010.
- CARON, V. C.; JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A. Conservação de cenouras 'Brasília' tratadas com cera. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 597-600, 2003. >.
- CHITARRA, M. F. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. revisada e ampliada**. 2 rev. e ampl. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 785 p.
- EDELENBOS, M. How do alternative storage methods affect the storage potential of carrots? In: HERPPICH, W. B. (Ed.). **III International Conference Postharvest Unlimited 2008**, v.858, 2010. p.287-294. (Acta Horticulturae).
- FLOROS, J. D.; MATSOS, K. I. Introduction to modified atmosphere packaging. In: HAN, J. H. (Ed.). **Innovations in Food Packaging**. London: Academic Press, 2005. cap. 10, p.159-172.
- FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; BRECHT, J. K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 52, n. 2, p. 99-119, 2002.

GAJEWSKI, M.; SZYMCAK, P.; RADZANOWSKA, J. Sensory quality of orange, purple and yellow carrots stored under controlled atmosphere. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 38, n. 3, p. 169-176, 2010.

IPGRI, International Plant Genetic Resources Institute. **Descriptors for Wild and Cultivated Carrots: (*Daucus Carota* L.)**. Roma, Italy: Bioversity International, 1998. 65 p.

LANA, M. M. et al. Identificação das causas de perdas pós-colheita de cenoura no varejo, Brasília-DF. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 241-245, 2002.

LARSEN, H.; WOLD, A. B. Effect of modified atmosphere packaging on sensory quality, chemical parameters and shelf life of carrot roots (*Daucus carota* L.) stored at chilled and abusive temperatures. **Postharvest Biology and Technology**, v. 114, p. 76-85, 2016.

LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

LEPSE, L. et al. Influence of controlled atmosphere on the carrot storage quality. **Eurasian Symposium on Vegetables and Greens**, v. 1033, 2014.

MANGARAJ, S.; GOSWAMI, T. K.; MAHAJAN, P. V. Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: a review. **Food Engineering Reviews**, v. 1, n. 2, p. 133-158, 2009.

MCDONALD, M. R.; BOLAND, G. J. Forecasting diseases caused by *Sclerotinia* spp. in eastern Canada: fact or fiction? **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 26, n. 4, p. 480-488, 2004.

NATIVIDADE, M. M. P. et al. Simultaneous analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for HPLC: Method validation and characterization of São Francisco Valley samples. **Microchemical Journal**, v. 110, p. 665-674, 2013.

OLIVEIRA, V. et al. Packaging carrots cv. Brasília with pvc film. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 6, p. 1321-1329, 2001.

OPOKU, A.; MEDA, V.; WAHAB, J. **Effects of storage methods on quality characteristics of carrots grown under organic and conventional management**. CSBE/SCGAB 2009 Annual Conference. Prince Edward Island The Canadian Society for Bioengineering: 1-16 p. 2009.

RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

SELJASEN, R. et al. Quality of carrots as affected by pre- and postharvest factors and processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 11, p. 2611-2626, 2013.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965

SUSLOW, T.; MITCHELL, J.; CANTWELL, M. Carrot: recommendations for maintaining postharvest quality. 2002. Disponível em: <
http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Vegetables_English/?uid=9&ds=799>. Acesso em: 06 ago. 2018.

THOMPSON, A. K. **Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables**. 2nd. London: CAB International, 2010.

YAHIA, E. M. Introduction. In: YAHIA, E. M. (Ed.). **Modified and controlled atmospheres for the storage, transportation, and packaging of horticultural commodities**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2009. cap. 1, p.1 -16.

4. RECOBRIMENTO COMESTÍVEL NA CONSERVAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E QUALIDADE COMERCIAL DE CENOURA ROXA

Resumo

O objetivo foi avaliar o uso de diferentes concentrações de revestimentos a base de quitosana e cera de carnaúba, na conservação de cenouras roxas. Cenouras roxas 'Deep Purple' foram submetidas a seis tratamentos: quitosana a 1%, 3% e 5% (Q1, Q3 e Q5, respectivamente); cera de carnaúba 0,5%, 1% (CC0,5 e CC1, respectivamente) e tratamento controle, sem recobrimento. Após a aplicação, cenouras foram armazenadas a 2°C, sob 95-100% UR, por 90 dias, sendo avaliadas no dia da aplicação (dia 0) e aos 7, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias. Para os polifenóis, as análises ocorreram nos dias 0, 15 e no último dia de cada tratamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 7x8 (tratamentos x período de análises), com 5 repetições para as análises de aparência, perda de massa fresca, índice de murchamento, coloração e taxa respiratória; e 3 repetições para as análises de sólidos solúveis, compostos fenólicos totais, antocianinas, flavonóis totais e capacidade antioxidante e 7x3 (tratamento x período de análises), com 3 repetições para os polifenóis. Sintomas de murchamento foram observados primeiramente nas cenouras com CC1, seguido de Q1, controle, CC0,5, Q5 e Q3, tendo esse último também apresentado maior manutenção da turgescência e menor perda de massa durante o armazenamento. Cenouras tratadas com Q3 exibiram a menor taxa respiratória, enquanto que cenouras com CC1 mostraram a maior taxa. O teor de sólidos solúveis demonstrou pouca variação (<1%) ao longo do armazenamento, independente do tratamento aplicado. O conteúdo de compostos fenólicos totais, antocianinas e flavonóis oscilaram ao longo do armazenamento para todos os tratamentos. Houve redução da capacidade antioxidante apenas para as cenouras controle, enquanto que para cenouras com recobrimento, independente da matéria-prima base e da concentração, foi verificado aumento na capacidade com o decorrer do armazenamento. Cenouras com Q1, CC0,5 e CC1 apresentaram os maiores valores médios de polifenóis, enquanto que nas cenouras controle e naquelas recobertas com Q3 e Q5, foram observados menores valores. O uso de recobrimentos comestíveis em cenoura roxa se mostra eficiente como técnica pós-colheita para preservação da qualidade comercial. Recobrimento a base de quitosana a 3%, aliada a alta umidade relativa e a baixa temperatura durante o armazenamento, é mais eficiente para manter a qualidade de cenouras roxas e proporciona aumento da vida útil em 15 dias, em relação ao tratamento controle.

Palavras-chave: *Daucus carota* L.; Quitosana; Cera de carnaúba; Compostos bioativos

Abstract

Edible coating on conservation of commercial quality and bioactive compounds of purple carrot

The objective was to evaluate the use of different concentrations of coatings based on chitosan and carnauba wax, in the conservation of purple carrots. 'Deep Purple' carrots were submitted to six treatments: 1%, 3% and 5% of chitosan (Q1, Q3 and Q5, respectively); 0.5% and 1% carnauba wax (CC0.5 and CC1, respectively) and control treatment, without recoating. After application, carrots were stored at 2°C, 95-100% RH, for 90 days, being evaluated on the day of application (day 0) and at 7, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days. For the polyphenols, the analyzes occurred on days 0, 15 and on the last day of each treatment. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme 7x8 (treatments x days of analysis), with 5 replicates

for analysis of appearance, fresh weight loss, wilting index, coloration and respiratory rate, and 3 replicates for the analysis of soluble solids, total phenolics compounds, anthocyanins, total flavonols and antioxidant capacity and 7x3 (treatment x days of analysis), with 3 replicates for the polyphenols. Wilting symptoms were first observed in carrots with CC1, followed by Q1, control, CC0.5, Q5 and Q3, with the latter also showing greater turgescence maintenance and lower fresh weight loss during storage. Carrots treated with Q3 exhibited the lowest respiratory rate, whereas carrots with CC1 showed the highest respiratory rate. The soluble solids content showed little variation (<1%) throughout the storage, regardless of the treatment applied. The content of total phenolic compounds, anthocyanins and flavonols oscillated throughout the storage for all treatments. There was a reduction of the antioxidant capacity only for the control carrots, while for carrots with coating, independent of the base raw material and the concentration, an increase in capacity was verified with storage. Carrots with Q1, CC0,5 and CC1 showed the highest values of polyphenols, whereas in the control carrots and those covered with Q3 and Q5, lower values were observed. The use of edible coatings in purple carrots is efficient as a postharvest technique for the preservation of commercial quality. Chitosan based coating, in 3%, combined with high relative humidity and low temperature during storage, is more efficient to maintain the quality of purple carrots and increases shelf life by 15 days compared to control treatment.

Keyword: *Daucus carota* L.; Chitosan; Carnauba wax; Bioactive compounds

4.1. Introdução

A senescência dos produtos hortícolas não pode ser evitada e os processos metabólicos que ocorrem degradam sua qualidade. Entretanto, o uso de tecnologias pós-colheita pode retardar esse processo, fazendo com que a vida útil do produto seja maior. Como vistos em trabalhos anteriores, a redução da perda da umidade e da transpiração são aspectos chaves para a preservação de qualidade comercial de cenouras durante o armazenamento, uma vez que influenciam diretamente no valor e aceitação comercial e nos aspectos sensoriais do produto. Também, a qualidade funcional é afetada pelas transformações que ocorrem decorrentes dos processos fisiológicos, degradando compostos de interesse ao longo do armazenamento e reduzindo seu valor nutricional.

Cenouras roxas possuem mais atrativos que cenouras de outras colorações: além de maiores quantidades de compostos fenólicos, têm altas concentrações de antocianinas e flavonóis (Alasalvar *et al.*, 2001; Nicolle *et al.*, 2004; Alasalvar *et al.*, 2005; Sun *et al.*, 2009; Singh *et al.*, 2012). Outra característica está no aspecto sensorial, visto que cenouras roxas possuem doçura e crocância superior e menor sabor amargo que a variedade laranja (Alasalvar *et al.*, 2001; Surles *et al.*, 2004), fatores que podem embasar o aumento do seu consumo.

Sabe-se que cenouras roxas apresentam baixa expectativa de armazenamento (IPGRI, 1998), o que faz com que o uso de técnicas pós-colheita para a conservação delas seja fortemente incentivado. Entretanto, estudos nessa área ainda são escassos.

Revestimentos comestíveis são considerados as embalagens do futuro e podem auxiliar na redução de perdas por murchamento. Estes são definidos como finas camadas de biopolímeros comestíveis, a base de proteínas, polissacarídeos ou lipídeos, que são aplicados diretamente no alimento, aderindo-se a ele e considerados como parte do produto final. A aplicação destes materiais cria uma barreira contra danos físicos, contaminação microbológica, perda ou ganho de umidade e oxidação de nutrientes, o que auxilia a prevenir a deterioração do produto, estendendo a sua vida útil, com manutenção da qualidade sensorial e a segurança do alimento. O diferencial destes revestimentos em relação às embalagens convencionais é o fato de serem comestíveis e biodegradáveis, podendo substituir parcial ou totalmente o seu uso (Debeaufort *et al.*, 1998; Lacroix e Le Tien, 2005).

A quitosana é uma opção entre os revestimentos de polissacarídeos não-amiláceos, sendo produzido a partir da desacetilação alcalina da quitina, um polissacarídeo presente no exoesqueleto de crustáceos. Além das propriedades comuns aos revestimentos, a película gerada pela quitosana propicia boa barreira ao oxigênio, mas não eficiente para o dióxido de carbono, auxilia no controle do escurecimento enzimático, ação antimicrobiana e possui capacidade de absorver íons de metais pesados. Tais propriedades contribuem para diminuir o processo de oxidação catalisado por metais livres e retardar as mudanças no conteúdo de antocianinas, flavonoides e fenólicos totais (Lacroix e Le Tien, 2005; Nieto, 2009; Dhall, 2013).

Entre os revestimentos lipídicos, destacam-se as ceras naturais como a de carnaúba, classificadas quimicamente como ésteres de ácidos alifáticos de cadeia longa. Por ser um composto apolar, é uma eficiente barreira à transferência do vapor de água. A cera de carnaúba possui propriedades emulsionante, lubrificante, plastificante e aglutinante melhores que as demais ceras, além de maior permeabilidade ao O₂. Também, melhora a aparência do alimento, ao conferir brilho e melhorar a sua textura superficial (Rhim e Shellhammer, 2005).

Este trabalho buscou avaliar o uso de diferentes concentrações de dois tipos de revestimento comestíveis, sendo um a base de quitosana e o outro a base de cera de

carnaúba, na conservação dos compostos bioativos presentes nas raízes de cenoura roxa, bem como na preservação da qualidade comercial dessa hortaliça. O presente estudo poderá contribuir para o aumento do conhecimento sobre essa variedade tão pouco explorada, além de fornecer informações sobre a manutenção da qualidade da cenoura roxa, evitando perdas, inclusive as nutricionais, durante sua cadeia produtiva e garantindo que o produto chegue ao consumidor em perfeitas condições de consumo.

4.2. Conclusão

O uso de recobrimentos comestíveis em cenoura roxa se mostra eficiente como técnica pós-colheita para preservação da qualidade comercial. Ceras de carnaúba possuem baixo efeito na qualidade comercial de cenouras roxas, não contribuindo para o aumento na vida útil. A quitosana parece favorecer a produção de antocianinas ao invés de rota biossintética de ácido clorogênico em cenouras roxas. Recobrimento a base de quitosana a 3%, juntamente com a alta umidade relativa e a baixa temperatura durante o armazenamento, é mais eficiente para manter a qualidade de cenouras roxas. Tal recobrimento forma uma barreira flexível e semipermeável capaz de modificar a atmosfera interna na proporção mais adequada, diminuir as perdas com transpiração, reduzir a taxa respiratória, manter maiores valores de sólidos solúveis e de alguns compostos bioativos, como antocianinas e flavonóis. Também tal tratamento proporciona aumento da vida útil em 15 dias, em relação ao tratamento controle, além de manter melhor aparência.

Referências

ALASALVAR, C. et al. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. **Food Chemistry**, v. 89, n. 1, p. 69-76, 2005.

_____. Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 3, p. 1410-1416, 2001.

AOAC, Association of Official Agricultural Chemists. **The Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18th. **Washington**: AOAC International, 2010. 2500 p.

CARON, V. C.; JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A. Conservação de cenouras 'Brasília' tratadas com cera. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 597-600, 2003.

CHAVES-SILVA, S. et al. Understanding the genetic regulation of anthocyanin biosynthesis in plants – Tools for breeding purple varieties of fruits and vegetables. **Phytochemistry**, v. 153, p. 11-27, 2018.

CHITARRA, M. F. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. revisada e ampliada**. 2 rev. e ampl. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 785 p.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J.-A.; VOILLEY, A. Edible films and coatings: tomorrow's packagings. A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 38, n. 4, p. 299-313, 1998.

DEVLIEGHERE, F.; VERMEULEN, A.; DEBEVERE, J. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. **Food Microbiology**, v. 21, n. 6, p. 703-714, 2004.

DHALL, R. K. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 5, p. 435-450, 2013.

FRIEDMAN, M. Chemistry, biochemistry, and dietary role of potato polyphenols. A review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 5, p. 1523-1540, 1997.

GORRIS, L. G. M.; PEPPELENBOS, H. W. **Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products**. Horticulture Technology. Alexandria. 2: 303-309 p., 1992.

IPGRI, International Plant Genetic Resources Institute. **Descriptors for Wild and Cultivated Carrots (*Daucus carota* L.)**. Roma, Italy: Bioversity International, 1998. 65 p.

JIANG, Y. M.; LI, J. R.; JIANG, W. B. Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. **Lwt-Food Science and Technology**, v. 38, n. 7, p. 757-761, 2005.

KERCH, G. et al. Effect of chitosan and chitooligosaccharide on vitamin C and polyphenols contents in cherries and strawberries during refrigerated storage. **European Food Research and Technology**, v. 233, n. 2, p. 351-358, 2011.

LACROIX, M.; LE TIEN, C. Edible films and coatings from nonstarch polysaccharides. In: HAN, J. H. (Ed.). **Innovations in Food Packaging**. London: Academic Press, 2005. cap. 20, p.338-361.

LECETA, I. et al. Quality attributes of map packaged ready-to-eat baby carrots by using chitosan-based coatings. **Postharvest Biology and Technology**, v. 100, p. 142-150, 2015.

LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

MINOLTA, C. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Osaka, Japan: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994. 49 p.

NATIVIDADE, M. M. P. et al. Simultaneous analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for HPLC: Method validation and characterization of São Francisco Valley samples. **Microchemical Journal**, v. 110, p. 665-674, 2013.

NICOLLE, C. et al. Genetic variability influences carotenoid, vitamin, phenolic, and mineral content in white, yellow, purple, orange, and dark-orange carrot cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 129, n. 4, p. 523-529, 2004.

NIETO, M. B. Structure and function of polysaccharide gum-based edible films and coatings. In: EMBUSCADO, M. E. e HUBER, K. C. (Ed.). **Edible films and coatings for food applications**. New York: Springer, 2009. cap. 3, p.57-112.

PUSHKALA, R.; PARVATHY, K. R.; SRIVIDYA, N. Chitosan powder coating, a novel simple technique for enhancement of shelf life quality of carrot shreds stored in macro perforated LDPE packs. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 16, p. 11-20, 2012.

RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9–10, p. 1231-1237, 1999.

RHIM, J. W.; SHELLHAMMER, T. H. Lipid-based edible films and coatings. In: HAN, J. H. (Ed.). **Innovations in Food Packaging**. London: Academic Press, 2005. cap. 21, p.362-383.

SIMOES, A. D. N. et al. Edible coatings containing chitosan and moderate modified atmospheres maintain quality and enhance phytochemicals of carrot sticks. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51, n. 3, p. 364-370, 2009.

SINGH, D. P. et al. Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*). **Food Chemistry**, v. 132, n. 3, p. 1161-1170, 2012.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOTHORNVIT, R.; KROCHTA, J. M. Plasticizers in edible films and coatings. In: HAN, J. H. (Ed.). **Innovations in Food Packaging**. London: Academic Press, 2005. cap. 23, p.403-433.

SUN, T.; SIMON, P. W.; TANUMIHARDJO, S. A. Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucus carota* L.) of various colors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 10, p. 4142-4147, 2009.

SURLES, R. L. et al. Carotenoid profiles and consumer sensory evaluation of specialty carrots (*Daucus carota*, L.) of various colors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 11, p. 3417-3421, 2004.

WÓJCIK, W.; ZŁOTEK, U. Use of chitosan film coatings in the storage of carrots (*Daucus carota*). **Progress on Chemistry and Application of Chitin and its Derivatives**, v. 13, p. 141–148, 2008.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho proporcionou o aprofundamento do conhecimento na área de tecnologia pós-colheita de cenouras roxas recém-introduzidas no mercado brasileiro, além de contribuir com o cenário internacional, no qual há poucos estudos sobre tal tema.

O estudo sobre diferentes condições de armazenamento trouxe novidades como o perfil de polifenóis dessa variedade, visto que alguns dos polifenóis identificados nas amostras não tinham sido ainda relatados pela literatura. Também, foi possível observar que a cenoura roxa é grande fonte de compostos bioativos, entre eles, a antocianinas, com valores mais altos que muitas frutas consideradas fonte de tal composto.

A atmosfera modificada com o uso de embalagens se mostrou uma alternativa interessante e de fácil implementação por parte do produtor para manter a qualidade comercial do produto, mesmo em condições de umidade relativa abaixo do ideal. Além disso, tal tecnologia pôde auxiliar a resolver um dos maiores problemas de perda de qualidade, a perda de massa fresca que, além de afetar a aparência, reduz concentrações de muitos compostos de interesse para a saúde do consumidor.

O uso de recobrimento comestível contribuiu para a manutenção da aparência da cenoura, reduzindo a perda de massa fresca e o murchamento. Ainda é necessário estudar outros tipos de recobrimentos comestíveis nessa hortaliça, que possam apresentar maior potencial de aplicação e secagem numa planta de beneficiamento.

A cenoura roxa apresenta um grande potencial de estudos, uma vez que se mostrou ser um alimento nutricionalmente vantajoso, aprofundando os aspectos bioquímicos e os potenciais usos na agroindústria, como matéria-prima de sucos, polpas e produção de corantes naturais.

Os resultados obtidos evidenciam a importância de se conhecer a fisiologia de cenouras roxas, bem como utilizar tecnologias pós-colheitas adequadas para que a qualidade dessa hortaliça seja mantida, oferecendo ao consumidor um alimento de alta qualidade nutricional.