Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Processamento mínimo das folhas de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.): aspectos funcionais e fisiológicos

Bruna Isadora Trennepohl

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

Piracicaba
2023

Bruna Isadora Trennepohl
Nutricionista

Processamento mínimo das folhas de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.): aspectos funcionais e fisiológicos

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
2023

RESUMO

Processamento mínimo das folhas de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.): aspectos funcionais e fisiológicos

A espécie *Pereskia aculeata* Mill, popularmente conhecida como “ora-pro-nóbis”, pertence ao grupo de hortaliças denominadas como Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC). Suas folhas despertam grande interesse pelo seu valor nutricional, já que apresenta alto teor de proteínas, fibras alimentares, minerais e vitaminas. Apesar do elevado valor nutricional, o consumo de ora-pro-nóbis ainda é baixo, tanto por não ser amplamente conhecida e difundida, quanto pela presença de espinhos, que dificultam o manejo das hastes e consumo das folhas. Uma opção viável seria destacar as folhas das hastes, e processá-las para serem comercializadas prontas para o consumo. O objetivo do trabalho foi desenvolver estratégias para comercialização das folhas de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill), e quantificar os aspectos funcionais e fisiológicos em função do seu processamento mínimo, do armazenamento refrigerado e do uso de aminoácidos como aditivos. Para tanto, foram realizados experimentos a fim de se determinar condição ideal para seu armazenamento, e a eficácia dos aditivos arginina e cisteína, em diferentes concentrações, na preservação do frescor do produto. No primeiro capítulo, foram testadas as temperaturas 5 °C, 10 °C, 15 °C e 24 °C, durante 10 dias, com umidade relativa entre 85 e 90%. Foram comparadas as folhas ainda na haste e as folhas minimamente processadas quanto os parâmetros de qualidade visual, considerado decisivo na escolha do produto, analisados pelos parâmetros de cor (L*, a*, b*), análise visual e índice de escurecimento, e as folhas minimamente processadas armazenadas em menores temperaturas apesentaram melhores resultados em relação às hastes. O processamento mínimo não alterou o teor de proteína bruta das folhas, e a temperatura de 5 ± 2 °C conservou os parâmetros de qualidade esperadas por mais tempo, apresentando menor taxa respiratória e melhor manutenção dos teores de compostos bioativos e antioxidantes, que já são associados popularmente ao consumo da planta. No segundo capítulo, diferentes concentrações de arginina (10, 25 e 50 mM) e cisteína (5, 10 e 20 mM) foram aplicadas durante o processamento, além do tratamento controle (0 mM), durante 10 dias, com umidade relativa entre 85 e 90%, e os parâmetros de qualidade (cor, análise visual e índice de escurecimento), teor de proteína bruta, teor de compostos fenólicos e flavonoides, atividade antioxidante e perfis de poliaminas e polifenóis apresentaram efeito benéfico quando aplicadas no tratamento pós-colheita das folhas de ora-pro-nóbis minimamente processadas. A arginina apresentou melhores resultados quando aplicada na maior concentração, de 50 mM, enquanto a cisteína apresentou teores de compostos bioativos e atividade antioxidante mais expressiva já em concentrações mais baixas, de 5 e 10 mM, sendo os valores encontrados maiores quando comparados com a arginina. Foi definida a cisteína na concentração de 10 mM como a melhor opção para o tratamento pós-colheita das folhas de ora-pro-nóbis minimamente processadas.

Palavras-chave: Processamento mínimo; Pós-colheita; Conservação; Aminoácidos; Arginina; Cisteína

ABSTRACT

Minimally processed ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.) leaves: functional and physiological aspects

The species Pereskia aculeata Mill, popularly known as "ora-pro-nóbis", belongs to the group of vegetables known as Non-Conventional Food Plants (PANC). Its leaves arouse great interest due to its nutritional value, as it has a high content of proteins, dietary fiber, minerals and vitamins. Despite its high nutritional value, consumption of ora-pro-nóbis is still low, both because it is not widely known and disseminated, and because of the presence of thorns, which make it difficult to manage the stems and consume the leaves. A viable option would be to detach the leaves from the stems, and process them to be marketed ready for consumption. The objective of this work was to develop strategies for the commercialization of ora-pro-nóbis (Pereskia aculeata Mill) leaves, and to quantify the functional and physiological aspects as a function of its minimal processing, cold storage and the use of amino acids as additives. For that, experiments were carried out in order to determine the ideal condition for its storage, and the effectiveness of arginine and cysteine additives, at different concentrations, in preserving the freshness of the product. In the first chapter, temperatures of 5 °C, 10 °C, 15 °C and 24 °C were tested for 10 days, with relative humidity between 85 and 90%. The leaves still on the stem and the minimally processed leaves were compared regarding the visual quality parameters, considered decisive in the choice of the product, analyzed by the color parameters (L*, a*, b*), visual analysis and darkening index, and the minimally processed leaves stored at lower temperatures presented better results in relation to the stems. The minimal processing did not change the crude protein content of the leaves, and the temperature of 5 ± 2 °C preserved the expected quality parameters for a longer time, presenting a lower respiratory rate and better maintenance of the levels of bioactive compounds and antioxidants, which are already popularly associated with the consumption of the plant. In the second chapter, different concentrations of arginine (10, 25 and 50 mM) and cysteine (5, 10 and 20 mM) were applied during processing, in addition to the control treatment (0 mM), for 10 days, with relative humidity between 85 and 90%, and the quality parameters (color, visual analysis and browning index), crude protein content, content of phenolic compounds and flavonoids, antioxidant activity and profiles of polyamines and polyphenols showed a beneficial effect when applied in post-harvest treatment of minimally processed ora-pro-nóbis leaves. Arginine showed better results when applied at the highest concentration, 50 mM, while cysteine showed levels of bioactive compounds and more expressive antioxidant activity at lower concentrations, 5 and 10 mM, with the values found being higher when compared to arginine. . Cysteine at a concentration of 10 mM was defined as the best option for postharvest treatment of minimally processed ora-pro-nóbis leaves.

Keywords: Minimally processed; Post-harvest; Preservation; Amino acids; Arginine; Cysteine.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A busca por uma alimentação mais saudável e diversificada tem despertado o interesse para a inclusão de alimentos mais nutritivos e ricos em compostos bioativos, que oferecem, além das suas funções nutricionais básicas, maiores benefícios à saúde. Porém, são conhecidas e difundidas apenas uma pequena parcela de alimentos que apresentam este potencial. As Plantas Alimentícias Não Convencionais, ou PANC, representam um grupo de alimentos que não estão presentes no nosso cotidiano, porém apresentam potencial como alimento funcional (KELEN et al., 2015).

O termo PANC foi criado em 2007 pelo Biólogo e Professor Valdely Ferreira Kinupp, e refere-se a todas as plantas que possuem uma ou mais partes comestíveis, sendo elas espontâneas ou cultivadas, nativas ou exóticas (KINUPP, 2007). Fazem parte deste grupo frutas, hortaliças, raízes e tubérculos que crescem espontaneamente, sendo muitas vezes tratadas como mato ou ervas daninhas. Geralmente, estas espécies apresentam teores de vitaminas, antioxidantes, fibras, sais minerais significativamente maiores do que em plantas domesticadas (PASCHOAL; SOUZA, 2015). Devido à rusticidade, essas plantas ocupam pouco espaço para seu cultivo, e necessitam de pouca insolação, solo pouco fértil e adaptam-se bem a ambientes quentes e secos, ampliando a possibilidade de produção de alimentos para o produtor ao longo do ano (SOLLER et al., 2014).

Dentre as hortaliças presentes neste grupo, a espécie *Pereskia aculeata* Mill, popularmente conhecida como ora-pro-nóbis, lobrobó ou “carne de pobre” (ROCHA et al., 2011; PINTO et al., 2012), desperta grande interesse pelo seu valor nutricional e potencial para industrialização (TAKEITI et al., 2009). A espécie ocorre desde a Bahia até o Rio Grande do Sul (DIAS et al., 2005; TAKEITI et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2013), sendo que no estado de Minas Gerais seu consumo é mais disseminado, estando presente nos hábitos alimentares da população no preparo de carnes, ensopados e massas e em manifestações culturais, como a realização anual do Festival da Ora-pro-nóbis na cidade de Sabará, região metropolitana de Belo Horizonte (OLIVEIRA et al., 2013; DIAS et al., 2005). Industrialmente, é comercializada a folha desidratada inteira, para chás, em pó, a granel ou em cápsulas.

A ora-pro-nóbis, que em latim significa “rogai por nós”, pertence família Cactaceae e gênero *Pereskia*. É originária de regiões tropicais e subtropicais, nativa da flora brasileira e com características de trepadeira, podendo alcançar até 10 metros de altura. Apresenta caule fino, com espinhos longos, finos e em grupos no seu tronco. Já nos ramos, que são longos, os espinhos são curtos e encurvados, e geralmente aos pares. Nos galhos, de duas a seis folhas se agrupam em ramos laterais alternos, e apresentam de 1 a 3 espinhos na axila foliar (DUARTE, HAYASHI, 2005). Suas folhas são largas e suculentas, com cerca de 7 cm de comprimento e 3 cm de largura. No final de seus ramos surgem flores, das quais provém frutos que, quando maduros, são carnosos e adquirem cor amarelo-alaranjada, com presença de acúleo e pelos (ROSA; SOUZA, 2003; DUARTE; HAYASHI, 2005; TOFANELLI; RESENDE, 2011).

Por sua versatilidade, as folhas da ora-pro-nóbis são utilizadas por muitas pessoas na alimentação, devido ao elevado nível de proteínas, fibras alimentares, minerais, vitaminas e compostos bioativos (DIAS et al., 2005; TAKEITI et al., 2009; PATERSON et al., 2011; ALMEIDA; CORRÊA, 2012; OLIVEIRA et al., 2013; ALMEIDA et al., 2014). Popularmente, seu consumo está associado principalmente ao tratamento de anemia, câncer, cicatrização, osteoporose e à constipação intestinal (SARTOR et al., 2010; ALMEIDA; CORRÊA, 2012). Além de serem consumidas na culinária brasileira, as folhas de ora-pro-nóbis podem ser utilizadas na produção de alimentos, sendo incluídas na preparação dos alimentos, como pães, sopas e sucos, além de serem utilizadas por quem visa aumentar os teores de proteína, fibras, cálcio e ferro na dieta.

Em relação ao conteúdo de proteínas totais, estudos apontam teor de aproximadamente 30 g de proteínas totais em 100 g de farinha de folhas de *P. aculeata*, sugerindo seu consumo para grupos populacionais que apresentam acesso limitado às proteínas animais, contribuindo para prevenção ou tratamento de carências nutricionais relacionadas às proteínas, além de ser uma opção de proteína vegetal para a população vegetariana e vegana (ALMEIDA et al., 2014). Além do elevado teor proteico, o conteúdo de fibras alimentares totais é relevante, com índices variando entre 30 a 50 g de fibra alimentar total em 100 g de farinha de folhas de ora-pro-nóbis (ALMEIDA et al., 2014; TRENNEPOHL, 2016). O conteúdo de fibras alimentares solúveis, incluindo as mucilagens,

também é considerável, sendo que, além dos seus benefícios fisiológicos quando utilizados na alimentação, apresentam grande potencial de uso na indústria de alimentos e cosméticos, devido às suas propriedades estruturais, emulsificantes e estabilizantes (MARTIN et al., 2017).

Nos estudos de Takeiti et al. (2009) e de Almeida et al. (2014), foram encontrados elevados níveis de ferro, 14,2 e 20,56 mg 100 g^{-1} respectivamente, os quais foram classificados como superiores aos níveis de ferro do espinafre e outros vegetais folhosos. O teor de cálcio também é significante, apresentando cerca de 1346,67 mg 100 g^{-1} de matéria seca (ALMEIDA et al., 2014). Quando comparada a quantidade de cálcio encontrada nas folhas de ora-pro-nóbis em relação ao leite e seus derivados, o teor é superior àquele presente em leite integral em pó (579 mg 100 g^{-1}), iogurte natural (143 mg 100 g^{-1}) e vários tipos de queijos (minas frescal 579 mg 100 g^{-1}, ricota 253 mg 100 g^{-1}, parmesão 992 mg 100 g^{-1}) (TACO, 2011). Por se tratar de uma fonte vegetal de cálcio e ferro, seu consumo pode melhorar a qualidade nutricional de indivíduos que não consomem produtos de origem animal, ou que visam aumentar os teores destes minerais na dieta, como pessoas com anemia, osteoporose, atletas, e etc.

Apesar do elevado valor nutricional, funcional e versatilidade de uso na culinária, o consumo de ora-pro-nóbis ainda é baixo, tanto por não ser amplamente conhecida e difundida, quanto pela presença de espinhos, que dificultam o manejo das hastes e consumo das folhas. Uma opção viável seria destacar as folhas das hastes, e processá-las para serem comercializadas prontas para o consumo, já que as embalagens utilizadas normalmente para envolver hortaliças, como as utilizadas em couve e alface, não resistem aos espinhos das hastes de ora-pro-nóbis. O processamento mínimo de frutas e hortaliças é definido como sendo a operação que elimina as partes não-comestíveis dos mesmos, como cascas, talos, peles, sementes, sendo fatiados ou não, lavados e higienizados, centrifugados e secos, empacotados, armazenados sob refrigeração e prontos para o consumo (*ready-to-eat*) (FRANCIS; THOMAS; O'BEIRNE, 1999).

O ritmo de vida atual faz com que os consumidores tenham cada vez menos tempo para se dedicar às etapas de preparo de alimentos, preferindo aqueles fáceis, rápidos, mas que sejam saudáveis. Além dessas características, os consumidores exigem outros atributos, como elevada qualidade sensorial e

segurança sanitária, assim como de produtos que não utilizem conservantes artificiais (MEYER et al., 2002). Os vegetais minimamente processados possuem baixo grau de processamento, sendo mantidos a textura, o frescor, o sabor e as características mais próximas das originais do produto, com qualidade e garantia de sanidade, oferecendo praticidade e conveniência ao consumidor. Além disso, as operações a que esses vegetais são submetidos para serem classificados como minimamente processados contribuem para uma maior agregação no seu valor (BUCKLEY et al., 2007; RAGAERT et al., 2004; KORHONEN, 2002).

Apesar da facilidade e conveniência do processamento mínimo de vegetais, esses produtos podem apresentar perda acelerada de qualidade durante o armazenamento e a distribuição. Isso ocorre devido ao estresse mecânico decorrente do processamento e que ocasionam modificações no produto, como alterações na coloração da superfície, escurecimento, formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), e antecipação da senescência causada pelo aumento da taxa respiratória e da produção de etileno, acarretando perda da qualidade e do valor nutricional do produto (BRECHT et al., 2007; CENCI, 2011). Após o processamento mínimo, a respiração do material vegetal é intensificada, levando os tecidos rapidamente à senescência, resultando eventualmente em decomposição ou morte de tecidos (ROCCULI et al., 2007). A respiração fornece compostos que determinam a taxa de processos metabólicos diretamente relacionados aos parâmetros de qualidade, como firmeza, teor de açúcar, aroma e sabor (SALTVEIT, 2016).

Durante o armazenamento, a coloração presente em hortaliça é alterada consideravelmente, como a perda da característica verde gerada pela degradação da clorofila, que, acompanhada da síntese de outros pigmentos, geram amarelecimento e/ou escurecimento das folhas. Fatores ambientais como luz, temperatura e umidade do ar influenciam essas alterações durante a senescência de folhosas (WILLS et al., 2004; MARTENS; BAARDSETH, 1978). A degradação da clorofila ocorre concomitantemente ao escurecimento enzimático dos tecidos vegetais. O pigmento pode ser decomposto por diversas enzimas como a clorofiloxidase e clorofilase, contribuindo para a alteração de cor do tecido vegetal quando ocorrem injúrias mecânicas (VAROQUAUX; WILEY, 1994).

A perda de água é outro fator que diminui o tempo de comercialização das hortaliças, já que sua aparência é alterada após cerca de 3 a 5% de perda de água em comparação com o teor inicial na colheita (HOLCROFT, 2015). O processo de perda de água ocorre principalmente por transpiração, sendo possível reduzir este processo com o aumento da umidade relativa e diminuição da temperatura do ar, além do uso de embalagem adequada, minimizando a diferença entre a temperatura do ar e a temperatura da hortaliça, reduzindo o déficit de pressão de vapor e, portanto, a perda de água (KADER, 2002; RUIZ-GARCIA et al., 2010).

As etapas do processamento mínimo podem levar a danos no tecido vegetal, podendo ser liberadas enzimas que, em contato com seus substratos, promovem reações bioquímicas que levam ao escurecimento do tecido vegetal, e também acarretar perdas no valor nutricional, já que são consumidos antioxidantes e compostos fenólicos (ALI et al., 2016). Dessa forma, pode-se avaliar o nível de estresse sofrido pelo vegetal durante o processamento mínimo pela quantificação da ação da enzima polifenoloxidase (PPO), que oxida compostos fenólicos, resultando em compostos de coloração marrom-escuro nos vegetais (DORANTES-ALVAREZ; CHIRALT, 2000; MARTINS; EMPIS, 2006). Outras enzimas que contribuem no processo de escurecimento, como a fenilalanina-amônio-liase (PAL) e a peroxidase (POD), podem ter suas atividades aumentadas (RIVERO et al., 2001; CIOU et al., 2011) durante o processamento mínimo dos alimentos. A análise da atividade dessas enzimas é indicativa do grau de estresse sofrido pelo vegetal durante o processamento mínimo, o que contribui no entendimento da viabilidade do processamento dos alimentos.

Por serem altamente perecíveis, as hortaliças folhosas necessitam de condições específicas após serem minimamente processadas, como tratamento térmico, armazenamento em temperatura ideal, controle da acidez, redução da atividade de água, uso de embalagens corretas e uso de aditivos (ALZAMORA et al., 2016). A temperatura é a variável que tem maior impacto sobre a vida de armazenamento e segurança de frutas e hortaliças, uma vez que o seu controle contribui significativamente para reduzir a respiração das frutas e hortaliças *in natura,* evitando o processo de deterioração e prolongando sua vida útil (SPAGNOL et al., 2018).

A aplicação de aditivos em produtos minimamente processados tem por objetivo preservar o frescor e a qualidade nutricional e visual, e atuam conforme as suas propriedades, podendo ser antioxidantes (ácido ascórbico), agentes quelantes (ácido cítrico), acidificantes (ácidos orgânicos), entre outros (RICO et al., 2007; IOANNOU, 2013). O uso de alguns aditivos como ácido cítrico e ácido ascórbico, são amplamente estudados e aplicados como conservantes e agentes antioxidantes em produtos minimamente processados. Outros aditivos menos utilizados, como aminoácidos, também são compostos que atuam na preservação de produtos frescos. Os aminoácidos são aditivos reconhecidos como GRAS (*Generally reconized as safe*), portanto seu uso é considerado seguro e sem ameaças à saúde (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2013). Dentre os aminoácidos, a arginina e a cisteína, por exemplo, podem contribuir para redução de escurecimento enzimático e estresse oxidativo em alimentos (ALI, et al., 2016; WILLS; LI, 2016).

A arginina é um importante aminoácido que atua na integridade das membranas celulares, ocasionando menor vazamento de eletrólitos e menor produção de EROs, provavelmente causada pela maior atividade de enzimas antioxidantes como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) (ZHANG et al., 2013). A arginina também é precursora de compostos antiestresse e antiscenescência, como as poliaminas (PA) e o óxido nítrico (NO) (MORRIS, 2007). As poliaminas são moléculas essenciais para o crescimento e funções das células normais, e desencadeiam uma variedade de efeitos celulares por interagir, no meio biológico, com muitas macromoléculas que apresentam importante papel no crescimento e proliferação celular, e na síntese de proteínas e ácidos nucléicos (LEITE et al., 2012; ZHANG et al., 2013; BABALAR et al., 2018). Essas substâncias são formadas durante processos metabólicos normais e desempenham várias funções biológicas em organismos vivos, estando, assim, presentes na maioria dos alimentos (frutas, hortaliças, carnes entre outros) (LEITE et al., 2012). Dentre as aminas biológicas, as moléculas de maior ocorrência são a putrescina, a espermidina e a espermina. As poliaminas ocorrem em concentrações variáveis em todos os tipos de células, sendo os níveis mais elevados encontrados em tecidos com altas taxas de crescimento (MOINARD et al., 2005).

De acordo com a via biossintética das poliaminas, essas moléculas podem ser sintetizadas a partir da descarboxilação de arginina para agmatina, que é subsequentemente convertido para putrescina (MARTIN-TANGUY, 2001; LEITE et al., 2012). A formação de putrescina desencadeia uma série de reações para a formação de espermidina e espermina. Essas reações envolvem diversas enzimas que são codependentes de S-adenosilmetionina (SAM) (MEHTA et al., 2002; GUO et al., 2018). A SAM também participa na via biossintética do etileno, hormônio vegetal que em frutos inicia o amadurecimento e nas folhas promove a senescência, além de ter múltiplas influências sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas (LEITE et al., 2012; GUO et al., 2018). Assim, o aumento das poliaminas gerado pelo uso da arginina pode influenciar na inibição da produção de etileno, podendo aumentar o período de vida útil das folhas de produtos vegetais.

A cisteína é um aminoácido sulfurado com ação antioxidante devido à presença de um grupo tiol, que reage com a enzima polifenol oxidase (PPO), reduzindo a oxidação enzimática (RICHARD-FORGET et al., 1992; MISHRA; GAUTAM, 2016). As *o*-quinonas, que são geradas pela ação da PPO, depreciam o vegetal e causam alterações no sabor durante o armazenamento, reduzindo a qualidade dos produtos minimamente processados (PATI et al., 2006). A reatividade nucleofílica da cistina em relação à *o*-quinonas formam adutos incolores, que não são mais substratos para as reações enzimáticas, inibindo a produção de compostos marrons (melanina) (PRECZENHAK et al., 2019).

A aplicação de cisteína é capaz de atrasar o escurecimento, e estender a vida útil de hortaliças minimamente processadas em até 40%, preservando a qualidade sensorial do produto (PACE et al., 2014). Seu mecanismo de ação é dependente da concentração utilizada, onde concentrações mais elevadas (1,0 M) pode gerar reação com as *o*-quinonas, enquanto em concentrações mais baixas (até 2 mM) a cisteína atua como inibidora da enzima PPO, combatendo diretamente pelo sítio ativo da enzima (ALI et al., 2015). A cisteína também influencia na síntese de compostos fenólicos, favorecendo a atividade e o acúmulo de compostos antioxidantes, atuando na conservação de produtos minimamente processados (PRECZENHAK et al., 2019).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver estratégias de conservação para comercialização de folhas de ora-pro-nóbis

(*Pereskia aculeata* Mill), e quantificar os aspectos funcionais e fisiológicos em função do processamento mínimo, do armazenamento refrigerado e do uso de aminoácidos como aditivos. A fim de esclarecer esses tópicos, a Tese foi dividida em dois capítulos:

Capítulo 2: Viabilização do processamento mínimo e determinação da temperatura de armazenamento refrigerado;

Capítulo 3: Efeito da aplicação aminoácidos como aditivos na pós-colheita de folhas de ora-pro-nobis minimamente processadas.

2. CONCLUSÕES GERAIS

Apesar de o consumo de ora-pro-nóbis ainda ser baixo, com seu consumo restrito aos locais de ocorrência e mercados especializados, e pela presença de espinhos que dificultam o manejo das hastes, a ora-pro-nóbis apresenta grande potencial de cultivo e consumo devido alto teor de proteínas, fibras alimentares, minerais, vitaminas e compostos bioativos. O processamento mínimo das folhas viabiliza sua comercialização, proporcionando aos consumidores acesso fácil, praticidade e qualidade a este produto. Os vegetais minimamente processados possuem baixo grau de processamento, sendo mantidos a textura, o frescor, o sabor e as características mais próximas das originais do produto, porém algumas etapas deste processamento podem acarretar perda acelerada de qualidade durante o armazenamento e a distribuição.

Alguns manejos após a colheita de hortaliças podem auxiliar na manutenção dos parâmetros de qualidade, prolongando a vida útil dos produtos. A temperatura é a variável que tem maior impacto sobre a vida útil e segurança de frutas e hortaliças, uma vez que o seu controle contribui significativamente para reduzir a respiração das frutas e hortaliças *in natura*. Neste estudo, foram testadas as temperaturas 5 °C, 10 °C, 15 °C e 24 °C, durante 10 dias, com umidade relativa entre 85 e 90%. As folhas minimamente processadas apesentaram melhores resultados para os parâmetros de qualidade visual (cor - L*, a*, b* -, análise visual e índice de escurecimento), considerado decisivo na escolha do produto, em relação às hastes. O processamento mínimo não alterou o teor de proteína bruta das folhas, e a temperatura de 5 ± 2 °C conservou os parâmetros de qualidade esperados por mais tempo, apresentando menor taxa

respiratória e melhor manutenção dos teores de compostos bioativos e antioxidantes, associados popularmente ao consumo da planta.

A aplicação de aditivos é uma tecnologia eficiente para manter a qualidade dos produtos minimamente processados, podendo preservar o frescor e a qualidade nutricional e visual do produto, podendo atuar na inibição da atividade de enzimas oxidativas. Neste estudo, diferentes concentrações de arginina (10, 25 e 50 mM) e cisteína (5, 10 e 20 mM) foram aplicadas durante o processamento, além do tratamento controle (0 mM), durante 10 dias, com umidade relativa entre 85 e 90%. Os parâmetros de qualidade (cor, análise visual e índice de escurecimento), teor de proteína bruta, teor de compostos fenólicos e flavonoides, atividade antioxidante e perfis de poliaminas e polifenóis apresentaram efeito benéfico quando comparados os tratamentos aplicados com o controle. A arginina apresentou melhores resultados quando aplicada na maior concentração, de 50 mM, enquanto a cisteína apresentou teores de compostos bioativos e atividade antioxidante mais expressiva já em concentrações mais baixas, de 5 e 10 mM, sendo os valores encontrados maiores quando comparados com a arginina. A cisteína na concentração de 10 mM se mostrou como a melhor opção para o tratamento pós-colheita das folhas de ora-pro-nóbis minimamente processadas.

Referências

ALI, S., KHAN, A. S., & MALIK, A. U. Postharvest L-cysteine application delayed pericarp browning, suppressed lipid peroxidation and maintained antioxidative activities of litchi fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 121, p. 135–142, 2016.

ALMEIDA, M. E. F. et al. Caracterização química das hortaliças não-convencionais conhecidas como *ora-pro-nobis*. **Biosci. J**., Uberlândia, v. 30, p. 431-439, 2014.

ALMEIDA, M. E. F.; CORRÊA, A. D. Utilização de cactáceas do gênero Pereskia na alimentação humana em um município de Minas Gerais. **Cienc. Rural,** v. 42, n. 4, p.751-756, 2012.

ALZAMORA, S.M. et al. Minimally Processed Foods. **Encyclopedia Of Food And Health**, [s.l.], p.767-771, 2016.

BABALAR, MESBAH et al. Arginine treatment attenuates chilling injury of pomegranate fruit during cold storage by enhancing antioxidant system activity. **Postharvest Biology And Technology**, [s.l.], v. 137, p.31-37, 2018.

BRECHT, J. K.; et al. Alterações metabólicas. In: MORETTI, C. L. (Ed.). **Manual de processamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, cap. 2, p. 43-99, 2007.

BUCKLEY, M.; COWAN, C.; MCCARTHY, M. The convenience food market in Great Britain: Convenience food lifestyle (CFL) segments. **Appetite**, v. 49, n. 3, p. 600-617, 2007.

CENCI, S.A. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011.

CIOU, J.-Y., et al. The role of polyphenol oxidase and peroxidase in the browning of water caltrop pericarp during heat treatment**. Food Chemistry**, v. 127, p. 523–527, 2011.

DIAS, A. C. P. et al. Avaliação do consumo de hortaliças não convencionais pelos usuários das Unidades do Programa Saúde da Família (PSF) de Diamantina – MG. **Alim Nutr**, Araraquara, v. 16, n. 3, p. 279-84, 2005.

DORANTES-ALVAREZ, L.; CHIRALT, A. Colour of minimally processer fruits and vegetables as affected by some chemical and biochemical changes. In: ALZAMORA, S. M; TAPIA, M. S.; LOÓPEZ-MALO, A. **Minimally Processed Fruits and Vegetables.** Gaithersburg, Aspen, p. 111-126, 2000.

DUARTE, M. R.; HAYASHI, S. S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae). **Rev. Bras. Farmacogn.,** v. 15, n. 2, p.103-109, 2005.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Title 21: **'Food and Drugs Section 184: Direct Food Substances Affirmed as Generally Recognized as Safe'**, Electronic Code Federal Regulation.http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR/ CFRSearch.cfm?fr=184.1271. 2013.

FRANCIS, G. A., THOMAS, C., & O'BEIRNE, D. The microbiological safety of minimally processed vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 34(1), p. 1-22, 1999.

GARCIA, E.; BARRETT, D. M. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. **Fresh-Cut Fruits and Vegetables**. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 267-304, 2002.

GUO, Jiaxuan et al. Polyamines Regulate Strawberry Fruit Ripening by ABA, IAA, and Ethylene. **Plant Physiology**, [s.l.], p.339-351, 2018.

HOLCROFT, D. **Water relations in harvested fresh products**. Oregon: Postharvest Education Foundation, 2015.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A. A. **Postaharvest technology of horticultural crops**. 3rd ed. Oakland: University of California, 2002.

KELEN, M. E. B. *et al*. **Plantas alimentícias não convencionais (PANCs):** hortaliças espontâneas e nativas. Porto Alegre: UFRGS, 2015. Disponível em: https://www.ufrgs.br/viveiroscomunitarios/wp-content/uploads/2015/11/Cartilha-15.11-online.pdf. Acesso em: 24 nov. 2019.

KINUPP, V. F. Riqueza de plantas alimentícias não-convencionais na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 63-65, 2007.

KORHONEN, H. Technology options for new nutritional concepts. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 55, n. 2, p. 79-88, 2002.

LEITE, G. A., de CARVALHO, C. A. C., FREITAS, W. E. S., DANTAS, J. I. A., PONTES, C. A., FERNANDES, P. L.A ação das poliaminas na maturação e senescência de frutos. **ACSA – Agropecuária no Semi-Árido**, v. 8, n. 4, p. 08-21, 2012.

MARTENS, M.; BAARDSETH, P. Sensory quality. In: WEICHMANN, J. (Ed.). **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dexxer, p. 427-454, 1978.

MARTIN, Andressa Amado et al. Chemical structure and physical-chemical properties of mucilage from the leaves of Pereskia aculeata. **Food Hydrocolloids**, v. 70, p.20-28, set. 2017.

MARTIN-TANGUY J. Metabolism and function of polyamines in plants: recent development (new approaches). **Plant Growth Regul** v. 34, p. 135–148, 2001.

MARTINS, M. M.; EMPIS, J. **Produtos Horto Frutícolas Fresos ou Minimamente Processados**. Processamentos Mínimos. Lisboa: Principia, 2000.

MEHTA RA, CASSOL T, LI N, ALI N, HANDA AK, MATTOO AK. Engineered polyamine accumulation in tomato enchances phytonutrient content, juice quality, and vine life. **Nat Biotechnol** v. 20, p. 613–618, 2002.

MEYER, A. S.; SUHR, K. I.; NIELSEN, P.; LYNGBY, HOLM, F. Natural food preservatives. In: OHLSSON T.; BENGTSSON, N. (Ed.). **Minimal processing technologies in the food industry**, Cambridge, Woodhead publishing, cap. 6, p. 124- 174, 2002.

MISHRA BB, GAUTAM S. Polyphonel Oxidases: Biochemical and Molecular Characterization, Distribution, **Role and Its Control.** Enz Eng, v. 5, p. 141, 2016.

MOINARD C.; CYNOBER L.; BANDT J. P. de. Polyamines: metabolism and implications in human diseases. **Clin Nutr.,** v.24, p.184 –197, 2005.

MORRIS, S.M., Arginine metabolism: boundaries of our knowledge. **J. Nutr.** V. 137, p. 1602–1609, 2007.

OLIVEIRA, D. C. S. et al. Composição mineral e teor de ácido ascórbico nas folhas de quatro espécies olerícolas não-convencionais. **Hortic. Bras.,** v. 31, n. 3, p.472-475, 2013.

PACE, B. et al. Evaluation of L-Cysteine as Anti-Browning Agent in Fresh-Cut Lettuce Processing. **Journal Of Food Processing And Preservation**, v. 39, n. 6, p.985-993, 2014.

PATERSON, I. D. et al. A pre-release assessment of the relationship between the invasive alien plant, *Pereskia aculeata* Miller (Cactaceae), and native plant biodiversity in South Africa. **Biological Control,** v. 57, n. 1, p.59-65, 2011.

PATI, S., LOSITO, I., PALMISANO, F., & ZAMBONIN, P. G. Characterization of caffeic acid enzymatic oxidation by-products by liquid chromography coupled to electrospray ionization tandem mass spectrometry. **Journal of Chromography A**, v. 1102, p. 184–192, 2006.

PINTO, N. C. C., et al. Cytotoxic and antioxidant activity of *Pereskia aculeata* Miller. **Pharmacology Online**, Itália, v. 3, p. 63-69, 2012.

PRECZENHAK, Ana Paula et al. Cysteine enhances the content of betalains and polyphenols in fresh-cut red beet. **Food Chemistry**, v. 286, p.600-607, 2019.

RAGAERT, P., et al. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits**. Food Qual. Prefer**. V. *15*, p. 259–270, 2004.

RICHARD-FORGET FC, GOUPY PM, NICOLAS JJ. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. kinetic studies. **J Agric Food Chem** v. 40, p. 2108–2113, 1992.

RIVERO, R.M., et al..Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds intomato and watermelon plants. **Plant Sci**. v.160, p. 315–321. 2001.

ROCCULI, P., et al. Effects of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes. **Postharvest Biol. Technol**. V. 43, p. 151–157, 2007.

ROCHA, D. R. C. et al. Contribuições de estudos sobre demanda de alimentos à formulação de políticas públicas de nutrição. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 4, p. 639-647, 2011.

ROSA, S. M.; SOUZA, L. A. Morfo-anatomia do fruto (hipanto, pericarpo e semente) em desenvolvimento de *Pereskia aculeata* Miller (Cactaceae). **Acta Scientarium Biological Sciences**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 415-28, 2003

RUIZ-GARCIA, L, et al. Refrigerated fruit storage monitoring using RFID and WSN. In: World congress of the international commission of agricultural and biosystems engineering. **Proceedings**. Canada: CSBE/ SCGAB, 2010.

SALTVEIT, M. E. Respiration metabolism. In: United States Department Of Agriculture – USDA. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**. Washington: USDA, p. 68-75, 2016.

SOLLER, A. et al. Cactaceae no estado do Paraná. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 1, p. 201-219, 2014.

SPAGNOL, Wigberto Antonio et al. Redução de perdas nas cadeias de frutas e hortaliças pela análise da vida útil dinâmica. **Brazilian Journal Of Food Technology**, [s.l.], v. 21, p.1-10, 5 fev. 2018.

TACO - **Tabela Brasileira de Composição de alimentos**. TACO NEPA – UNICAMP. 4. Ed. Rev. e Ampl. Campinas: NEPA - UNICAMP, 2011.

TAKEITI, C. Y. et al. Nutritive evaluation of a non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). **International Journal Of Food Sciences And Nutrition,** v. 60, n. 1, p.148-160, 2009.

TOFANELLI, M. B. D.; RESENDE, S. G. Sistemas de condução na produção de folhas de Ora-pro-nobis. **Pesquisa Agropecuária Tropical,** v. 41, n. 3, p.466-469, 2011.

TRENNEPOHL, B. I. **Caracterização físico-química, atividade antioxidante e atividades biológicas da espécie *Pereskia aculeata* Mill.** Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, p. 32-34, 2016. Disponível em < https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/47922>

VAROQUAX, P., & WILEY, R. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In R. C. Wiley (Ed.), **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables,** p. 226–268. London: Chapman & Hall, 1994.

WILLS, R.B.H.; LI, YONGXIN. Use of arginine to inhibit browning on fresh cut apple and lettuce. **Postharvest Biology And Technology**, v. 113, p.66-68, 2016.

WILLS, R.; McgLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals**. 4. Ed. Wallingford: New South Wales University Press, 262p. 2004.

ZHANG, X et al. Amelioration of chilling stress by arginine in tomato fruit: Changes in endogenous arginine catabolism. **Postharvest Biology And Technology**, v. 76, p.106-111, 2013.