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

**Aditivos para a redução do escurecimento enzimático de escarola
minimamente processada**

Bruna Letícia Felippin

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

**Piracicaba
2019**

Bruna Letícia Felippin
Bacharel em Ciências dos Alimentos

**Aditivos para a redução do escurecimento enzimático de escarola
minimamente processada**

Orientador:
Prof. Dr. **RICARDO ALFREDO KLUGE**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra
em Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia
dos Alimentos

Piracicaba
2019

RESUMO

Aditivos para a redução do escurecimento enzimático de escarola minimamente processada

A escarola (*Cichorium endivia* var. *latifolia* L.) é uma hortaliça da família Asteraceae, de folhas largas, lisas e alongadas com bordos dentados. Entre as folhosas, apresenta grande potencial para o mercado de produtos minimamente processados. No entanto, o processamento mínimo desencadeia resposta de estresse devido às lesões causadas durante os cortes necessários, levando ao colapso celular e, permitindo assim, o contato dos substratos com enzimas oxidativas associadas ao escurecimento. O uso de aditivos possui ação antioxidante eficaz para o controle do escurecimento enzimático, inibindo a atividade da polifenoloxidase (PPO), que é a principal responsável pelo escurecimento enzimático. O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência da cisteína, isoladamente ou em associação com o ácido cítrico, na redução do escurecimento enzimático e conservação da qualidade de escarola minimamente processada. Foram realizados dois experimentos. No primeiro experimento foi avaliada a inibição do escurecimento enzimático das escarolas minimamente processadas (MP), as folhas de escarolas foram submetidas ao corte manual em tiras, e a manutenção da qualidade foi através da aplicação de cisteína em cinco doses (0,0%; 0,05%, 0,1%, 0,2% e 0,3%). Após os tratamentos, as escarolas foram armazenadas sob refrigeração a 5°C e 95% UR por 12 dias. No segundo experimento avaliou-se a eficiência dos aditivos cisteína e ácido cítrico na inibição do índice de escurecimento manutenção da qualidade e conservação da escarola MP submetidas ao corte manual em tiras. Os tratamentos foram controle (sem aditivos conservantes); 1% de ácido cítrico; 0,2% de cisteína e 0,2% de cisteína + 1% de ácido cítrico armazenadas sob refrigeração a 5°C e 95% UR por 12 dias. No primeiro experimento foram realizadas as análises de taxa respiratória, produção de etileno, sólidos solúveis, acidez titulável, luminosidade e cor, índice de escurecimento, capacidade antioxidante, atividade da polifenoloxidase e compostos fenólicos totais e as avaliações foram realizadas aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias. Ao final desse experimento, constatou-se que a aplicação de 0,2% de cisteína foi o mais indicada entre as doses testadas para a diminuição do índice de escurecimento e manutenção da qualidade da escarola minimamente processada por 12 dias. No segundo experimento foram realizadas aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias, as análises de sólidos solúveis, luminosidade e cor, índice de escurecimento, capacidade antioxidante, atividade da polifenoloxidase e compostos fenólicos totais. Neste experimento, constatou-se que a dose 0,2% de cisteína proporcionou o menor índice de escurecimento e melhorias no aspecto visual das folhas pelo período de 12 dias.

Palavras-chave: *Cichorium endivia* var. *latifolia* L.; Antioxidantes; Ácido Cítrico; Cisteína; Conservação; Escurecimento enzimático; Polifenoloxidase

ABSTRACT

Additives for the reduction of enzymatic darkening of minimally processed endive

The Escarole (*Cichorium endivia* var. *latifolia* L.) is a vegetable of the Asteraceae family, of broad leaves, smooth and elongated with toothed edges. Among the hardwood, it presents great potential for the market of minimally processed products. However, minimal processing triggers stress response due to injuries caused during the necessary cuts, leading to cellular collapse and thus allowing contact of substrates with oxidative enzymes associated with darkening. The use of additives has an effective antioxidant action to control the enzymatic browning, inhibiting the activity of polyphenoloxidase (PPO), which is the main responsible for the enzymatic browning. The aim of this study was to evaluate the efficiency of cysteine, alone or in association with citric acid, in the reduction of enzymatic browning and preservation of the quality of minimally processed escarole. Two experiments were carried out. In the first experiment, the inhibition of enzymatic darkening of the minimally processed escarole (MP) was evaluated, the leaves of the escarole were subjected to manual cutting in strips, and the maintenance of the quality was through the application of cysteine in five Doses (0.0%; 0.05%, 0.1%, 0.2% and 0.3%). After the treatments, the escarole were stored under refrigeration at 5 ° C and 95% RH for 12 days. In the second experiment, the efficiency of cysteine and citric acid additives was evaluated in the inhibition of the index of darkening maintenance of the quality and preservation of the MP escarole submitted to manual cutting in strips. The treatments were controlled (no preservatives additives); 1% citric acid; 0.2% cysteine and 0.2% cysteine + 1% citric acid stored under refrigeration at 5 ° C and 95% RH for 12 days. In the first experiment, the analysis of respiratory rate, ethylene production, soluble solids, titratable acidity, luminosity and color, darkening index, antioxidant capacity, polyphenoloxidase activity and phenolic compounds were performed. And evaluations were performed at 0, 3, 6, 9 and 12 days. At the end of this experiment, it was found that the application of 0.2% of cysteine was the most indicated among the doses tested to decrease the darkening index and maintenance of the quality of the minimally processed escarole for 12 days. In the second experiment, the analyses of soluble solids, luminosity and color, darkening index, antioxidant capacity, polyphenoloxidase activity and total phenolic compounds were performed at 0, 3, 6, 9 and 12 days. In this experiment, it was found that the dose 0.2% of cysteine provided the lowest rate of darkening and improvements in the visual aspect of the leaves for the 12-day period.

Keywords: *Cichorium endivia* var. *latifolia* L.; Antioxidants; Citric acid; Cysteine; Conservation; Enzymatic browning; Polyphenoloxidase

1 INTRODUÇÃO

A escarola (*Cichorium endivia* var. *latifolia* L.) pertence à família Asteraceae, é originária da Índia e tendo sido utilizada como alimento pelos antigos egípcios, gregos e romanos. Esta folhosa perdurou na região mediterrânica durante séculos chegando ao Reino Unido aproximadamente no século XVI. Primeiramente, surgiram os tipos de folhas largas e, a partir do século XIII, surgiram os tipos de folhas estreitas e frisadas. Fazem parte do grupo de hortaliças folhosas mais populares no Brasil e são divididas em duas variedades: *Cichorium endivia* var. *Crispa* L., que tem folhas divididas e retorcidas com os bordos dentados, e *Cichorium endivia* var. *latifolia* L.: que possui folhas amplas, lisas e apenas os bordos dentados, conhecida como escarola ou chicória (CERMEÑO, 1996; RYDER, 1998; FILGUEIRA, 2007; DIAS, 2015).

A propagação da escarola é realizada pela semeadura em bandeja para o cultivo de mudas, acompanhada pelo transplante ao local definitivo. Em nível de produção e consumo no Brasil, a escarola apresenta destaque juntamente com o repolho, couve, rúcula e alface como o grupo das principais hortaliças folhosas (FELTRIM et al., 2006; FILGUEIRA, 2007). O amargor das folhas se deve a compostos glicosídeos, que estimula o apetite e a digestão (CONSTABEL et al., 2008).

As principais regiões produtoras do Brasil estão no centro-sul do país, sendo São Paulo o principal estado produtor, seguido de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Paraná. Em 2015, o Entrepasto Terminal São Paulo (ETSP) registrou a entrada de 5.197 toneladas de escarola vindas dos seguintes municípios do estado de São Paulo: Ibiúna, Piedade, Cotia, Mogi das Cruzes, Santa Izabel e Embu Guaçu (FILHO; OLIVEIRA, 2012; JORNAL ENTREPOSTO, 2016).

Usada principalmente na preparação de saladas ou na forma cozida, é avaliada como um alimento rico em nutrientes e vitaminas A, B1, B2, C, D e E, além dos minerais entre eles ferro, potássio, cálcio e fósforo; possui ainda alto teor de fibras. São atribuídos à escarola diversos benefícios devido aos compostos bioativos como carotenoides, flavonoides e compostos fenólicos, dentre eles a quercetina e kaempferol, o que agrega à escarola diversos benefícios antioxidantes (TIVERON, 2007; MURILLO et al., 2010). Propriedades medicinais são ressaltadas como, aumento da resistência do organismo contra infecções dos sistemas digestório, mantendo a saúde da pele e prevenindo a formação de cálculos renais e respiratório, assim como, apresenta propriedades estimulantes da vesícula e fígado, além de ter baixo valor calórico (BALBACH & BOARIM, 1992; SILVA, 2015, SOARES, 2016).

Devido ao ritmo de vida atual, os consumidores cada vez menos disponibilizam tempo para investir na alimentação, porém são exigentes e buscam por alimentos de qualidade que sejam saudáveis e de preparação fácil e rápida. No Brasil, embora tenha grande disponibilidade de produtos hortícolas, há perdas significativas durante a cadeia de produção, destacando as perdas ocorridas no campo, durante a pós-colheita e devido à falta de tecnologia adequada (ALVES, 2010). Porém, nos últimos anos, os produtores e distribuidores têm se conscientizado sobre essa perda, e utilizado estratégias como o processamento mínimo para reduzir o desperdício, visando o aproveitamento integral dos vegetais (CHITARRA, 2001; PILON, 2003; MELO, 2006).

Os alimentos minimamente processados (MP) surgiram devido à demanda da população, que exige produtos práticos aliados à preservação do frescor e da qualidade nutricional do alimento original (KORHONEN, 2002; BUCKLEY et al., 2007).

O processamento mínimo de hortaliças se baseia nas operações que se retiram as partes não comestíveis como cascas, talos e sementes. Este processo envolve cortes e estresses mecânicos, o que acaba causando rápida deterioração, dentre os principais danos destacam-se a aceleração da perda de água, aumento da taxa respiratória e produção de etileno, rompimento de organelas, escurecimento enzimático e modificação do sabor e aroma nas hortaliças. Essas alterações levam à menor vida útil em comparação com as hortaliças inteiras e necessita de condições especiais de acondicionamento, armazenamento e muitas vezes adição de conservantes para aumentar o tempo de prateleira (LUENGO et al., 1997; CENCI, 2011).

Um dos desafios do processamento mínimo de escarola é a vulnerabilidade ao escurecimento enzimático resultante de reações catalisadas por enzimas. As reações de escurecimento podem abranger diferentes compostos e atuar por diferentes vias químicas. Os principais grupos de reações que conduzem ao escurecimento são de oxidação enzimática dos fenóis, principalmente pela atividade da enzima PPO que tem papel principal no escurecimento de vegetais recém-cortados, o substrato *o*-difênol reage com o oxigênio formando σ -quinonas, resultando em melaninas escuras (CHANG, 2009; NUNES et al., 2011; MISHRA, et al., 2016). Essa enzima causa o surgimento de odores estranhos (“*off flavors*”), lignificação da parede e escurecimento do vegetal, levando ao desenvolvimento de sabores desagradáveis e perdas na qualidade nutricional (HAMINIUK et al., 2005).

A PPO e os substratos fenólicos estão localizados em diferentes compartimentos celulares, nos plastídios e vacúolos, respectivamente. Porém, com a quebra dos compartimentos celulares durante o processamento mínimo, as diferentes enzimas e substratos são liberados,

permitindo o contido e, conseqüentemente, a reação. A PPO é capaz de oxidar vários substratos, pois age catalisando a oxidação de substratos fenólicos por oxigênio molecular (CHISARI et al., 2010; GOMES et al., 2014). O principal problema do escurecimento enzimático sob o aspecto nutricional deve-se à probabilidade das *o*-quinonas interagirem com grupos amina e *tiol*, reduzindo a disponibilidade da lisina, metionina, tiamina e outros nutrientes essenciais (YANG, 2000; VILAS BOAS, 2002).

Entre os principais fatores no desenvolvimento do escurecimento enzimático gerado estão a concentração de PPO ativa, temperatura, oxigênio disponível e pH. O pH ótimo da PPO varia com a fonte da enzima e com o substrato, que na maioria dos casos situa-se entre 6 e 7, porém seu ajuste para valores inferiores a 4 possibilita o controle do escurecimento enzimático (PINELI et al., 2005; SANTOS, 2009; ARAÚJO, 2010).

Os alimentos minimamente processados possuem alta perecibilidade, por isso necessitam de conservantes que auxiliem a manter suas características visuais e nutricionais, que tenham como objetivo evitar perdas de coloração, sabor, aroma e qualidade nutricional (BARUFFALDI, 1998; EVANGELISTA, 2000). O uso de antioxidantes tem se mostrado eficaz para o controle do escurecimento enzimático em frutas e hortaliças (ARAÚJO, 2010; CENCI et al., 2011).

Além da aplicação de ácidos orgânicos, os aminoácidos estão sendo testados para aplicação em produtos minimamente processados com o objetivo de controlar o escurecimento enzimático (FAI et al., 2008). Conservantes como a cisteína e o ácido cítrico possuem essa finalidade, e são pesquisadas e usadas devido à facilidade na aplicação e efetividade do tratamento (ARAÚJO, 2010; CENCI et al., 2011). A cisteína é considerada um agente redutor, pois atua na prevenção do escurecimento enzimático, reduzindo as *o*-quinonas a difenóis (sem coloração), ou reagindo irreversivelmente com elas formando produtos estáveis e sem cor (MARSHAL, KIM e WEI, 2000).

A cisteína parece funcionar através de diferentes mecanismos, sendo eles a inibição direta da enzima e a ação sobre os produtos de reação enzimática (PRECZENHAK, 2017). De acordo com Ali et al. (2015), o mecanismo de ação da cisteína compete com o escurecimento enzimático de duas formas, em concentrações mais elevadas (1,0 M), sua ação se dá pela reação com quinonas, por meio do grupamento *tiol*, formando um aduto incolor e impedindo a formação da coloração amarronzada, enquanto nas baixas concentrações (até 2 mM) a cisteína funciona como inibidor da PPO, combatendo diretamente pelo sítio ativo da enzima.

A cisteína demonstrou efetividade contra o escurecimento enzimático em lichias, com doses de 0,25%, apresentando redução do índice de escurecimento do pericarpo e manutenção

do sistema antioxidante por 28 dias (ALI et al., 2016). De acordo com Amodio et al. (2011) 0,5% de cisteína foi o tratamento anti-escurecimento mais eficiente do que o ácido ascórbico e ácido cítrico para alcachofras minimamente processadas armazenadas.

Quando combinada com outros antioxidantes como o ácido cítrico, a cisteína tem sua eficácia aumentada (MELO; VILAS-BOAS, 2006; COSTA, 2010). O ácido cítrico é o ácido orgânico mais abundante encontrado em vegetais. É classificado como um agente quelante/sequestrante que faz parte do Compêndio da Legislação Brasileira de aditivos alimentares, disponibilizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para uso nos produtos hortícolas (BRASIL, 2001), podendo ser usado em sinergia com outros antioxidantes, e é de fácil aplicação, baixo custo e apresenta efetividade do tratamento (CENCI, 2011).

O ácido cítrico é amplamente utilizado por possuir ação acidulante e quelante e, além de reduzir o pH, pode complexar o cobre no centro ativo da PPO (ROCCULI et al., 2007; SOARES, 2016). O pH é o fator principal que influencia tanto a ação contra a inibição da PPO quanto a atividade dos aditivos, uma vez que as enzimas associadas ao escurecimento têm sua atividade comprometida em pH ácido abaixo de 4 (TOMÁS-BARBERÁN & SPÍN, 2001; GOMES et al., 2014; AMIOUR & HAMBABA, 2016).

Segundo Soares (2016), soluções de 1% ácido cítrico aplicadas em escarolas minimamente processadas apresentaram resultados satisfatórios e aumento do tempo de vida útil. A imersão de cenoura picada em solução de ácido cítrico com concentração entre 1 mM e 100 mM apresentou melhoria na taxa respiratória e prevenção da descoloração (KATO NOGUCHI & WATADA, 1997). De acordo com Manolopoulou & Varzakas (2011), soluções de 1% ácido cítrico combinado ao armazenamento em baixa temperatura (0°C) prolongou a vida útil do repolho minimamente processado por 22 dias.

Outros trabalhos ressaltam o potencial da cisteína em associação com ácido cítrico contra o escurecimento. Gonçalves (2007) testou doses de cisteína 0,5% combinadas de ácido cítrico 2% e verificou aumento da vida útil da maçã 'Reineta' minimamente processada. Altunkaya & Gokmen (2009) obtiveram bons resultados utilizando 0,05% de cisteína e 0,05% de ácido cítrico em alface minimamente processada.

Considerando estes aspectos, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a eficiência da cisteína, isoladamente ou em associação com o ácido cítrico, na redução do escurecimento enzimático e conservação da qualidade de escarola minimamente processada.

Referências

- ALI, H. M.; et al. Browning inhibition mechanisms by cysteine, ascorbic acid and citric acid, and identifying PPO-catechol-cysteine reaction products. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 6, p. 3651-3659, 2015.
- 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.
- ALTUNKAYA, A.; GÖKMEN, V. Effect of various anti-browning agents on phenolic compounds profile of fresh lettuce (*L. sativa*). **Food Chemistry**, v. 117, n. 1, p. 122-126, 2009.
- ALVES, J. A. Qualidade de produto minimamente processado à base de abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 625-634, 2010.
- AMIOUR, S. D.; HAMBABA, L. Effect of pH, temperature and some chemicals on polyphenoloxidase and peroxidase activities in harvested Deglet Nour and Ghars dates. **Postharvest Biology and Technology**, v 111, p. 77–82, 2016.
- AMODIO, M. ; CABEZAS-SERRANO, A. B., PERI, G., & COLELLI, G. Post-cutting quality changes of fresh-cut artichokes treated with different anti-browning agents as evaluated by image analysis. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, n. 2, p. 213-220, 2011.
- ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 4. Ed. Viçosa: UFV. 596 p. 2010.
- BALBACH, A.; BOARIM, D. S.F. **As frutas na medicina natural**. Itaquaquecetuba-SP: Ed. Missionária, 1992.
- BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Conservação de Alimentos por Tratamento Térmico / Operações e Processos Unitários. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo, SP: Atheneu, v. 3, capítulo 3, p. 27-61 e capítulo 5, p. 83-122, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC 12 de 2 de janeiro de 2001.

BUCKLEY, M.; COWAN, C.; MCCARTHY, M. The convenience food market in Great Britain: Convenience food lifestyle (CFL) segments. **Appetite**, London, 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**, p. 144, 2011.

CERMEÑO, Z. S. **Viente cultivos de hortalizas en invernadero**. Sevilla: [s.n.], p. 638, 1996.

CHANG, T. An updated review of tyrosinase inhibitors. **International journal of molecular sciences**, v. 10, n. 6, p. 2440-2475, 2009.

CHISARI, M.; TODARO, A.; BARBAGALLO, R.N.; SPAGNA, G. Salinity effects on enzymatic browning and antioxidant capacity of fresh-cut baby Romaine lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Duende).). **Food Chemistry**, New York, v. 119, n.4, p. 1502-1506, 2010.

CHITARRA, M. I. F. **Alimentos minimamente processados**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

CONSTABEL, C. P.; BARBEHENN, R. Defensive roles of polyphenol oxidase in plants. In: **Induced plant resistance to herbivory**. Springer, Dordrecht, p. 253-270, 2008.

COSTA, A. C. **Estudo de conservação de pêssego [*Prunus pérsica* (L) Batsch] minimamente processado**, Tese (Doutorado). Pelotas. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu. 2010.

DIAS, M. A. D. **Estudo do desempenho de filmes biodegradáveis numa cultura de ciclo curto - Escarola (*Cichorium endivia* L.)**. Dissertação de mestrado em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal. 54 pp, 2015.

Evangelista J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu; 2002.

FAI, A. E. C. et al. Potencial biotecnológico de quitosana em sistemas de conservação de alimentos. **Revista iberoamericana de polímeros**, v. 9, n. 5, p. 435-451, 2008.

FELTRIM, A.L.; CECÍLIO FILHO, A.B.; REZENDE, B.L.A.; BARBOSA, J.C. Produção de chicória em função do período de cobertura com tecido de polipropileno. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 24, p. 249-254, 2006.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção de hortaliças. 3. ed. ver. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 421, 2007.

FILHO, W. P.; OLIVEIRA, A.C. Perfil da olericultura no Brasil e em São Paulo. Viçosa-MG, 2012. Disponível em:
http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/estudos_lupa/Perfil_da_Olericultura_SP_20112012.pdf.
 Acesso em: 7 fev. 2019.

GOMES, M. H. et al. Polyphenoloxidase activity and browning in fresh-cut 'Rocha' pear as affected by pH, phenolic substrates, and antibrowning additives. **Postharvest Biology and Technology**, v. 91, p. 32-38, 2014.

GONÇALVES, A. **Efeito da Aplicação de Revestimentos Comestíveis Enriquecidos em Antioxidantes na Conservação de Frutos Minimamente Processados**. Dissertação (Mestrado em Controlo de Qualidade e Toxicologia dos Alimentos) - Universidade de Lisboa, Faculdade de Farmácia, 2007.

HAMINIUK, C.W.I. **Comportamento reológico e fracionamento péctico das polpas integrais de araçá (*Psidium cattleianum* sabine) e amora-preta (*Rubus* spp)** . Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

JORNAL ENTREPOSTO. Amargo da escarola é indício de benefícios para combater doenças graves. **Jornal Entrepasto**, São Paulo, 01 jun. 2016. Disponível em:
 <<http://www.jornalentrepasto.com.br/mercado/24-verduras/2030-amargo-da-escarola-e-indicio-de-beneficios-para-combater-doencas-graves>>. Acesso em: 16 jan. 2019.

KATO-NOGUCHI, H.; WATADA, A.E. Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. **HortScience**, v. 32, n. 1, p. 136, 1997.

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

LUENGO, R.; LANA, M. M. Processamento mínimo de hortaliças. **Embrapa Hortaliças- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 1997.

MANOLOPOULOU, E.; VARZAKAS, T. Effect of storage conditions on the sensory quality, colour and texture of fresh-cut minimally processed cabbage with the addition of ascorbic acid, citric acid and calcium chloride. **Food and Nutrition Sciences**, Bologna, v. 2, n. 1, p. 956-963, 2011.

MARSHALL, M. R.; KIM, J.; WEI, C. Enzymatic browning in fruits, vegetables and seafoods. **FAO**, Rome, v. 49, 2000.

MELO, A. A. M.; VILAS BOAS, EV de B. Inibição do escurecimento enzimático de banana maçã minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v. 26, n. 1, p. 110-115, 2006.

MISHRA, B. B.; GAUTAM, S. Polyphenol Oxidases: Biochemical and molecular characterization, distribution, role and its control. **Enzyme Engineering**, v. 5, n. 1, p. 141- 149, 2016.

MURILLO, E.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.; PORUGAL, F. Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxanthin. **Food Chemistry**, New York, v. 122, p. 167-172, 2010.

NUNES, M.C.D.N. Correlations between subjective quality and physicochemical attributes of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 107, p. 43-54, 2015.

PILON, L. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas bob atmosfera modificada e refrigeração**. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Escola Superior da Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PINELI, L. L. O.; MORETTI, C. L.; ALMEIDA, G. C.; NASCIMENTO, B. G.; ONUKI, A. C. A. Associação de atmosfera modificada e antioxidantes reduz o escurecimento de batatas “Ágata” minimamente processadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 993-997, 2005.

PRECZENHAK, A. P. **Conservação da qualidade visual e dos compostos bioativos de beterraba minimamente processada**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo Escola Superior da Agricultura “Luíz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 2017.

ROCCULI, P. et al. Effects of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 43, n. 1, p. 151-157, Jan. 2007.

RYDER, E. J. Lettuce, endive and chicory. **Wallingford: CABI**. 208 p, 1998.

SANTOS, I.R.C. **Escurecimento enzimático em frutos: polifenoloxidase de Atemóia (Annona cherimola Mill. X Annona squamosa L.)**. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, Departamento de Alimentos e Nutrição, p.119, Araraquara, 2009.

SILVA, A. K. Qualidade em blends de frutas tropicais adicionados de extratos vegetais. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 1, 2015.

SOARES, C. D. F. **Qualidade de escarola minimamente processada em função de métodos de conservação**. Tese de mestrado. Universidade de São Paulo Escola Superior da Agricultura “Luíz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 2016.

TIVERON, A. P. **Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidos no Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo Escola Superior da Agricultura “Luíz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 2010.

TOMÁS-BARBERAN, F.; ESPIN, J.C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables, **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Weinheim, v. 81 n. 9, p. 853-876, 2001.

VILAS BOAS, E.V. B. Tecnologia de processamento mínimo de banana, mamão e kiwi. Seminário Internacional de Pós-colheita e Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Brasília, **Embrapa Hortaliças**, p. 1-7. 2002.

YANG, C-P.; FUJITA, S.; ASHRAFUZZMAN, M.D.; NAKAMURA, N.; HAYASHI, N. Purification and characterization of polyphenol oxidase from banana (*Musa sapientum* L.) pulp. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 7, p. 2.732-2.735, 2000.

2 CISTEÍNA REDUZ O ESCURECIMENTO DE ESCAROLA MINIMAMENTE PROCESSADA

RESUMO

Devido ao processamento mínimo, a escarola é submetida à condições de estresses, que causam alterações no metabolismo e consequências indesejáveis, como aumento do escurecimento enzimático, causado pela enzima polifenoloxidase (PPO), e com redução na vida útil. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de doses do aminoácido cisteína na manutenção da qualidade de escarola minimamente processada (MP). As folhas de escarolas foram submetidas ao corte manual em tiras com largura aproximada de 2 cm. Os tratamentos foram: controle (sem cisteína) e doses de cisteína (0,05%; 0,1%; 0,2% e 0,3 %). A escarola minimamente processadas foram armazenadas a 5°C e 95% UR por 12 dias. A taxa respiratória, produção de etileno, sólidos solúveis, acidez titulável, luminosidade e cor, índice de escurecimento, capacidade antioxidante, atividade da polifenoloxidase e compostos fenólicos totais, foram avaliados aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias. Os resultados mostraram que o uso de 0,2% de cisteína foi a dose mais eficiente no controle do escurecimento enzimático e aumentando o tempo de prateleira do produto minimamente processado.

Palavras-chave: *Cichorium endivia* var. *latifolia* L.; Antioxidantes; Cisteína; Refrigeração; Escurecimento enzimático; Polifenoloxidase

ABSTRACT

Due to the minimal processing the escarole goes through operations subjected to stress conditions, which cause alterations in metabolism and undesirable consequences, such as increased enzymatic browning caused by the enzyme polyphenoloxidase (PPO) and Reduction in service life. The objective of this work was to evaluate the efficiency of different doses of the amino acid cysteine in the maintenance of the quality of minimally processed escarole (MP), where the leaves of escarole were subjected to manual cutting in strips with an approximate width of 2 cm. Treatments were: control (without cysteine) and cysteine doses (0.05%; 0.1%; 0.2% and 0.3%). Minimally processed escarole was stored at 5 ° C and 95% RH for 12 days. The respiratory rate, ethylene production, soluble solids, titratable acidity, luminosity and color, darkening index, antioxidant capacity, polyphenoloxidase activity and total phenolic compounds were evaluated at 0, 3, 6, 9 and 12 days. The results showed that the use of 0.2% of cysteine was the best effective dose for minimally processed escarole, resulting in a decrease in the darkening index and increasing the shelf time of the minimally processed product.

Keywords: *Cichorium endivia* var. *latifolia* L.; Antioxidants; Cysteine; Cold storage; Enzymatic browning, polyphenoloxidase

2.1 Introdução

A escarola (*Cichorium envidia* var. *latifolia* L.) pertence à família Asteraceae, conhecida popularmente como escarola ou chicória lisa, uma hortaliça herbácea que possui folhas largas, alongadas, lisas, com bordas dentados e caule reduzido. Cultivada na Ásia, Europa, América do Sul e América do Norte (FELTRIM et al., 2006), é descrita como uma planta vivaz e de altura média, sendo que suas variedades cultiváveis se adaptam bem ao clima temperado (FILGUEIRA, 2007; TIVERON, 2007; SOARES, 2016).

Devido às suas propriedades funcionais e seu valor nutritivo, a escarola possui grande destaque entre as hortaliças. Os produtos minimamente processados (MP) possuem o benefício de serem vendidos já lavados, cortados e/ou descascados, embalados, limpos e ainda possuírem as características do produto *in natura*, como alto valor nutritivo, frescor e sabor (SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

Entretanto, a fisiologia dos produtos hortícolas minimamente processados é semelhante à fisiologia de tecidos vegetais que sofreram injúrias, devido às operações como descascamento, corte e centrifugação, comuns durante o processamento mínimo. Assim, são observadas alterações no metabolismo dos vegetais, aumento da taxa respiratória e da produção de etileno, e consequências que são de natureza química e física: escurecimento enzimático, oxidação de lipídios ou aumento na perda de água, acarretando em uma curta vida útil e perda rápida da qualidade comercial quando comparado ao produto inteiro (SARANTÓPOULOS et al., 2002; MANOLOPOULOU; VARZAKAS, 2011; HERNÁNDEZ et al., 2014).

Aproximadamente 50% das perdas em hortaliças ocorrem como resultado do escurecimento enzimático, portanto o controle do escurecimento torna-se crucial para a redução das perdas. Resultado de injúrias físicas e fisiológicas o escurecimento enzimático de vegetais tem início com a oxidação de compostos fenólicos. As lesões causadas durante o processamento mínimo levam ao colapso celular e como resultado a descompartimentalização dessas células, causando o contato destes compostos com enzimas associadas ao escurecimento, dentre as quais a polifenoloxidase (PPO) uma das principais causadoras do escurecimento enzimático (VILAS BOAS, 2002; SILVA et al; 2009; RAMOS et al., 2013; ALI et al., 2016).

Os aditivos são muito utilizados como retardadores dos processos oxidativos, aumentando o tempo de vida útil e qualidade do produto, podendo ter propriedade antioxidantes, acidulantes e/ou quelantes. Os aminoácidos estão sendo amplamente utilizados com o objetivo de diminuir e prevenir o escurecimento (CHITARRA, 2001; BELLOSO et al., 2007; OLIVEIRA; 2011).

O uso de aminoácidos sulfurados é indicado pois diminui as respostas causadas pelo estresse e controla a ação da PPO (ALI et al., 2015).

A cisteína é um aminoácido polar sulfurado com a presença de um grupo *tiol*, que exerce papel importante na estabilização das proteínas de estrutura terciária, através de ligações covalentes. Possui poder de inibição sobre a PPO que depende da concentração cisteína/fenólicos (VILAS BOAS et al., 2009; PRECZENHAK, 2017). Diferentes mecanismos de ação de cisteína são propostos: redução das *o*-quinonas à *o*-dihidroxifenóis; inibição direta da atividade da polifenoloxidase e reação com *o*-quinonas dando origem a compostos incolores *cis*-quinona, podendo ocorrer a regeneração dos fenólicos precursores (RICHARD-FORGET et al., 1992; ALI et al., 2016).

Trabalhos vem demonstrando a eficiência da cisteína. Em peras fatiadas cobertas com revestimentos comestíveis à base de amido e cisteína com dosagens de 1,0% e 1,5%, analisadas nos dias zero, dois, quatro e seis, apresentaram-se significativamente mais firmes quando comparadas ao tratamento controle (BOTREL et al., 2010). Gómez-López et al. (2008) constataram que a imersão em soluções de 0,5% cisteína preveniu o escurecimento enzimático de alface e repolho minimamente processados.

Considerando estes aspectos, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência das diferenças doses do aminoácido cisteína na redução do escurecimento e na manutenção de outros aspectos de qualidade de escarola minimamente processada.

2.2 Conclusão

Com base nos dados apresentados, pode-se verificar que o aminoácido cisteína pode ser utilizado em escarola minimamente processado para reduzir o escurecimento, sendo o tratamento 0,2% de cisteína o mais indicado para conservação da escarola minimamente processada por período de 12 dias em armazenamento refrigerado a 5°C. Este tratamento manteve baixo índice de escurecimento, diminuição da taxa respiratória e apresentou os valores mais estáveis do início ao final do armazenamento na luminosidade do produto.

Referências

- ALI, H. M. et al. Browning inhibition mechanisms by cysteine, ascorbic acid and citric acid, and identifying PPO-catechol-cysteine reaction products. **Journal of Food Science and Technology-Mysore**, v. 52, n. 6, p. 3651-3659, 2015.
- 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.
- BELLOSO, O. M.; FORTUNY, R. S.; SU, G. O. Avances en la Mejora de la Calidade Comercial de los Frutos Frescos Cortados: Aspectos Fisico-Químicos y Microbiológicos. In: **V Congresso Iberoamericano de Tecnologia Pós-Colheita e Agro-Exportações, Cartagena**. 2007.
- BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; CAMILLOTO, G. P.; FERNANDES, R. V. B. Revestimento ativo de amido na conservação pós-colheita de pera Williams minimamente processada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 8, p.1814-1820, 2010.
- CHITARRA, M. I. F. **Alimentos minimamente processados**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.
- FELTRIM, A.L.; CECÍLIO FILHO, A.B.; REZENDE, B.L.A.; BARBOSA, J.C. Produção de chicória em função do período de cobertura com tecido de polipropileno. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 24, p. 249-254, 2006.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção de hortaliças**. 3. ed. ver. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 421 . 2007.
- GÓMEZ-LÓPEZ, V. M. et al. Shelf-life of minimally processed lettuce and cabbage treated with gaseous chlorine dioxide and cysteine. **International journal of food microbiology**, v. 121, n. 1, p. 74-83, 2008.
- HERNÁNDEZ, A.E.; MÁRQUEZ CARDOZO, C.J.; RESTREPO FLORES, C.E.; CANO SALAZAR, J.A.; PATIÑO GÓMEZ, J.H. Aplicación de tratamiento térmico, recubrimiento comestible y baño químico como tratamientos poscosecha para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas. **Acta Agronómica**, Colombia, v. 63, n. 1, p. 1-10, 2014.

- PRECZENHAK, A. P. **Conservação da qualidade visual e dos compostos bioativos de beterraba minimamente processada**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- RAMOS, P. A. S. et al. Efeito de inibidores da peroxidase sobre a conservação de raízes de mandioca in natura/Effect of peroxidase inhibitors on the conservation of fresh cassava roots. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 2, p. 116, 2013.
- RICHARD-FORGET, F.C.; GOUPY, P.M.; NICOLAS, J.J. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. kinetic studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, n. 11, p. 2.108-2.113, 1992.
- SANTOS, J. S.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Revisão: alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2012.
- SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; OLIVEIRA, T.B.F. Avaliação de embalagens de hortaliças folhosas minimamente processadas do mercado brasileiro. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 53-60, 2002.
- SILVA, M. V.; ROSA, C. I. L. F.; VILAS BOAS, E. V. B. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 1, p. 83-96, 2009.
- SOARES, C. D. F. **Qualidade de escarola minimamente processada em função de métodos de conservação**. Tese de mestrado. Universidade de São Paulo Escola Superior da Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 2016.
- TIVERON, A. P. **Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidos no Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo Escola Superior da Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 2010.
- VILAS BOAS, E.V. B. Tecnologia de processamento mínimo de banana, mamão e kiwi. Seminário Internacional de Pós-colheita e Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Brasília, **Embrapa Hortaliças**, p. 1-7, 2002.
- VILAS BOAS, E.V. B. V.; REIS, C. M. F.; MELO, A. A. M. Uso de misturas químicas para a manutenção da firmeza de banana ‘prata’ minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 237-244, 2009.

3 EFEITO DE ADITIVOS NAS CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DE ESCAROLAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

RESUMO

A escarola minimamente processada sofre escurecimento enzimático devido à ação da polifenoloxidase (PPO), degradando a aparência do produto. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de aditivos na diminuição do escurecimento enzimático e manutenção da qualidade de escarola minimamente processada (MP) cortadas em tiras com largura aproximada de 2 cm. Os tratamentos foram: controle (sem aditivos conservantes); 1% de ácido cítrico; 0,2% de cisteína; 0,2% de cisteína + 1% de ácido cítrico. As escarolas minimamente processadas foram armazenadas sob refrigeração a 5°C e 95% UR por 12 dias. A luminosidade e cor, sólidos solúveis, índice de escurecimento, capacidade antioxidante, atividade da polifenoloxidase e compostos fenólicos totais, foram avaliados em 0, 3, 6, 9 e 12 dias. Ambos agentes conservantes utilizados cisteína e ácido cítrico, trouxeram resultados positivos para o produto MP, sendo que o tratamento com 0,2% de cisteína obteve maior efeito na inibição do índice de escurecimento das folhas aumentando o tempo de prateleira do produto minimamente processado pelo período de 12 dias.

Palavras-chave: *Cichorium endivia* var. *latifolia* L.; Antioxidantes; Ácido Cítrico; Cisteína; Conservação; Escurecimento enzimático; Polifenoloxidase

ABSTRACT

The minimally processed escarole undergoes enzymatic darkening due to the action of Polyphenoloxidase (PPO), degrading the appearance of the product. Thus, the objective of this work was to evaluate the efficiency of additives in the reduction of enzymatic browning and maintenance of the quality of minimally processed escarole (MP) cut into strips with an approximate width of 2 cm. The treatments were: control (no preservatives additives); 1% citric acid; 0.2% cysteine; 0.2% cysteine + 1% citric acid. The minimally processed escarole were stored under refrigeration at 5 ° C and 95% RH for 12 days. The luminosity and color, soluble solids, darkening index, antioxidant capacity, polyphenoloxidase activity and total phenolic compounds were evaluated at 0, 3, 6, 9 and 12 days. Both preservatives used cysteine and citric acid, brought positive results for the MP product, and the treatment with 0.2% of cysteine had a greater effect on the inhibition of the leaf darkening index, increasing the shelf time of the Minimally processed product for the 12-day period.

Keywords: *Cichorium endivia* var. *latifolia* L.; Antioxidants; Citric acid; Cysteine; Conservation; Enzymatic browning; Polyphenoloxidase

3.1 Introdução

Pertencente à família Asteraceae, a *Cichorium endivia* L. é uma hortaliça que possui folhas largas e alongadas, constituindo o grupo de hortaliças folhosas mais populares no Brasil. São conhecidas duas variedades: *Cichorium endivia* var. *Crispa* L., e *Cichorium endivia* var. *latifolia* L., essa última conhecida popularmente como escarola (CERMEÑO, 1996; RYDER, 1998; FILGUEIRA, 2003; SOARES, 2016).

Geralmente é comparada à alface, porém apresenta maiores teores de fósforo, sódio, potássio e fibra. Os compostos bioativos presentes na escarola, como os compostos fenólicos, trazem benefícios a saúde, prevenindo doenças degenerativas e aumentando a resistência física, já que esses compostos possuem ação neutralizante sobre ácidos no organismo (BALBACH & BOARIM, 1992; SILVA, 2015, SOARES, 2016).

O ritmo de vida atual dos consumidores faz com que estes tenham cada vez menos tempo para dedicar-se à alimentação e preparo dos alimentos, buscando opções que sejam saudáveis, de elaboração simples, rápida e com maior facilidade de transporte. Nesse sentido, os alimentos minimamente processados (MP) estão aliados à conveniência, praticidade, preservação do frescor e da qualidade nutricional no alimento original (BUCKLEY et al., 2007; SANTOS; OLIVEIRA, 2012; COZZOLINO et al., 2016).

O principal desafio do processamento mínimo da escarola é o escurecimento enzimático, a enzima polifenoloxidase é a grande responsável por este acontecimento. As reações ocorrem através das rupturas das células durante o processamento (SANTOS, 2009 ARAÚJO, 2010).

Portanto, é necessário o uso de técnicas para auxiliar a conservação e diminuir o escurecimento enzimático dos MP. O uso de antioxidantes vem sido utilizado, e consiste na imersão do produto em soluções de forma isolada ou em combinações, sinergia. Esses compostos são capazes de reduzir a perda de nutrientes e pigmentos e inibir enzimas que causam o escurecimento, assim melhorando os aspectos qualitativos do alimento (SUTTIRAK; MANURAKCHINAKORN, 2010).

A cisteína é um aminoácido polar sulfurado com a presença de um grupo *tiol*, que exerce papel importante na estabilização das proteínas de estrutura terciária, através de ligações covalentes. Devido a estas características moleculares, o aminoácido possui poder de inibição do escurecimento (VILAS BOAS et al., 2009). Permanecem diferentes mecanismos de ação da cisteína: 1) redução das *o*-quinonas a *o*-dihidroxifenóis 2) inibição direta da atividade da

polifenoloxidade e 3) reação com *o*-quinonas dando origem a compostos incolores cis-quinona (RICHARD-FORGET et al., 1992; ALI et al., 2015).

Em batatas MP o uso de 1% de cisteína inibiu o escurecimento enzimático e atividade da PPO (ROCCULI et al., 2007). Estudos indicam a tendência do uso de cisteína como antioxidante, e a importância deste na conservação de vegetais minimamente processadas (PACE et al, 2014; ALI et al., 2016).

O ácido cítrico (AC) é um ácido orgânico encontrado abundantemente em vegetais, este agente acidulante é o mais utilizado pela indústria alimentícia. O AC reduz o pH e pode complexar o cobre no centro ativo da enzima PPO (MODA et al., 2005; ROCCULI et al., 2007). De acordo com Vitti et al (2003) esse conservante possui ação protetora sobre os pigmentos.

Segundo Soares (2016) o uso do tratamento 1% ácido cítrico em escarolas MP diminuiu o escurecimento enzimático e aumentou o tempo de vida útil em 21 dias. Em maçãs 'Reineta' MP o tratamento de cisteína 0,5% combinada de ácido cítrico 2% preservou a cor durante 3 dias de armazenamento em câmara a 4°C e com umidade relativa superior a 90%. (GONÇALVES, 2007).

Considerando estes aspectos, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a eficiência do ácido cítrico e cisteína na redução do escurecimento enzimático e manutenção de outros aspectos de qualidade de escarola minimamente processada.

3.1 Conclusões

A conservação da escarola minimamente processada está relacionada diretamente com a inibição do escurecimento enzimático. O tratamento mais eficiente na inibição do IE foi 0,2% de cisteína, que manteve a qualidade visual comercializável por um período de até 12 dias. Por isso, de maneira geral, o tratamento com 0,2% de cisteína obteve maior efeito na inibição do índice de escurecimento da escarola minimamente processada.

Referências

- ALI, H. M. et al. Browning inhibition mechanisms by cysteine, ascorbic acid and citric acid, and identifying PPO-catechol-cysteine reaction products. **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 6, p. 3651-3659, 2015.
- 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.
- ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 4. Ed. Viçosa: UFV. 596 p. 2010.
- BALBACH, A.; BOARIM, D.S.F. **As hortaliças na medicina natural**. Missionária, São Paulo, 291p. 1992.
- BUCKLEY, M.; COWAN, C.; MCCARTHY, M. The convenience food market in Great Britain: Convenience food lifestyle (CFL) segments. **Appetite**, London, v. 49, n. 3, p. 600- 617, 2007.
- CERMEÑO, Z. S. **Viente cultivos de hortalizas en invernadero**. Sevilla: [s.n.] 1996. 638 p.
- COZZOLINO, R.; MARTIGNETTI, A.; PELLICANO, M. P.; STOCCHERO, M.; CEFOLA, M.; PACE, B.; DE GIULIO, B. Characterization of volatile profile and sensory analysis of fresh-cut "Radicchio di Chioggia" stored in air or modified atmosphere. **Food Chemistry**, New York, v. 192, n. 1, p. 603-611, 2016.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.
- GONÇALVES, A., **Efeito da Aplicação de Revestimentos Comestíveis Enriquecidos em Antioxidantes na Conservação de Frutos Minimamente Processados**. Dissertação (Mestrado em Controlo de Qualidade e Toxicologia dos Alimentos) - Universidade de Lisboa, Faculdade de Farmácia, 2007.
- MODA, E.M.; SPOTO, M.H.F.; HORII, J.; ZOCCHI, S.S. Uso de peróxido de hidrogênio e ácido cítrico na conservação de cogumelos *Pleurotus sajor-caju* 'in natura'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.2, p.291-296, 2005.
- PACE B., CAPOTORTO I., VENTURA M., CEFOLA M. Evaluation of L-cysteine as anti-browning agent in fresh-cut lettuce processing. **J Food Process Preserv** 39:985–993, 2015.

RICHARD-FORGET, F.C.; GOUPY, P.M.; NICOLAS, J.J. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. kinetic studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, n. 11, p. 2.108-2.113, 1992.

ROCCULI, P.; GALINO, F. G.; MENDOZA, F.; WADSÖ, L.; ROMANI, S.; DALLAROSA, M. SJÖHOLM, I. Effects of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, n. 1, p. 151-157. Janeiro, 2007.

RYDER, E. J. Lettuce, endive and chicory. **Wallingford: CABI**, 1998. 208 p.

SANTOS, I.R.C. **Escurecimento enzimático em frutos: polifenoloxidase de Atemóia (Annona cherimola Mill. X Annona squamosa L.)**. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, Departamento de Alimentos e Nutrição, p.119, Araraquara, 2009.

SANTOS, J. S.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Revisão: alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2012.

SILVA, A. K. et al. Qualidade em blends de frutas tropicais adicionados de extratos vegetais. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 1, 2015.

SOARES, C. D. F. **Qualidade de escarola minimamente processada em função de métodos de conservação**. Tese de mestrado. Universidade de São Paulo Escola Superior da Agricultura “Luíz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 2016.

SUTTIRAK, W.; MANURAKCHINAKORN, S. Potential application of ascorbic acid, citric acid and oxalic acid for browning inhibition in fresh-cut fruits and vegetables. **Walailak Journal of Science and Technology**, Walailak, v. 7, n. 1, p. 5-14, 2010.

VILAS BOAS, E. V. B.; REIS, C. M. F.; MELO, A. A. Uso de misturas químicas para a manutenção da firmeza de banana ‘prata’ minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 237-244, 2009.

VITTI, M.C.D.; KLUGE, R.A.; YAMAMOTTO, L.K.; JACOMINO, A.P. Comportamento da beterraba minimamente processada em diferentes espessuras de corte. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 623-626, 2003.