

# Escurecimento de polpa de maçãs 'Fuji', 'Cripps Pink' e 'SCS427 Elenise' para uso como minimamente processadas

Cristiane Carlesso<sup>1</sup>, Thyana Lays Brancher<sup>2</sup>, Marcus Vinícius Kvitschal<sup>3</sup>, Maraisa Crestani Hawerth<sup>4</sup> e Luiz Carlos Argenta<sup>5</sup>

**Resumo** – o objetivo deste trabalho foi comparar o escurecimento da polpa de maçãs 'SCS427 Elenise', 'Fuji' e 'Cripps Pink' após serem cortadas, simulando o preparo de alimento minimamente processado. Foram conduzidos dois experimentos, o primeiro utilizando frutos recém-colhidos e o segundo com frutos armazenados por 75 e 120 dias em atmosfera do ar a 1°C. Os frutos foram cortados transversalmente na região equatorial e a cor da polpa analisada por sensores colorimétricos digitais, periodicamente, entre 0 até 48 horas após o corte. Maçãs 'Cripps Pink' apresentaram maior escurecimento da polpa, em ambos os experimentos. A polpa das maçãs 'SCS427 Elenise' exibiu escurecimento mais lento até o ponto de escurecimento máximo em ambos os experimentos, o que sugere serem mais apropriados ao processamento mínimo sem o uso de substâncias antioxidantes que maçãs 'Fuji' e 'Cripps Pink'.

**Termos para indexação:** Maçã *in natura*; Minimamente processados; Atividade enzimática; Índice de escurecimento.

## Flesh browning in Fuji, Cripps Pink and SCS427 Elenise apples

**Abstract** – This study aimed to evaluate the flesh browning index of SCS427 Elenise, Fuji and Cripps Pink apples after cutting, simulating the preparation of minimally processed food. Two distinct experiments were performed, one using newly harvested fruits and the other after storage of 75 and 120 days at a common cold atmosphere at 1°C. The fruits were cut in the equatorial portion and the flesh was evaluated by digital colorimetric sensors throughout 0 to 48 hours after cutting. 'Cripps Pink' apples presented the highest flesh browning in both experiments. Whereas 'SCS427 Elenise' apples showed the lowest flesh browning and took longer to reach their maximum index than the other cultivars, which means they are more recommended for minimally processed food than 'Fuji' and 'Cripps Pink' apples.

**Index terms:** Fresh apple; Minimally processed foods; Browning index; Enzymatic activity.

Alimentos minimamente processados (AMP) são frutas ou hortaliças higienizadas e cortadas para remover partes não comestíveis e/ou reduzir seu tamanho para torná-las prontas para consumo. Embora esse processamento favoreça o consumo desses alimentos, particularmente em grandes centros urbanos, ele causa lesão celular, tornando-os mais susceptíveis à deterioração (VELDERRAIN-RODRÍGUEZ et al., 2015; ALBERTI & MAFRA, 2014). Um dos sintomas típicos de deterioração de AMP é o escurecimento (amarronzamento) da sua superfície, resultante da oxidação enzimática de compostos fenólicos (OLIVEIRA et al., 2008). Essa reação enzimática é, portanto, prejudicial à manutenção da qualidade de frutas e legumes minimamente processadas, pois altera o aspecto visual dos produtos, diminuindo a sua atratividade.

A oferta de maçãs minimamente processadas e com baixo escurecimento da polpa se torna possível a partir do tratamento com compostos antioxidantes, tais como eritorbatos, logo após o corte dos frutos (CANTILLANO et al, 2017). Destaca-se também o uso de atmosfera com baixo oxigênio, assim como o desenvolvimento de genótipos de maçãs com baixa susceptibilidade ao escurecimento após o corte (MAXMEN, 2017). Observações empíricas indicam que algumas das novas variedades de maçãs exibem escurecimento da polpa mais lento e menos acentuado depois de cortadas. Por isso, esse trabalho objetivou avaliar o escurecimento da polpa da maçã 'Elenise' em comparação às maçãs 'Fuji' e 'Cripps Pink' em diferentes momentos após o corte das frutas.

Foram selecionados frutos de tamanho e estágio de maturação simila-

res [índice de iodo-amido entre 4 e 5, conforme escala de 1 a 9 definida por Argenta (2002) dos cvs. Fuji, Cripps Pink e Elenise, colhidos em 2018. Dois experimentos independentes foram conduzidos. Na execução do primeiro experimento foram analisadas maçãs recém-colhidas, as quais foram cortadas 24 horas após a colheita. No segundo experimento, os frutos foram armazenados em ar refrigerado a 1°C ± 1°C por 75 e 120 dias e cortados logo após serem retirados da armazenagem. Ambos os experimentos foram instalados sob delineamento inteiramente casualizado, compostos por 3 repetições de 10 frutos cada.

Os frutos foram cortados transversalmente na região equatorial, acondicionados em bandejas de papelão e armazenadas em câmara de ar refrigerado a 1°C ± 1°C. A avaliação do escurecimen-

Recebido em 21/5/21. Aceito para publicação em 17/9/21.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i1.1179>

<sup>1</sup> Engenheira-agrônoma, M.Sc., Universidade do Estado de Santa Catarina, Udesc/CAV, Lages, SC. E-mail: criscarlesso2016@gmail.com

<sup>2</sup> Bacharel em Biotecnologia Industrial, Dra., Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, MG. E-mail: thyanabrancher@gmail.com

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Caçador. E-mail: marcusvinicius@epagri.sc.gov.br

<sup>4</sup> Engenheira-agrônoma, Dra., InnoveAgro - Pesquisa e Consultoria Agronômica, Vacaria, RS. E-mail: maraisachawerth@gmail.com

<sup>5</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Estação Experimental de Caçador. E-mail: argenta@epagri.sc.gov.br

to da polpa foi realizada periodicamente ao longo de 48 horas a partir do corte das maçãs (as leituras foram realizadas no interior da câmara fria) com colorímetro de bancada (Minolta Chroma Meter, modelo CR300, área de leitura de 8mm de diâmetro).

A avaliação do escurecimento da polpa foi realizada pelo índice de escurecimento, usualmente conhecido como *Browning Index* (BI, adimensional), a partir dos valores dos parâmetros colorimétricos *L*, *a* e *b*, sendo que o parâmetro *L* determina a luminosidade, *a* coordenadas de verde a vermelho e *b* coordenadas de azul a amarelo, conforme fórmula abaixo (PEPA et al., 2020):

$$BI = \frac{100(x-0,31)}{0,17}$$

onde:

$$x = \frac{a + 1,75L}{5,645L + a - 3,012b}$$

Os dados foram submetidos à análise de variância, e consequente análise de médias via teste de Scott-Knott para os fatores “cultivar” e “tempo de armazenagem”; e análise de regressão polinomial quadrática com resposta em platô (MPQ) (LEITE et al., 2019) para o fator “tempo após o corte”.

Apenas as interações simples foram significativas, em ambos os experimentos. Para os frutos cortados 24h após a colheita, o índice de escurecimento da polpa de maçãs ‘Fuji’ foi maior que nos demais cvs. nos intervalos 10 a 15 minutos (0,167h e 0,250h) (Tabela 1). Entre 25 minutos (0,417h) e 24 horas após o corte, a ‘SCS427 Elenise’ apresentou o menor índice de escurecimento. Mas, após 48h da realização do corte, o escurecimento da polpa das maçãs dos três cultivares foram equivalentes. De forma geral, a ‘SCS427 Elenise’ mostrou menor escurecimento da polpa, visto que os valores desse índice foram inferiores aos demais cultivares na maioria dos intervalos de tempo testados.

Para maçãs cortadas logo após a colheita, o índice de escurecimento máximo da polpa foi de 41,43 às 36 horas e 14 minutos após o corte de maçãs ‘SCS427 Elenise’ ( $R^2=93,35\%$ ); 49,02 às 29 horas e 9 minutos para maçãs ‘Fuji’ ( $R^2=71,15$ ); e 50,57 as 29 horas e 41 minutos para maçãs ‘Cripps Pink’ ( $R^2=68,53$ ) (Figura 1A). Portanto, quando cortadas logo após a colheita, as maçãs da ‘SCS427 Elenise’ apresentaram

menor índice de escurecimento da polpa em relação às maçãs ‘Fuji’ e ‘Cripps Pink’, bem como menor velocidade de escurecimento após o corte dos frutos. Ao contrário do que o identificado por Prestes (2019) em que ‘Fuji’ apresentou menor escurecimento de polpa aos 60 minutos após o corte, no presente trabalho, com exceção das 0,083h, a ‘SCS427 Elenise’ apresentou menor escurecimento de polpa.

Depois de 120 dias foi observado maior escurecimento da polpa via corte em relação a 75 dias de armazenagem (Tabelas 2 e 3). Já na comparação entre os cvs., em cada tempo de armazenagem,

verificou-se que após 75 dias a ‘Cripps Pink’ apresentou maior índice de escurecimento, enquanto que ‘Elenise’ e ‘Fuji’ não diferiram (Tabela 3). Contudo, após 120 dias de armazenagem, maçãs ‘SCS427 Elenise’ apresentaram o menor escurecimento da polpa (Tabela 2).

O aumento do escurecimento da polpa das maçãs com o maior período de armazenamento (75 dias em relação aos 120 dias) possivelmente se deve às alterações associadas à maturação e ou senescência dos frutos relacionadas ao conteúdo de compostos fenólicos, de compostos antioxidantes e/ou a ativi-

Tabela 1. Efeitos de ‘tempo após o corte’ sobre o índice de escurecimento da polpa de maçãs SCS427 Elenise, Cripps Pink e Fuji. Maçãs cortadas 24h após a colheita

Table 1. Effects of ‘time after cutting’ on browning index for SCS427 Elenise, Cripps Pink and Fuji apples. Fruits were cut 24 h after harvest

Tempo após corte	Cultivar		
	Elenise	Cripps Pink	Fuji
0 h (momento do corte)	22,09 A	22,31 A	25,18 A
0,083 h	23,00 A	23,07 A	24,91 A
0,167 h	22,37 B	24,38 B	26,86 A
0,25 h	22,66 B	24,08 B	27,67 A
0,333 h	22,65 B	26,10 A	28,02 A
0,417 h	22,87 B	26,39 A	29,10 A
0,5 h	23,40 C	26,86 B	31,05 A
0,667 h	23,37 C	27,81 B	32,44 A
0,833 h	23,81 B	29,61 A	32,37 A
1 h	24,77 B	31,28 A	34,40 A
2 h	26,75 B	35,64 A	36,43 A
3 h	26,69 B	38,55 A	38,40 A
5 h	30,29 B	40,77 A	39,62 A
7 h	31,87 B	42,14 A	40,69 A
10 h	33,39 B	---	42,19 A
24 h	36,07 B	42,45 A	42,72 A
48 h	40,20 A	43,31 A	42,26 A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974).

Tabela 2. Efeitos da interação cultivar x tempo de armazenagem sobre o índice de escurecimento da polpa das maçãs SCS427 Elenise, Cripps Pink e Fuji armazenadas por 75 e 120 dias em atmosfera do ar (frio comum). Caçador, SC, 2017/2018

Table 2. Effects of the interaction cultivar x storage time on the flesh browning of SCS427 Elenise, Cripps Pink and Fuji apples stored for 75 and 120 days in air atmosphere (common cold). Caçador, SC, 2017/2018

Período de armazenagem	Cultivar		
	Elenise	Cripps Pink	Fuji
75 dias	31,35 bB	35,86 bA	31,15 bB
120 dias	34,16 aC	39,52 aA	37,17 aB

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974).

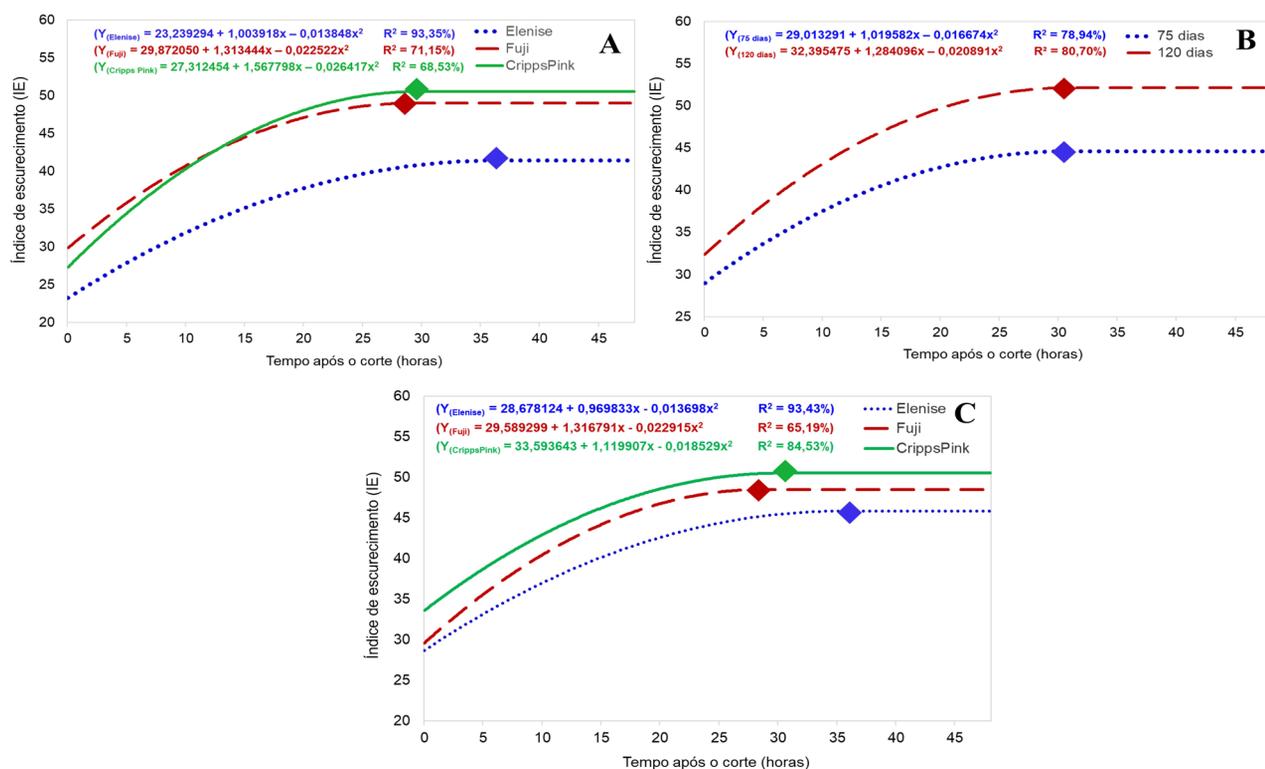


Figura 1. Padrão de escurecimento da polpa de maçãs SCS427 Elenise, Cripps Pink e Fuji cortadas 24h após a colheita (A), após armazenagem por 75 ou 120 dias (B), e diferenças no escurecimento da polpa de SCS427 Elenise, Cripps Pink e Fuji após armazenagem (C). Os losangos representam os pontos de máxima para cada fator

Figure 1. Flesh browning pattern of SCS427 Elenise, Cripps Pink and Fuji apples cutted 24h after harvest (A), stored for 75 days and 120 days (B) and SCS427 Elenise, Cripps Pink and Fuji flesh browning differences after storage (C). The diamonds represent the maximum points for each factor

dade de enzimas oxidativas (ex: polifenol oxidase) (MORENO, 2016; POIRIER, 2020), sugerindo que a armazenagem das maçãs em ar refrigerado (1°C) induz maior efeito oxidativo e, portanto, maior escurecimento da polpa.

Tal evidência é sustentada pela afirmação de Kader (1986), que reporta maior probabilidade de escurecimento de polpa em maçãs após um período de armazenagem em ar refrigerado, sem controle de  $O_2$  e  $CO_2$ , uma vez que o escurecimento é um dos principais problemas desencadeados por excesso desses gases. Brandelli & Lopes (2005) também evidenciaram que a atividade da polifenoloxidase aumentou com o tempo de estocagem em pêssgo da variedade Premier.

Após 75 dias de armazenagem, o índice de escurecimento máximo foi de 44,59 após o corte 30 horas e 57 minutos ( $R^2 = 78,94\%$ ), conforme Figura 1B. Após 120 dias, o escurecimento máximo também foi atingido depois de aproximadamente 31 horas do corte dos frutos, porém com o índice de escu-

recimento igual de 52,12 ( $R^2 = 80,70\%$ ).

Maçãs 'Cripps Pink' apresentaram índice de escurecimento superior aos demais cultivares na maioria dos intervalos de tempo após o corte dos frutos armazenados (Tabela 3). As maçãs 'Fuji' apresentaram escurecimento da polpa equivalente à 'Cripps Pink' entre 2 e 7 horas após o corte. A 'SCS427 Elenise' apresentou um padrão de resposta diferente em relação aos demais cultivares, sendo que até 7,5 minutos (0,125h) após o corte, a polpa das maçãs apresentou índice de escurecimento mais expressivo que a 'Fuji', se equivalendo à mesma nos períodos entre 15 minutos (0,25 h) e 30 minutos (0,5 h). Esse comportamento deve ser considerado em avaliações futuras visando à exploração de maçãs 'SCS427 Elenise' como alimento minimamente processado, uma vez que esse aumento do escurecimento da polpa pode acarretar modificações nas características sensoriais do produto (HEMACHANDRAN et al., 2017). Contudo, ao final das 48h, as maçãs 'SCS427 Elenise' apresentaram o mesmo escu-

recimento da polpa que maçãs 'Cripps Pink'. Isso sugere que a 'SCS427 Elenise' apresenta menor atividade enzimática relacionada ao escurecimento da polpa nas horas iniciais após o corte, visto que a progressão de elevação das médias de índice de escurecimento foi menor em comparação às médias dos outros dois cvs.

Em relação ao efeito do tempo após o corte, sobre o escurecimento da polpa em cada cv., a 'SCS427 Elenise' apresentou o menor valor de índice de escurecimento da polpa máximo estimado (45,84), cujo platô também foi alcançado mais tardiamente (35 horas e 40 minutos após o corte) (Figura 1C). Já maçãs 'Fuji' apresentaram o máximo de escurecimento 28 horas e 43 minutos após o corte, com índice igual a 48,50 ( $R^2 = 65,19$ ). Maçãs 'Cripps Pink' evidenciaram o platô de escurecimento estimado igual a 50,51 após 30 horas e 22 minutos do corte dos frutos ( $R^2 = 84,53$ ). Da mesma maneira que ocorreu com os frutos recém-colhidos, maçãs 'SCS427 Elenise' apresentaram escurecimento

Tabela 3. Índice de escurecimento da polpa após o corte das maçãs em função dos cvs. SCS427 Elenise, Cripps Pink e Fuji e do tempo de armazenagem dos frutos (75 e 120 dias)  
 Table 3. Browning index after cut the apples by cultivars (SCS427 Elenise, Cripps Pink and Fuji) and by fruit storage time (75 and 120 days)

Tempo após o corte	Cultivar <sup>1</sup>			Período de armazenagem <sup>2</sup>		
	Elenise	Cripps Pink	Fuji	75 dias	120 dias	Média
0 h (momento do corte)	27,63 b	31,16 a	23,67 c	25,87 B	29,10 A	27,49
0,125 h	28,11 b	31,45 a	24,22 c	26,62 B	29,23 A	27,93
0,25 h	28,21 b	31,41 a	26,50 b	27,36 B	30,05 A	28,71
0,375 h	28,36 b	33,24 a	28,09 b	27,98 B	31,80 A	29,89
0,5 h	28,24 b	33,44 a	29,87 b	28,87 B	32,16 A	30,52
0,75 h	28,59 c	34,57 a	32,05 b	30,23 B	33,25 A	31,74
1 h	29,91 c	35,68 a	32,94 b	31,13 B	34,55 A	32,84
2 h	30,39 b	37,49 a	35,58 a	32,19 B	36,78 A	34,49
3 h	34,68 b	39,00 a	38,34 a	34,52 B	40,16 A	37,34
5 h	33,87 b	41,86 a	40,70 a	37,32 B	43,52* A	40,42
7 h	37,29 b	43,64 a	42,21 a	38,78 B	43,31 A	41,05
10 h	37,07 c	43,11 a	40,98 b	37,97 B	42,80 A	40,39
24 h	41,91 b	46,21 a	41,72 b	39,74 B	46,82 A	43,28
48 h	44,14 a	45,44 a	41,37 b	40,43 B	46,87 A	43,65

<sup>1</sup> Os valores de cada cultivar consideram a média dos valores obtidos nos dois períodos de armazenagem para cada tempo após o corte. <sup>2</sup> Os valores de cada período de armazenagem consideram a média dos valores dos três cultivares em cada tempo após o corte. \*Valor referente ao comportamento médio de 'Cripps Pink' e 'Fuji' (ausência de leitura nesse tempo para maçãs 'SCS427 Elenise' aos 120 dias de armazenagem). Letras minúsculas referem-se às comparações entre cvs. Letras maiúsculas referem-se às comparações entre períodos de armazenagem dentro de cada tempo após o corte. Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si (P>0,05) pelo teste de Scott-Knott (1974).

mais lento e em menor intensidade que os demais cvs.

O cv. SCS427 Elenise apresenta menor escurecimento da polpa até 24h após o corte em comparação às maçãs 'Cripps Pink' e 'Fuji', sendo uma opção interessante ao mercado de frutos minimamente processados, não necessitando de substâncias antioxidantes.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Epagri e à Uniarp pelo incentivo à pesquisa.

## Referências

ALBERTI, A.; MAFRA, L.I. Optimization of the extraction of phenolic compounds from apples using response surface methodology. *Food Chemistry*, v.149, p.151-158, 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814613015343>. Acesso em: 28 nov. 2020.

ARGENTA, L.C. Fisiologia e tecnologia pós-colheita: Maturação, colheita e armazenagem dos frutos *In: A cultura da macieira*. 1 ed. Florianópolis: EPAGRI, 2002. p. 691-732,

BRANDELLI, A.; LOPES, C.H.G.L. Polyphenoloxidase activity, browning potential and phenolic content of peaches during postharvest ripening. *Journal of Food Science*, v.29, n.06, p.624-637, 2005.

CANTILLANO, R.F.F.; RIBEIRO, J.A.; SEIFERT, M. **Efeito de Antioxidantes na Qualidade Pós-colheita de Maçãs "Royal Gala" Minimamente Processadas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p.29, 2017. Disponível em: . Acesso em: 28 nov 2020.

HEMACHANDRAN, A.; ANANTHARAMAN, A.; MOHAN, S.; MOHAN, G.; KUMAR, D. T.; DEY, D.; KUMAR, D.; DEY, P.; CHOUDHURY, A.; DOSS, C.G.P.; RAMAMOORTHY, S. Unraveling the inhibition mechanism of cyanidin-3-sophoroside on polyphenol oxidase and its effect on enzymatic browning of apples *Food Chem.*, v.227, p.102-110, 2017. Disponível em: . Acesso em: 28 nov 2020.

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, p.99-104, 1986. Disponível em: <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-399.pdf>. Acesso em: 13 set 2021.

LEITE, R.S.; DA SILVA, I.R.V.; OLIVEIRA, T.A.;

PEIXOTO, A.P.B. Determinação de ponto crítico em curva de crescimento na dinâmica do potássio. *Sigmae*, v.8, n.2, p.449-456, 2019. Disponível em: <https://docplayer.com.br/188191203-Determinacao-de-ponto-critico-em-curva-de-crescimento-na-dinamica-do-potassio.html>. Acesso em: 30 nov 2020

MAXMEN, A. Genetically modified apple reaches US stores, but will consumers bite? *Nature*, v.551, n.7679, p.149-150, 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/news/genetically-modified-apple-reaches-us-stores-but-will-consumers-bite-1.22969>. Acesso em: 28 nov. 2020

MORENO, M.B.; CANTILLANO, R.F.F.; ROMBALDI, C.V.; MANICA-BERTO, R. Quality of minimally processed 'fuji' apple under refrigerated storage and treatment with additives. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.38, n.4, 2016. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452016000400902](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452016000400902). Acesso em: 28 nov. 2020

OLIVEIRA, T.M.; SOARES, F.F.; PAULA, C.D.; VIANA, G.A. Uso de embalagem ativa na inibição do escurecimento enzimático de maçãs. *Semina: Ciências Agrárias*, v.29, n.1, p.117-128, 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/277841496\\_Uso\\_de\\_embalagem\\_ativa\\_na\\_inibicao\\_do\\_escurecimento\\_enzimatico\\_de\\_macas](https://www.researchgate.net/publication/277841496_Uso_de_embalagem_ativa_na_inibicao_do_escurecimento_enzimatico_de_macas). Acesso em: 20 nov. 2020

PEPA, L.S.; RODRÍGUEZ, S.D.; FERREIRA, C.S.; BUERA, M.D.P Interpretation of the color due to the ubiquitous nonenzymatic browning phenomena in foods. *Color Research & Application*, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/col.22574>. Acesso em: 28 nov. 2020.

POIRIER, B.C.; MATTHEIS, J.P.; RUDELL, D.R. Extending 'Granny Smith' apple superficial scald control following long-term ultra-low oxygen controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology*, v.161, p.111062, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521419309032>. Acesso em: 20 nov. 2020

PRESTES, A.A. **Avaliação do escurecimento enzimático em maçãs híbridas: potencial tecnológico e atividade antioxidante**. 2019. 111p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2019

VELDERRAIN-RODRÍGUEZ, G.R.; QUIRÓSAUCEDA, A.E.; GONZÁLEZ AGUILAR, G.A.; SIDDIQUI, M.W.; AYALA ZAVALA, J.F. Technologies in fresh-cut fruit and vegetables. *In: Minimally Processed Foods*. Springer, Cham, p.79-103, 2015.