

Padrão do escurecimento da polpa de novos cultivares de maçã para utilização em alimentos minimamente processados

Cristhian Leonardo Fenili¹, Cristiano André Steffens², Mariuccia Schlichting De Martin³, Adriana Lugaresi⁴, Eduardo da Silva Daniel⁵ e Tiago Miqueloto⁶

Resumo – Este trabalho tem como objetivo avaliar o escurecimento e a mudança total de cor da polpa de diferentes cultivares de maçã através de parâmetros colorimétricos, a fim de identificar aqueles com mínima ocorrência destes fenômenos e potencial para o processamento mínimo. Maçãs dos cultivares Daiane, Elenise, Fuji Mishima, Kinkas, Luiza, Monalisa, Maxi Gala e Venice, provenientes de pomares experimentais de São Joaquim, SC, safra 2018/2019, foram avaliadas em relação à atributos de cor relacionados ao escurecimento da polpa. As maçãs foram cortadas ao meio e dispostas em condições de ambiente. Após o corte, foram realizadas leituras de atributos de cor na polpa dos frutos, utilizando um colorímetro CR 400 (Konica Minolta®), em 14 intervalos de tempo, de 10 a 2.880 minutos. Através dos parâmetros coletados pelo colorímetro (L^* , a^* e b^*), foram avaliados a luminosidade da polpa, o índice de escurecimento e a mudança total de cor. As maçãs ‘Fuji Mishima’, ‘Elenise’ e especialmente ‘Venice’ apresentaram menor escurecimento da polpa em comparação aos demais cultivares avaliados. Esses resultados indicam que possivelmente esses cultivares têm maior potencial para a utilização na indústria de processamento mínimo devido ao menor escurecimento e mudança de cor na polpa dos frutos.

Termos para indexação: *Malus domestica* Borkh; Escurecimento enzimático; Mudança total de cor.

Flesh browning pattern of new apple cultivars for use in minimally processed foods

Abstract – This study aimed to evaluate the browning and the total color change of the apple flesh of different apple cultivars through colorimetric parameters, to identify those with minimal occurrence of these phenomena and potential for minimal processing. Apples from the cultivars Daiane, Elenise, Fuji Mishima, Kinkas, Luiza, Monalisa, Maxi Gala and Venice were evaluated for color attributes related to flesh browning. The apples were cut in half and placed under ambient conditions. After cutting, color attributes were read on the fruit flesh, using a CR 400 colorimeter (Konica Minolta®), at 14-time intervals, from 10 to 2880 minutes. Through the parameters collected by the colorimeter (L^* , a^* and b^*), the flesh luminosity, the browning index and the total color change were evaluated. ‘Fuji Mishima’, ‘Elenise’ and especially ‘Venice’ apples show less flesh browning than the other cultivars evaluated. These results indicate that these cultivars may have greater potential for use in the minimal processing industry due to less browning and color change in the fruit flesh.

Index terms: *Malus domestica* Borkh; Enzymatic browning; Full color change.

Introdução

A maçã (*Malus domestica* Borkh) é o fruto de clima temperado de maior dispersão, comercialização e consumo como fruta fresca no mundo. No Brasil, o agronegócio da macieira tem um histórico importante de organização e planejamento, mas precisa de inovações para o fortalecimento da cadeia e o aumento no consumo do fruto. A produção brasileira foi

crescendo conjuntamente à demanda interna, sendo a terceira fruta mais consumida (Cruz *et al.*, 2015). Contudo, considerando a população do país e o consumo *per capita* de outros países, o volume consumido ainda é baixo.

A indústria de processamento mínimo da maçã tem grande potencial e pode aumentar o consumo de maçã. Nos EUA, as maçãs minimamente processadas emergiram como lanche popular nos programas de merenda

escolar e consumo familiar. Dessa forma, a tendência é que este mercado continue crescendo à medida que mais consumidores exigem um lanche rápido, conveniente, seguro, saudável e nutritivo (Subhashree *et al.*, 2017). O aumento na produção e no consumo de frutas minimamente processadas ocorre pelo estilo de vida dos consumidores modernos aliado à maior procura por produtos *in natura* e seus benefícios, reduzindo o consumo de alimentos

Recebido em 02/09/2024. Aceito para publicação em 29/10/2024.

Editora de seção: Cristiane de Lima Wesp

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr., Senar/Sindicato Rural de Itaiópolis, Av. Getúlio Vargas, 350, Centro, 89340-000 Itaiópolis, SC, e-mail: cristhianfenili@hotmail.com

² Engenheiro-agrônomo, Dr., Udesc/Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Av. Luis de Camões, 2090, Conta Dinheiro, 88520-000 Lages, SC, e-mail: cristiano.steffens@udesc.br

³ Engenheira-agrônoma, Dra., Epagri/Estação Experimental de São Joaquim (EESJ), R. João Araújo Lima, 102, Jardim Caiçara, 88600-000 São Joaquim, SC, e-mail: mariucciamartin@epagri.sc.gov.br

⁴ Engenheira-agrônoma, M.Sc., Udesc/CAV, e-mail: adrianalugaresi@yahoo.com.br

⁵ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/EESJ, e-mail: eduardodaniel@epagri.sc.gov.br

⁶ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/EESJ, e-mail: tiagomiqueloto@epagri.sc.gov.br

industrializados e o desperdício de alimentos frescos.

O principal problema dos vegetais minimamente processados é o escurecimento enzimático. A maçã é altamente suscetível a este fenômeno devido à sua estrutura e composição fenólica. Em sua composição existem enzimas e substratos específicos para a ação oxidativa (Moreno *et al.*, 2016). A intensidade do escurecimento depende da complexa interação entre atividade da enzima polifenoloxidase (PPO), presença do oxigênio molecular (O_2) e concentração dos compostos fenólicos que são os substratos da mesma (Jiang *et al.*, 2016). O corte do fruto durante o processamento mínimo possibilita o contato entre a enzima e substrato, de forma que a intensidade e a velocidade do escurecimento da polpa tornam-se dependentes do conteúdo de compostos fenólicos, atividade da enzima PPO e a natural capacidade antioxidante do fruto. Segundo Tappi *et al.*, (2019), existe uma variação significativa na atividade da polifenoloxidase em diferentes cultivares. Além disso, a capacidade antioxidante e os compostos fenólicos também apresentam grande variação entre cultivares (Stanger *et al.*, 2017).

O Brasil não possui uma indústria estabelecida de maçã minimamente processada e as pesquisas nesta área são muito escassas. Dentre os inúmeros desafios destaca-se a necessidade de encontrar cultivares apropriados em termos de qualidade e tempo de vida de prateleira potencial, uma vez que o cultivar é um dos principais fatores que exercem influência sobre o escurecimento enzimático (Tappi *et al.*, 2019). Os cultivares Gala e Fuji, que correspondem a mais de 90% da produção nacional (Kist, 2019), são bastante suscetíveis ao escurecimento enzimático logo após o corte da polpa (Bertrand *et al.*, 2015; Tappi *et al.*, 2019).

Nos EUA, foram desenvolvidos estudos de modificação genética em cultivares de macieira com intuito de usá-los para o processamento mínimo (Maxmen, 2017). O Brasil não produz maçãs exclusivamente de uso industrial, porém a pesquisa nacional obteve avanços agrônomicos na adaptação de macieiras a condições climáticas e com

menor suscetibilidade a fitopatógenos (De Martin *et al.*, 2018; Denardi *et al.*, 2020). O melhoramento também permitiu o surgimento de maçãs com escurecimento enzimático tardio ou ausente, possibilitando à polpa do fruto permanecer inalterada em relação à cor, durante horas, mesmo com estresses mecânicos durante o processamento (Carlesso *et al.*, 2022; Ercoli *et al.*, 2017; Denardi *et al.*, 2020). Assim, frutos com menor taxa ou ausência de escurecimento enzimático podem ser opções em potencial às indústrias de produtos minimamente processados, gerando um apelo sensorial com a cor quase inalterada.

Este trabalho objetivou avaliar o escurecimento e a mudança total de cor da polpa de diferentes cultivares de maçã através de parâmetros colorimétricos, a fim de identificar aqueles com mínima ocorrência destes fenômenos e potencial para o processamento mínimo.

Material e métodos

Maçãs dos cultivares Daiane, Elenise, Fuji Mishima, Kinkas, Luiza, Monalisa, Maxi Gala e Venice foram colhidas de pomares experimentais localizados em São Joaquim, SC, durante a safra 2018/2019. Em seguida, foi efetuada padronização de calibre e eliminação de frutos que apresentavam podridões, lesões ou defeitos.

Após a colheita, os frutos foram imediatamente levados ao laboratório para avaliação dos atributos de cor relacionados ao escurecimento da polpa. As maçãs foram cortadas ao meio, na porção equatorial, e dispostas em bandejas de papelão em condições ambiente ($23\pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura; $75\pm 5\%$ de umidade relativa - UR). Os frutos foram mantidos em condição de ambiente para induzir o escurecimento da polpa e averiguar o padrão de escurecimento dos cultivares, sem considerar que, após o processamento mínimo, devem ficar sob refrigeração.

Imediatamente após a colheita, foi realizada uma caracterização inicial para determinação dos atributos de maturação dos frutos utilizando, para tanto, três repetições compostas por

dez frutos. O índice de iodo-amido foi determinado por meio da comparação do escurecimento da metade peduncular dos frutos tratados com solução de iodo, com uma escala de 1 a 10, onde o índice 1 indica o teor máximo de amido (fruto imaturo) e o índice 10 representa o amido totalmente hidrolisado (fruto completamente maduro). A firmeza de polpa (N) foi determinada na região equatorial dos frutos, em pontos opostos, após a remoção de uma pequena porção da epiderme, com auxílio de um penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltd, Cidade do Cabo, África do Sul), equipado com ponteira de 11,0mm de diâmetro. Os valores de acidez titulável (% ácido málico) foram obtidos em amostra de 5mL de suco extraída de fatias dos frutos. Esta amostra foi titulada com solução de NaOH 0,1N, utilizando o indicador ácido-base azul de bromotimol. Os teores de sólidos solúveis ($^\circ\text{Brix}$) foram determinados em um refratômetro digital modelo PR201 α (Atago[®], Tóquio, Japão), utilizando alíquota do suco obtido para a quantificação da AT. Os dados da caracterização inicial são apresentados na Tabela 1.

Para avaliação dos atributos de cor relacionados ao escurecimento da polpa as maçãs foram cortadas ao meio, na porção equatorial, e dispostas em bandejas de papelão em condição de ambiente ($23\pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura; $75\pm 5\%$ de umidade relativa - UR). Os cortes foram realizados de forma manual, com lâminas cortantes. Os frutos foram mantidos em condições ambiente para induzir o escurecimento da polpa e averiguar o padrão de escurecimento dos cultivares, sem considerar que, após o processamento mínimo, devem ficar sob refrigeração.

Após o corte, foram realizadas duas leituras de atributos de cor em regiões opostas da polpa dos frutos, utilizando um colorímetro CR 400 (Konica Minolta[®], Tóquio, Japão), em 14 intervalos de tempo (0, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 360, 600, 1080, 1560 e 2880 minutos). Através dos parâmetros L^* , que determina a luminosidade, a^* , que determina as coordenadas de verde a vermelho e b^* , que determina as coordenadas de azul a amarelo, coletados pelo colorímetro,

Tabela 1. Firmeza de polpa (FP), teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e índice de iodo-amido (IA) em maçãs de oito cultivares na colheita, safra 2018/2019

Table 1. Flesh firmness (FP), soluble solids content (SS), titratable acidity (AT) and starch index (IA) of eight apple cultivars at harvest, 2018/2019 season

Cultivar	Data colheita	FP (N)	SS (°Brix)	AT (% ac. málico)	IA (1-10)
Monalisa	05/02	91,5	11,9	0,77	4,9
Luiza	13/02	88,3	11,4	0,43	5,8
Maxi Gala	18/02	74,2	10,7	0,39	7,2
Venice	15/03	81,9	13,0	0,50	6,9
Daiane	18/03	75,0	11,7	0,46	8,8
Fuji Mishima	18/03	75,2	12,5	0,44	7,7
Kinkas	26/04	75,9	12,7	0,49	7,1
Elenise	26/04	71,3	13,9	0,71	7,9

foram avaliados a luminosidade da polpa (*Lightness*; L^*), o índice de escurecimento (IE) e a mudança total de cor (E). O IE e E foram obtidos por meio das respectivas equações apresentadas abaixo, conforme Subhashree *et al.* (2017):

$$IE = \frac{100 \left[\left(\frac{a + 1,75L}{5,635L + a - 3,012b} \right) - 0,31 \right]}{0,17}$$

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^*0)^2 + (a^* + a^*0)^2 + (b^* + b^*0)^2}$$

A intensidade de escurecimento após o corte das maçãs é representada pelo índice de escurecimento, sendo que, quanto maior o valor do índice, mais intenso é o escurecimento. Os valores de ΔE indicam o quanto a amostra se distanciou do padrão. Quanto mais perto de 0, mais próximo do padrão selecionado. Cada cultivar apresenta tonalidade e luminosidade de polpa específicas; alguns são naturalmente mais claros que outros. Para eliminar a heterogeneidade entre as amostras e avaliar apenas o escurecimento ocorrido após o corte dos frutos, o índice de escurecimento foi normalizado, utilizando o parâmetro inicial como divisor comum, conforme a equação: $IE_{[0; 10; 20; (...); 2880]} / IE_{[0]}$ (Niamnuy *et al.*, 2008; Subhashree *et al.*, 2017).

Este experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, composto por 5 repetições de 10 frutos, seguindo um esquema fatorial “cultivar” (8) x “intervalo de leitura” (14), após

a realização do corte dos frutos. As pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Os dados foram então submetidos à análise da variância e, quando a interação entre os fatores foi significativa ($p < 0,05$), foi realizado o desdobramento dos efeitos. Para o fator “cultivar” foi realizado o teste de comparação de médias Scott-Knott, enquanto para o fator “intervalo de leitura” foi realizada a análise de regressão.

Resultados e discussão

Os fatores “cultivar” e “intervalo de leitura” apresentaram interação significativa em todas as variáveis analisadas. A redução máxima da luminosidade, o máximo escurecimento e a mudança total de cor na polpa das maçãs variaram em tempo e intensidade, dependendo dos cultivares avaliados. Contudo, substanciais alterações ocorreram, em média, nos primeiros 50 minutos de exposição à temperatura ambiente, após o corte dos frutos (Figuras 1, 2 e 3). As alterações de cor, decorrentes do dano mecânico sofrido pelo tecido das maçãs após o corte, aparecem em alguns minutos e, para Oyarzún *et al.* (2018), com uma manifestação máxima até 1h depois do corte. Portanto, considerando o processo na indústria de produtos minimamente processados, para reduzir essas alterações, frutos recém-cortados devem ser armazenados

em temperaturas próximas a 0°C e a manipulação deve ocorrer sob baixas temperaturas. Entre 0°C a 4°C a atividade da PPO tende a diminuir, reduzindo o escurecimento da polpa dos frutos (Tomás-Barberán; Espin, 2001).

Imediatamente após o corte dos frutos, verificou-se que a luminosidade da polpa (valor L^*) no cultivar Maxi Gala é naturalmente mais elevada, seguida pelos cultivares Monalisa, Daiane, Kinkas e Luiza (Tabela 2). Sendo assim, a redução deste atributo tende a ser mais abrupta nesses cultivares após o corte dos frutos e conseqüentemente ser percebida visualmente com mais facilidade em relação aos demais. O cultivar Fuji Mishima é o que possui a polpa com menor luminosidade, seguido pelos cultivares Elenise e Venice, ou seja, são os cultivares com menor propensão a grandes alterações na luminosidade da polpa após o corte dos frutos.

Foi possível verificar diferenças na luminosidade da polpa entre os cultivares aos 10 minutos após o corte. A maçã ‘Maxi Gala’ apresentou a maior redução, seguida por ‘Monalisa’, ‘Fuji Mishima’ e ‘Kinkas’, enquanto os demais cultivares tiveram menor redução, sem diferir entre si. Embora haja diferenças intrínsecas de luminosidade e tonalidade da polpa entre os cultivares, alguns deles mantêm os atributos visuais muito próximos do natural, mesmo minutos após o corte da polpa e o início das reações de oxidação.

Após 60 minutos do corte dos frutos, ‘Maxi Gala’ seguiu como o cultivar com maior redução da luminosidade, em média 47% superior aos demais, seguido pelos cultivares Kinkas, Monalisa, Luiza, Fuji Mishima e Daiane (Tabela 2). O cultivar Venice foi o que apresentou menor redução da luminosidade. Na avaliação realizada 240 minutos após o corte, o cultivar Maxi Gala, seguido dos cultivares Monalisa e Kinkas foram os que apresentaram maior redução da luminosidade. Após 600 minutos, ‘Maxi Gala’ e ‘Monalisa’ apresentaram maior redução da luminosidade, enquanto ‘Fuji Mishima’ não diferiu de ‘Venice’, como os cultivares com menor redução da luminosidade da polpa. Após 2.880 minutos do corte das maçãs, os

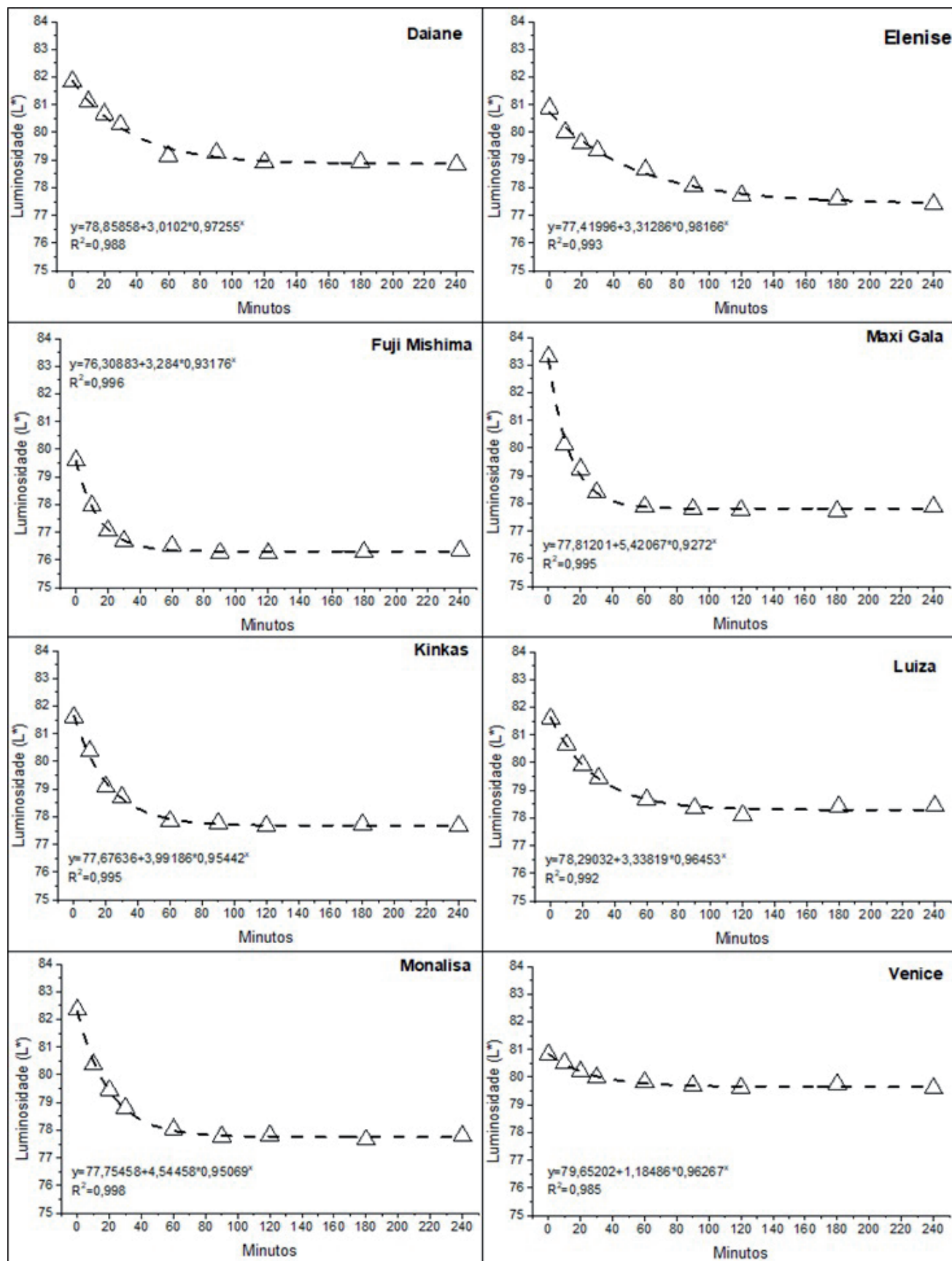


Figura 1. Variação da luminosidade (L*) na polpa de oito cultivares de maçã em função do tempo após o corte dos frutos na região equatorial, durante 240 minutos de exposição em condições ambiente (23±2°C; 75±5% UR), na safra 2018/2019
 Figure 1. Variation in luminosity (L*) on the flesh of eight apple cultivars as a function of time after cutting the fruits in the equatorial region, during 240 minutes of exposure under ambient conditions (23±2°C; 75±5% RH), 2018/2019 season

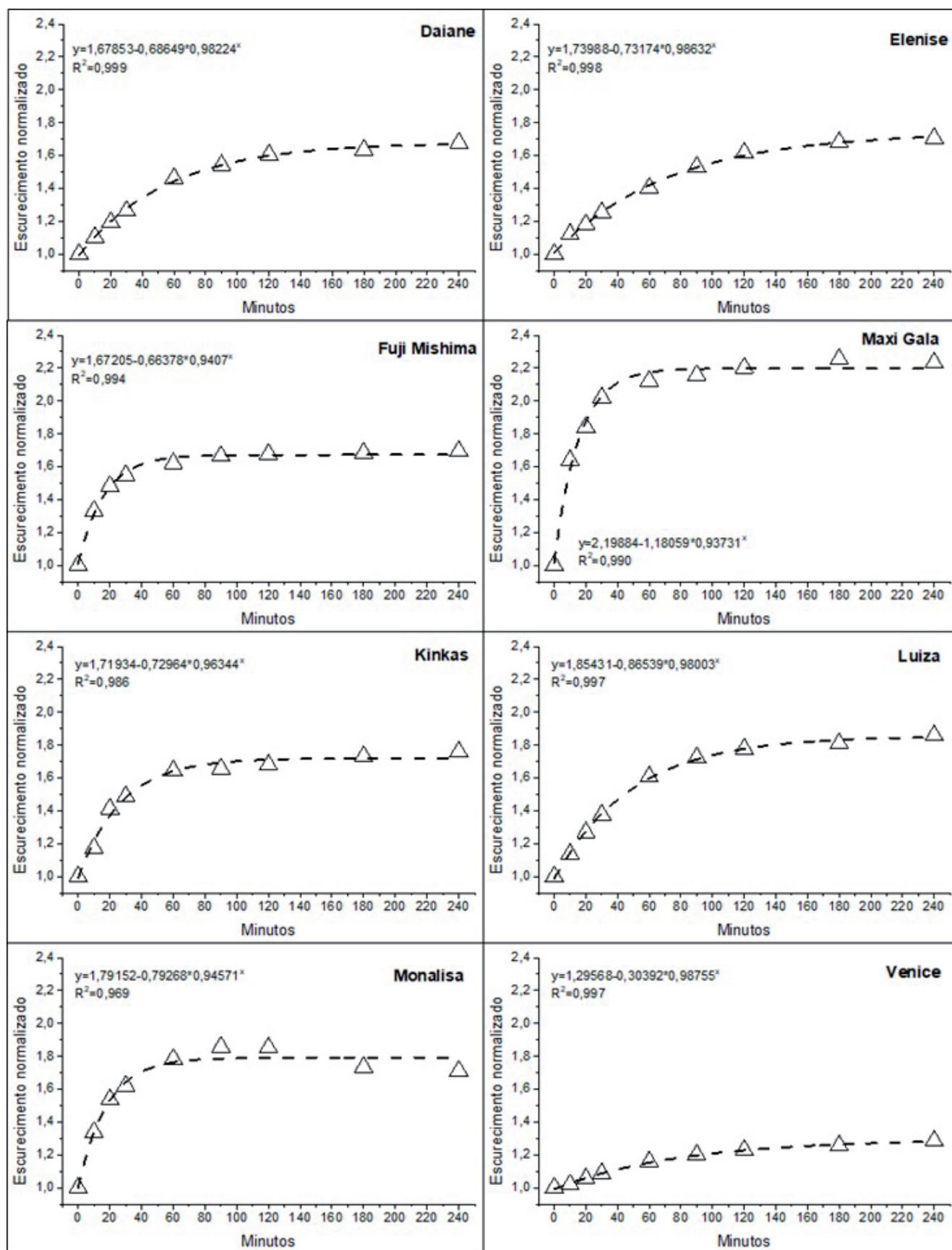


Figura 2. Variação do escurecimento normalizado na polpa de oito cultivares de maçãs em função do tempo após o corte dos frutos na região equatorial, durante 240 minutos de exposição em condições ambiente (23±2°C; UR de 75±5%), na safra 2018/2019
 Figure 2. Variation in normalized browning on the flesh of eight apple cultivars as a function of time after cutting the fruits in the equatorial region, during 240 minutes of exposure under ambient conditions (23±2°C; 75±5% of RH), 2018/2019 season

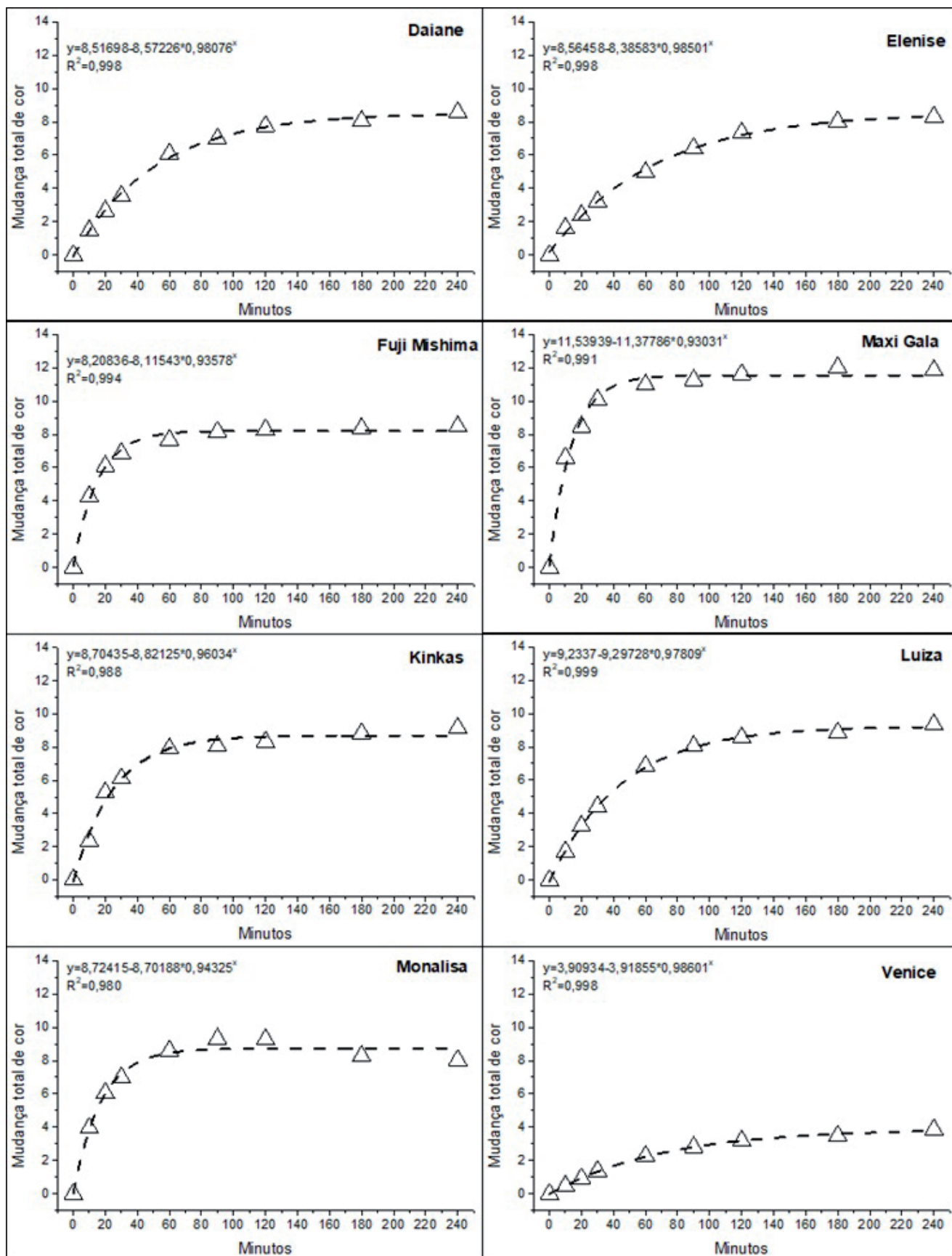


Figura 3. Variação da mudança total de cor na polpa de oito cultivares de maçãs em função do tempo após o corte dos frutos na região equatorial, durante 240 minutos de exposição em condições ambiente (23±2°C; UR de 75±5%), na safra 2018/2019
 Figure 3. Variation in the total color change on the flesh of eight apple cultivars as a function of time after cutting the fruits in the equatorial region, during 240 minutes of exposure under ambient conditions (23±2°C; 75±5% of RH), 2018/2019 season

Tabela 2. Luminosidade na polpa imediatamente após o corte (LP) e redução da luminosidade, em unidades de *lightness*, de oito cultivares de maçã em função do tempo após o corte dos frutos, na região equatorial e exposição em condições ambientes (23±2°C; 75±5% de UR), na safra 2018/2019

Table 2. Luminosity on the flesh immediately after cutting (PL) and reduction in luminosity, in *lightness* units, of eight apple cultivars as a function of time after cutting the fruits, in the equatorial region and exposure in ambient conditions (23±2°C; 75±5% of RH), 2018/2019 season

Cultivar	LP	Redução de luminosidade (L*)				
		10	60	240	600	2880
min						
Daiane	81,8 c	0,7 d	2,7 c	3,0 d	4,3 b	4,8 c
Elenise	80,9 d	0,9 d	2,2 d	3,5 d	3,9 b	5,3 c
Fuji Mishima	79,6 e	1,6 c	3,1 c	3,2 d	3,3 c	5,0 c
Maxi Gala	83,3 a	3,2 a	5,4 a	5,4 a	5,2 a	7,5 a
Kinkas	81,6 c	1,2 c	3,8 b	3,9 c	4,2 b	7,5 a
Luiza	81,6 c	0,9 d	2,9 c	3,2 d	4,3 b	6,6 b
Monalisa	82,3 b	2,0 b	4,3 b	4,6 b	4,9 a	7,2 a
Venice	80,8 d	0,3 d	1,0 e	1,2 e	2,7 c	1,0 d
CV (%)	0,6	30,4	12,0	12,5	11,6	17,7

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Means followed by the same letter in the columns do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability.

cultivares Maxi Gala, Kinkas e Monalisa apresentaram as maiores reduções de luminosidade na polpa sem diferenças entre si, seguidas pelo cultivar Luiza. O cultivar Venice foi o que apresentou menor redução da luminosidade na polpa durante todo o período de avaliação, até 2.880 minutos após o corte.

Os consumidores julgam a qualidade de frutos minimamente processados com base na sua aparência. O atributo “luminosidade” é considerado um dos principais parâmetros de qualidade visual da polpa de frutos: quanto maior os valores de *L**, maior a aceitabilidade dos consumidores (Rocha; Morais, 2003), porque a polpa não está escura. Segundo Son, Moon e Lee (2011), o armazenamento sob baixa temperatura contribui para retardar a perda de luminosidade em maçãs minimamente processadas.

A compreensão dos detalhes que envolvem o processo do escurecimento enzimático em diferentes cultivares é necessária para que seu controle possa ser realizado. Para Kumar *et al.* (2012), apesar dos muitos esforços realizados com a utilização de tratamentos físicos que permitam a inibição da atividade enzimática da PPO, sem a adição de agentes químicos, estes não são suficientemente eficientes.

Em relação ao escurecimento da polpa, o destaque negativo foi o cultivar Maxi Gala, com valores variando, em média, entre 30 e 40% a mais que os outros cultivares, desde os 10 minutos até 2.880 minutos após o corte dos frutos (Tabela 3). O escurecimento da polpa em maçãs ocorre devido a reações químicas catalisadas principalmente pela enzima PPO. O papel da PPO, na reação de escurecimento enzimático, é oxidar fenóis em quinonas (Cortellino *et al.*, 2015). As reações subsequentes levam a polimerização de quinonas em pigmentos marrons.

Aos 10 minutos após o corte, os cultivares Fuji Mishima e Monalisa também apresentaram escurecimento de polpa superior aos demais, porém, inferior ao ‘Maxi Gala’. Após 60 minutos do corte, o cultivar Venice já apresentava o menor escurecimento entre todos os cultivares, e manteve-se como o cultivar com menor escurecimento até 2.880 minutos após a realização do corte, com valores médios de 40% a menos de escurecimento. Na avaliação realizada após 60 minutos do corte, ‘Daiane’ e ‘Elenise’ também apresentaram um baixo escurecimento, superior apenas ao cultivar Venice, enquanto ‘Monalisa’ apresentou alto escurecimento, inferior apenas ao cultivar Maxi Gala. Com 240 e 600 minutos do corte, ‘Luiza’

apresentou escurecimento superior aos demais e inferior ao cultivar Maxi Gala. Após 2.880 minutos do corte, o cultivar Luiza seguiu como o segundo cultivar com maior escurecimento, e o cultivar Fuji Mishima, o segundo com menor escurecimento.

Os cultivares Venice e Maxi Gala foram os destaques positivo e negativo na mudança total de cor, com a menor e maior alteração, respectivamente, durante todo o período avaliado (Tabela 4). A oxidação causada pela atividade enzimática, além de alterar a cor da polpa das maçãs, também pode resultar em perda de qualidade nutricional e proporcionar modificações de sabor (Carvalho *et al.*, 2010). Segundo Son, Moon e Lee (2001), a intensidade da cor marrom, resultante da atividade da PPO, depende do perfil de compostos fenólicos no tecido.

A mudança de cor na polpa das maçãs foi mais elevada no cultivar Maxi Gala, em todas as avaliações realizadas, e no cultivar Luiza, aos 2.880 minutos após o corte. ‘Venice’ apresentou, em todas as avaliações, menor mudança total de cor, sendo que aos 2.880 minutos após o corte dos frutos os resultados foram similares aos do cultivar Maxi Gala aos 10 minutos após o corte. Aos 10 minutos após o corte, os cultivares Fuji Mishima e Monalisa apresentaram mudança total de cor inferior apenas ao cultivar Maxi Gala, e superior aos demais. Em 60 minutos após o corte, ‘Kinkas’ e ‘Fuji Mishima’ apresentaram mudança total de cor inferior apenas ao cultivar Maxi Gala, seguidos pelo cultivar Luiza. ‘Elenise’ apresentou mudança total de cor superior apenas ao cultivar Venice. Em 240 minutos após o corte dos frutos, os cultivares Maxi Gala e Venice apresentaram maior e menor mudança total de cor, respectivamente, enquanto os demais cultivares apresentaram resultados intermediários sem diferirem entre si. Em 600 minutos após o corte, o cultivar Luiza apresentou mudança total de cor inferior apenas ao ‘Maxi Gala’ e superior aos demais. Após 2.880 minutos do corte dos frutos, ‘Luiza’ e ‘Maxi Gala’ apresentaram maior mudança total de cor, sem diferirem entre si, seguidos do cultivar Kinkas, enquanto ‘Venice’ apresentou, dentre todos, a menor mudança de coloração.

Tabela 3. Escurecimento normalizado na polpa de oito cultivares de macieira em função do tempo após o corte dos frutos na região equatorial e exposição em condições ambiente (23±2°C; UR de 75±5%), na safra 2018/2019

Table 3. Normalized darkening on the flesh of eight apple cultivars as a function of time after cutting the fruits in the equatorial region and exposing them to ambient conditions (23±2°C; 75±5% of RH), 2018/2019 season

Cultivar	Tempo após o corte dos frutos (min)				
	10	60	240	600	2880
Daiane	1,10 c	1,46 d	1,68 c	1,71 c	2,04 c
Elenise	1,12 c	1,40 d	1,71 c	1,79 c	2,05 c
Fuji Mishima	1,33 b	1,62 c	1,69 c	1,70 c	1,85 d
Maxi Gala	1,64 a	2,12 a	2,23 a	2,29 a	2,67 a
Kinkas	1,17 c	1,64 c	1,76 c	1,80 c	2,15 c
Luiza	1,14 c	1,61 c	1,86 b	1,99 b	2,43 b
Monalisa	1,34 b	1,78 b	1,71 c	1,78 c	2,08 c
Venice	1,02 c	1,16 e	1,29 d	1,35 d	1,50 e
CV (%)	6,7	5,7	6,1	6,5	7,3

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Means followed by the same letter in the columns do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability.

Tabela 4. Mudança total de cor na polpa de oito cultivares de macieira em função do tempo) após o corte dos frutos na região equatorial e exposição em condições ambiente (23±2°C; UR de 75±5%), na safra 2018/2019

Table 4. Total color change on the flesh of eight apple cultivars as a function of time after cutting the fruits in the equatorial region and exposing them to ambient conditions (23±2°C; 75±5% of RH), 2018/2019 season

Cultivar	Tempo após o corte dos frutos (min)				
	10	60	240	600	2880
Daiane	1,5 c	6,1 d	8,6 b	9,0 c	12,4 c
Elenise	1,6 c	5,0 e	8,3 b	9,2 c	11,8 c
Fuji Mishima	4,3 b	7,7 b	8,5 b	8,5 c	10,4 d
Maxi Gala	6,6 a	11,0 a	11,8 a	12,2 a	15,2 a
Kinkas	2,3 c	7,9 b	9,2 b	9,6 c	13,3 b
Luiza	1,7 c	6,9 c	9,3 b	10,6 b	14,5 a
Monalisa	4,0 b	8,6 b	8,0 b	8,7 c	11,9 c
Venice	0,5 d	2,3 f	3,9 c	4,9 d	6,7 e
CV (%)	28,8	10,6	9,8	9,5	8,9

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Means followed by the same letter in the columns do not differ from each other using the Scott-Knott test at 5% probability.

Os resultados de luminosidade, escurecimento e mudança total de cor na polpa dos frutos indicam que alguns cultivares apresentam maior potencial para a utilização na indústria de processamento mínimo. Os cultivares Fuji Mishima, Elenise e especialmente Venice apresentaram os melhores resultados. Já o cultivar Maxi Gala, que

atualmente é um dos mais produzidos no Brasil (Faoro, 2022), apresentou resultados inferiores, indicando que, dentre os cultivares avaliados, pode não ser uma boa opção para o mercado de processamento mínimo de maçãs, ou que seu emprego para este fim tem maior dependência da aplicação de antioxidantes e da temperatura de

manipulação. O cultivar Fuji Mishima também tem um volume de produção elevado no país e pode ser mais bem aproveitado para estes fins. Já os cultivares Elenise e Venice ainda estão em processo de difusão pelo Brasil, porém com boas perspectivas de cultivo devido a vantagens em relação aos clones de cultivares Gala e Fuji, como maior adaptabilidade às condições climáticas do país, resistência a doenças e boa qualidade dos frutos (De Martin *et al.*, 2018), além de menor velocidade de escurecimento e de alteração de cor da polpa, que pode tornar os frutos mais aptos para o processamento mínimo, conforme os resultados obtidos.

Para Denardi *et al.* (2020) e Carlesso *et al.* (2022), além do alto potencial para o mercado de frutas frescas, a maçã 'Elenise' pode promover mudanças nas indústrias de maçãs minimamente processadas e de suco de maçã no Brasil, as quais hoje dependem dos cultivares Gala e Fuji, pois apresenta lento escurecimento de polpa devido à baixa reação oxidativa de seus compostos. Os resultados do presente trabalho reforçam a indicação do cultivar Elenise para processamento mínimo, e ainda incluem 'Venice' nesse nicho de mercado em potencial, pois seus frutos também apresentam lento escurecimento de polpa. Estudos futuros devem ser realizados com o objetivo de compreender os principais mecanismos fisiológicos envolvidos no menor grau de escurecimento desses cultivares.

Conclusões

Quando comparadas às demais variedades estudadas, as maçãs do cultivar Venice apresentam menor escurecimento de polpa, tendo potencial para utilização na indústria de minimamente processados, por conta da menor alteração visual dos frutos após os danos mecânicos.

As maçãs dos cultivares Fuji Mishima e Elenise também possuem potencial para o mercado de minimamente processados pelas baixas alterações visuais na polpa dos frutos. Por outro lado, maçãs 'Maxi Gala' e 'Luiza' não são as mais indicadas para o processamento

mínimo, uma vez que apresentam maior índice de escurecimento de polpa e mudança total de cor.

Referências

- BERTRAND, C.; RAPOSO, M.F.D.J.; MORAIS, R.M.S.C.D.; MORAIS, A.M.M.B.D. Effects of different edible coatings on polyphenol oxidase activity and colour of fresh-cut apple during cold storage. **International Journal of Postharvest Technology and Innovation**, Genebra, v.5, n.2, p.91-104, 2015.
- CARLESSO, C.; BRANCHER, T.L.; KVITSCHAL, M.V.; HAWERROTH, M.C.; ARGENTA, L.C. Escurecimento de polpa de maçãs 'Fuji', 'Cripps Pink' e 'SCS427 Elenise' para uso como minimamente processadas. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.35, n.1, p.36-39, 2022. DOI: 10.52945/rac.v35i1.1179.
- CARVALHO, J.R.F.; SILVA, K.M.; SIMÕES, D.R.S.; WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A. Elaboração de fermentado frisante de maçã com características semelhantes à sidra francesa. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.28, n.1, p.97-144, 2010.
- CORTELLINO, G.; GOBBI, S.; BIANCHI, G.; RIZZOLO, A. Modified atmosphere packaging for shelf life extension of fresh-cut apples. **Trends in Food Science & Technology**, New York, v.46, n.2, Part B, p.320-330, 2015.
- CRUZ, M. R.; CAMARGO, M.E.; BRAZ, P.H.C.; FREY, E.H.; FREY, M.V. Estratégias para inovação na cadeia produtiva da maçã brasileira. **Revista Raunp**, Natal, v.8, n.1, p. 64-73, 2015.
- DE MARTIN, M.S.; BETINELLI, K.S.; ARGENTA, L.C.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; KVITSCHAL, M.V. Storage potential of 'SCS426 Venice' apples under different storage technologies. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.40, n.2, p.1-10, 2018.
- DENARDI, F.; KVITSCHAL, M. V.; HAWERROTH, M. C.; ARGENTA, L. C. SCS427 Elenise: late-ripening apple variety of good storability and resistance to Glomerella Leaf Spot. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.33, n.2, p.32-36, 2020. DOI: 10.52945/rac.v33i2.537.
- ERCOLI, L.; BARIZÃO, E.O.; BOEING, J.S.; KVITSCHAL, M.V.; VISENTAINER, J.V.; ALMEIDA, V. C. Evaluation of chemical characteristics and correlation analysis with pulp browning of advanced selections of apples grown in Brazil. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.39, n.1, 2017.
- FAORO, I.D. Alguns cultivares do grupo 'Gala'. In: FAORO, I.D. (Org.) **Maçãs do grupo "Gala" no Brasil**. Florianópolis: Epagri, 2022. p.109-136.
- FURLAN, C.R.C.; DANTAS, A.C.M.; DENARDI, F.; BECKER, W.F.; MONTOVANI, A. Resistência genética dos acessos do banco de germoplasma de macieira da EPAGRI à mancha foliar de glomerella (*Colletotrichum gloeosporioides*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.2, p.507-514, 2010.
- JIANG, Y.; DUAN, X.; QU, H.; ZHENG, S. Browning: Enzymatic Browning. **Encyclopedia of Food and Health**, Oxford, p. 508-514, 2016.
- KIST, B.B. **Anuário Brasileiro da Maçã 2019**. Santa Cruz do Sul, RS: Editora Gazeta Santa Cruz, 2019. 56p.
- KUMAR, S.; MISHRA, B.; SAXENA, S.; BANDYOPADHYAY, N.; MORE, V.; WADHAWAN, S.; HAJARE, S.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Inhibition of pericarp browning and shelf life extension of litchi by combination dip treatment and radiation processing. **Food Chemistry**, Berlim, n.131, p.1223-1232. 2012.
- MAXMEN, A. Genetically modified apple reaches US stores, but will consumers bite? **Nature**, Londres, v.551, n.7679, p.149-150. 2017.
- 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**, Jaboticabal, v.38, n.4, 2016.
- NIAMNUY, C.; DEVAHASTIN, S.; SOPONRONNARIT, S.; RAGHAVAN, V.G.S. Kinetics of astaxanthin degradation and color changes of dried shrimp during storage. **Journal of Food Engineering**, Londres, v.87, n.4, p.591-600, 2008.
- OYARZÚN, A.; OBANDO-ULLOA, J.M.; MERY, L.; MACHUCA, A.; ESCALONA, V.H.; GÓMEZ, A.C.S. Cutting and temperature of preservation effect on the physiological activity and quality of fresh cut 'Packham's Triumph' and 'Shinco' pears. **Acta Horticultura**, Haia, n.1209 p.281-290, 2018.
- ROCHA, A.M.C.N.; MORAIS, A.M.M.B. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by color changes. **Food Control**, Guildford, v.14, n.1, p.13-20, 2003.
- SON, S.M.; MOON, K.D.; LEE, C.Y. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. **Food Chemistry**, Berlin, v.73, n.1, p.23-30, 2001.
- STANGER, M.C.; STEFFENS, C.A.; SOETHE, C.; MOREIRA, M.A.; AMARANTE, C.V.T. Phenolic content and antioxidant activity during the development of 'Brookfield' and 'Mishima' apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.65, n.17, p.3453-3459, 2017.
- SUBHASHREE, S.N.; SUNOJ, S.; XUE, J.; BORA, J.C. Quantification of browning in apples using colour and textural features by image analysis. **Food Quality and Safety**, Oxford, v.1, n.3, p.221-226, 2017.
- TAPPI, S.; RAGNI, L.; TYLEWICZ, U.; ROMANI, S.; RAMAZZINA, I.; ROCCULI, P. Browning response of fresh-cut apples of different cultivars to cold gas plasma treatment. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Amsterdam, v. 53, p. 56-62, 2019.
- TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v.81, n.09, p.853-876, 2001.