

1 **Preservação de maçãs *Fuji* minimamente processadas com N-**
2 **acetilcisteína, ácidos ascórbico e oxálico. Amanda J. de Oliveira¹; Neusimar**
3 **de Sousa¹, Christiane M. Vasconcelos¹; Patrícia A.P. Pereira; Kelem Silva**
4 **Fonseca²; Maria Helena N. Brumano¹**

5 ¹ UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Nutrição - Campus Universitário - Morro do
6 Cruzeiro, s/n, 35400-000 - Ouro Preto – MG; ²UFV – Universidade Federal de Viçosa - Campus de
7 Viçosa - Av. Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-900 - Viçosa – MG. amandajoliveira@hotmail.com
8 neusimardesousa@yahoo.com.br chrismileib@yahoo.com.br kelemsilva@yahoo.com.br
9 patriciaaparecidapimentapereira@yahoo.com.br helenabrumano@yahoo.com.br

11 **RESUMO**

12 A maçã é um dos frutos mais consumidos no Brasil, devido ao seu sabor e potencial
13 nutritivo, porém possui elevada perecibilidade, após processamento mínimo. Análise
14 sensorial descritiva, análise instrumental de cor e determinação do teor de fenólicos
15 totais foram empregados para avaliar o efeito dos agentes antiescurecimento N-
16 acetilcisteína (NAC), ácido oxálico (AO) e ácido ascórbico (AA) na qualidade e
17 extensão da vida de prateleira de maçãs *Fuji* minimamente processadas. Os frutos foram
18 selecionados, sanitizados, cortados e imersos em diferentes soluções, seguindo o
19 delineamento de mistura simplex-centróide com 8 ensaios. Em seguida, as maçãs foram
20 acondicionadas e armazenadas a 4 °C por 12 dias. Os atributos sensoriais analisados
21 foram: aroma e sabor doces, aroma e sabor sulfurados, cor, adstringência, aparência
22 artificial e textura. As maçãs tratadas com NAC apresentaram os menores coeficientes
23 na equação para cor, resultados também observados na análise instrumental,
24 evidenciando que este agente foi o mais eficiente para manutenção deste atributo na
25 maçã, todavia, para sabor e aroma sulfurados, e aroma e gosto doces, maiores
26 concentrações de NAC interferiram negativamente na qualidade sensorial das maçãs.
27 Fazendo-se uso de concentrações com até 0,10 % de NAC em combinação ao AA até
28 concentração de 1,0 % é possível conseguir bons resultados, uma vez que este ácido irá
29 reduzir a percepção do enxofre presente no NAC e garantir a manutenção da cor, um
30 dos indicadores mais relevantes durante a aquisição dos minimamente processados,
31 durante 12 dias de armazenamento. O AO na concentração máxima de 0,04 % não foi
32 efetivo para evitar o escurecimento dos frutos de maçã. Não houve diferença ($p>0,05$)
33 no teor de fenólicos totais logo após o processamento e após 12 dias de armazenamento,
34 sugerindo que o processamento mínimo e a estocagem não afetaram o potencial
35 antioxidante das maçãs.

36 **Palavras-chave:** *Agentes antiescurecimento, qualidade sensorial, vida de prateleira.*

37 **ABSTRACT - Preservation of fresh-cut *Fuji* apples with N-acetylcysteine, ascorbic**
38 **and oxalic acids**

39 Apple is a most consumed fruit in Brazil, because of its taste and nutritional potential,
40 but has high perishability, after minimum processing. Descriptive sensory analysis,
41 instrumental color and determining total phenolic compounds were used to assess the
42 effect of antibrowning agents N-acetylcysteine (NAC), oxalic acid (OA) and ascorbic
43 acid (AA), on the shelf-life and quality of fresh-cut *Fuji* apples. The fruits were sorted,
44 sanitized, cut and immersed in different solutions, following the simplex-centroid
45 mixture design with 8 trials. Then, apples were packed and stored at 4 °C for 12 days.
46 The sensory attributes analyzed were: sweet aroma and taste, sulfur aroma and flavor,
47 color, astringency, artificial appearance and texture. Apples treated with NAC showed
48 the lowest coefficients in the equation for color, results also observed in instrumental
49 analysis, demonstrating that this agent was the most efficient to maintain this attribute,
50 however, to sulfur taste and aroma, and sweet taste and aroma, higher concentrations of
51 NAC exhibited negative effect on sensory quality of apples. Concentrations of up to
52 0.10 % NAC in combination with up to 1.0% AA is possible to obtain good results,
53 since this acid will reduce the perception of sulfur present in NAC and ensure color
54 maintenance, one of the most important indicators for the acquisition of minimally
55 processed, during 12 days of storage. AO in the maximum concentration of 0.04% was
56 not effective to prevent browning of apple fruit. There was no difference ($p > 0.05$) in
57 total phenolic content after processing and with 12 days storage, suggesting that the
58 minimum processing and storage did not affect the antioxidant potential of apples.

59 **Keywords:** *antibrowning agents, sensory quality, shelf-life.*

60

61 **INTRODUÇÃO**

62 A maçã (*Malus domestica Borkh*) está entre as frutas mais consumidas no Brasil, devido
63 ao seu sabor e potencial nutritivo, mas possui características sensoriais rapidamente
64 alteradas quando expostas à danos mecânicos como um simples corte ou pressão em
65 seus tecidos, expondo-o ao oxigênio, o que leva à produção de pigmentos de coloração
66 marrom, as melanoidinas, e conseqüentemente, ao escurecimento enzimático da polpa
67 do fruto. Alternativas eficientes para evitar o escurecimento enzimático podem ocorrer

68 fazendo-se o uso de agentes antiescurecimento, filmes e/ou revestimentos comestíveis
69 (HERERNÁNDEZ-MUÑOZ et al., 2008; SILVA et al., 2009). Os agentes
70 antiescurecimento derivados da cisteína, ácido ascórbico e ácido oxálico têm
71 demonstrado bons resultados, são reconhecidos como seguros e liberados para uso como
72 aditivos alimentares (DUDLEY & HOTCHKISS, 1989; SAPERS, 1998; ANVISA,
73 2003; VILAS BOAS et al., 2007). Neste sentido, a proposta do presente trabalho foi
74 avaliar a eficiência dos agentes antiescurecimento N-acetilcisteína (NAC), ácido
75 ascórbico (AA) e ácido oxálico (AO), isolados ou em combinação, na presença de íons
76 cálcio, na manutenção da qualidade de maçãs *fuji* minimamente processada (MP).

77

78 MATERIAL E MÉTODOS

79 **Processamento Mínimo de Maçãs *Fuji*:** realizado conforme metodologia proposta
80 pela EMBRAPA (2003). As análises sensorial e de cor instrumental foram realizadas
81 em zero, 3, 6, 10 e 12 dias de armazenamento, e a determinação de fenólicos totais,
82 apenas no tempo 0 e 12º dia de armazenamento.

83 **Delineamento Experimental:** foi utilizado o delineamento experimental de mistura
84 simplex-centróide com os agentes antiescurecimento NAC, AA e AO nas concentrações
85 máximas de 0,2; 0,04 e 1 % (p/v), respectivamente. O delineamento para três
86 componentes totalizou 8 ensaios, sendo o ponto central avaliado 3 vezes. Além destes
87 ensaios, também foi avaliado o controle (maçãs imersas apenas em água destilada).

88 **Análise Instrumental de Cor:** determinada por meio do colorímetro Chroma Meter
89 CR-400 (Konica Minolta) segundo o sistema CIE-Lab, utilizando-se do espaço de cor
90 ($L^*a^*b^*$). A partir dos valores encontrados foram calculados o índice de escurecimento
91 (IE), Cromo (C^*) e o ângulo hue (h^*), como descrito por Pathare *et al.* (2013).

92 **Análise Sensorial Descritiva:** utilizou-se a metodologia descrita por Silva *et al.* (2012),
93 denominado Perfil Descritivo Otimizado (PDO), com algumas modificações.

94 **Estimativa de Compostos Fenólicos Totais:** os extratos contendo os compostos
95 fenólicos foram obtidos conforme descrito por Bloor (2001) com algumas adaptações, e
96 a quantificação foi realizada de acordo com Singleton *et al.* (1999).

97 **Análise Estatística:** para a análise sensorial foi verificada as variáveis Ensaio, Tempo,
98 Julgador e as suas interações. Os atributos sensoriais que demonstraram diferença
99 significativa ($p < 0,05$) em relação ao ensaio foram avaliados utilizando equações de

100 regressão múltipla e a resposta pôde ser escrita como sendo função (f) de x: $y_i = f(x_1,$
101 $x_2, x_3)$. A mesma análise estatística foi realizada para cor instrumental, sendo
102 verificadas as variáveis Ensaio, Tempo e a interação. O conteúdo de fenólicos foi
103 avaliado por meio da ANOVA, sendo que para efeito significativo ($p < 0,05$) do Ensaio,
104 equações de regressão múltipla foram ajustadas e, em relação ao Tempo, a ANOVA é
105 conclusiva. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa estatístico SAS
106 (Statistical Analysis System – SAS Institute Inc., North Carolina, USA, 1989).

107

108 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

109 A medida de cor Hue não apresentou variação ($p > 0,05$) sendo os valores encontrados
110 próximos ao ângulo de 90° ($85,77 \pm 1,65^\circ$), indicando uma tonalidade amarela para as
111 maçãs MP. L^* , IE e C^* apresentaram variação ($p < 0,05$) da interação, permitindo o
112 ajuste de modelos de regressão em função da concentração dos agentes
113 antiescurecimento, para cada tempo de armazenamento (Tabela 1). Para as maçãs
114 tratadas com AO, foram observados os menores coeficientes para L^* e maiores para IE,
115 sugerindo que este ácido não foi efetivo para evitar o escurecimento das maçãs *Fuji*,
116 possivelmente devido à baixa concentração (0,04 %) utilizada. Os elevados coeficientes
117 de L^* e reduzidos para IE, referente à concentração do AA até o 6º dia de
118 armazenamento, demonstram sua efetividade no controle do escurecimento, contudo,
119 em um menor tempo de armazenamento. Em relação à concentração de NAC, observa-
120 se que no tempo 0, a equação ajustada apresentou os maiores coeficientes para IE e C^* e
121 o menor para L^* . Tal fato pode ter ocorrido devido à presença do aromatizante artificial
122 de laranja presente neste composto, o qual conferiu cor laranja suave aos cubos de
123 maçãs no início do processamento. Após três dias de armazenamento, L^* aumentou
124 enquanto C^* e IE diminuíram, ou seja, as maçãs ficaram com a coloração mais próxima
125 de sua tonalidade natural, sugerindo que o NAC apesar da suave coloração alaranjada
126 observada inicialmente, pode ser efetivo na manutenção da cor das maçãs *Fuji*.

127 Em relação à análise sensorial, foram avaliados os atributos cor, sabor e aroma doces,
128 adstringência, sabor e aroma sulfurados, aparência artificial e textura. Destes, sabor e
129 aroma sulfurados e adstringência apresentaram variação para tempo e ensaio ($p < 0,05$),
130 ambos de forma isolada. A textura demonstrou variação ($p < 0,05$) somente para tempo.
131 Assim, ajustou-se modelos de regressão para explicar o comportamento deles em

132 relação ao tempo de armazenamento (Tabela 2) e à mistura dos agentes
133 antiescurecimento (Tempo 3). De acordo com as equações ajustadas, os coeficientes de
134 aroma e sabor sulfurados e adstringência tendem a diminuir com o tempo, sugerindo
135 que as enzimas presentes na maçã devem metabolizar os agentes antiescurecimento
136 utilizados, o que reduz a intensidade com que tais atributos são percebidos,
137 especialmente devido à presença do NAC. Para textura não foi possível ajustar um
138 modelo de regressão, porém observou-se um elevado escore médio para este atributo.
139 Além do aroma e sabor sulfurados e adstringência, o gosto doce também apresentou
140 variação ($p < 0,05$) em relação ao ensaio, sendo sua equação apresentada, junto às demais
141 (Tabela 3). Para aroma e sabor sulfurados, as maçãs tratadas com NAC apresentaram os
142 maiores coeficientes na equação, o que era esperado já que o mesmo contém enxofre (S)
143 em sua composição. A variação da concentração dos agentes não influenciou
144 grandemente nos coeficientes das equações ajustadas para adstringência e gosto doce.
145 Aroma doce e cor exibiram variação ($p < 0,05$) da interação, assim, modelos de regressão
146 em função da concentração dos agentes foram ajustados, para cada tempo (Tabela 4).
147 De maneira geral, as maçãs tratadas com NAC, apresentaram um baixo coeficiente na
148 equação para aroma doce, independente do tempo. Para cor sensorial, quanto maior a
149 concentração de NAC, maior a intensidade deste atributo no primeiro dia de análise. O
150 mesmo comportamento foi observado na cor instrumental, o que foi justificado pela
151 presença do aromatizante laranja no NAC adquirido. A partir do 3º dia, a cor sensorial
152 apresentou coloração menos intensa em presença de maiores concentrações de NAC,
153 confirmando sua efetividade. O AA também foi eficaz, especialmente até o 6º dia.
154 Apenas o AO não demonstrou influenciar na manutenção da cor sensorial das maçãs
155 *Fuji* MP. Para aparência artificial, não houve diferença ($p > 0,05$) quanto às fontes de
156 variação analisadas, tendo apresentado um escore médio baixo.
157 O conteúdo de fenólicos totais não variou ($p > 0,05$) em relação ao tempo ou às
158 concentrações dos agentes antiescurecimento e o controle (tempo 0: $282,34 \pm 145,42$
159 mg de EAG/100 g de maçã; tempo 12: $290,92 \pm 132,38$ mg de EAG/100 g de maçã).

160

161 **CONCLUSÕES**

162 O perfil sensorial descritivo mostrou que as maçãs tratadas com NAC apresentaram os
163 menores coeficientes na equação para cor, resultados também observados na avaliação

Oliveira, A.J., Sousa, N., Vasconcelos, C.M., Silva, K. Brumano, M.H.N. 2015. Preservação de maçãs *Fuji* minimamente processadas com N-acetilcisteína, ácido ascórbico e oxálico. In: **Congresso Brasileiro de Processamento Mínimo e Pós-Colheita de Frutas, Flores e Hortaliças**, 001. Anais... Aracaju-SE.

164 instrumental, evidenciando que este agente foi o mais eficiente na manutenção deste
165 atributo na maçã. Por outro lado, para sabor e aroma sulfurados, e aroma e gosto doces,
166 maiores concentrações de NAC interferiram negativamente nas características sensoriais
167 das maçãs; contudo, fazendo-se uso de concentrações de até 0,10 % de NAC em
168 combinação com AA até uma concentração de 1,0 % é possível conseguir bons
169 resultados para todos os atributos, durante 12 dias de armazenamento. De maneira geral,
170 observou-se que o AO na concentração máxima de 0,04 % não foi efetivo. Quanto à
171 estimativa de fenólicos totais, houve uma manutenção destes componentes durante o
172 armazenamento, sugerindo boa estabilidade em presença dos agentes antiescurecimento.
173

174 **REFERÊNCIAS**

- 175 AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Disponível em:
176 <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/aditivo.htm>. 2003. Acesso: 10/04/2014.
- 177 BLOOR. S.J. Overview of methods for analysis and identification of flavonoids.
178 *Methods in Enzymology*, v. 335, p. 3-14, 2001.
- 179 DUDLEY, E.D.; HOTCHKISS, J. H.; Cysteine as an inhibitor of polyphenol oxidase.
180 *Journal of Food Biochemistry*, v.13, n.1, p. 65-75, 1989.
- 181 EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Hortaliças minimamente*
182 *processadas*. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, 2003. 133p.
- 183 HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; DEL VALLE, V.; VELEZ, D.;
184 GAVARA, R. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment
185 on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food*
186 *Chemistry*. v. 110, n. 2, p. 428-435, 2008.
- 187 PATHARE, P.B.; OPARA, U.L.O.; AL-SAID, F.Al-J. Colour Measurement and
188 Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technology*, v. 6,
189 n. 1, p. 36-60, 2013.
- 190 SAPERS, G.M.; MILLER, R. L. Browning inhibition in fresh-cut pears. *Journal of*
191 *Food Science*, v. 63, n. 2, p. 342-346, 1998.
- 192 SILVA, M.; ROSA, C.I.L.F., VILAS BOAS, E.V.B. Conceitos e métodos de controle
193 do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. *Boletim*
194 *CEPPA*, Curitiba, v. 27, n. 1, p. 83-96, 2009.

Oliveira, A.J., Sousa, N., Vasconcelos, C.M., Silva, K. Brumano, M.H.N. 2015. Preservação de maçãs *Fuji* minimamente processadas com N-acetilcisteína, ácido ascórbico e oxálico. In: **Congresso Brasileiro de Processamento Mínimo e Pós-Colheita de Frutas, Flores e Hortaliças**, 001. Anais... Aracaju-SE.

- 195 SILVA, R. C. S. N.; MINIM, V. P. R; SIMIQUELI, A. A.; MORAES, L. E. S;
 196 GOMIDE, A. I.; MINIM, L. A. Optimized Descriptive Profile: A rapid methodology for
 197 sensory description. *Food Quality and Preference*, v. 24, p. 190–200, 2012.
 198 SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELARAVENTÓS, R. M. Analysis of
 199 total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-
 200 Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, v. 299, part. A, p. 152-177, 1999.
 201 STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. User's procedures guide. Version 9.2,
 202 Cary: SAS Institute, Inc 1989. 2v.
 203 VILAS BOAS, E.V.B.; VILAS BOAS, B.M; GIANNONI, J.A.; ROSANE, J.M.;
 204 Tendências na área de processamento mínimo de frutas e hortaliças: avanços
 205 tecnológicos. In: *Simpósio Brasileiro de Pós-colheita: frutas, hortaliças e flores*.
 206 Palestras e Resumos: Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG, 2007.

207

208 **TABELAS**

209 **Tabela 1.** Valores médios de L*, IE e C* das maçãs minimamente processadas em
 210 função da concentração dos agentes antiescurecimento para cada tempo de
 211 armazenamento analisado (Average values of L*, BI and C* of minimally processed
 212 apples versus concentration of antibrowning agents for the analyzed storage).

Tempo	L*	IE	C*
0	76,31NAC + 76,42AO + 79,88AA	41,02NAC + 36,79AO + 29,56AA	25,78NAC + 23,60AO + 20,66AA
3	80,83NAC + 75,03AO + 78,18AA	30,08NAC + 48,05AO + 36,99AA	21,50NAC + 28,10AO + 24,04AA
6	77,14NAC + 71,05AO + 79,34AA	46,50NAC + 54,79AO + 32,68AA	29,20NAC + 28,84AO + 22,51AA
10	x = 74,58 ^{ns}	x = 43,69 ^{ns}	26,64NAC + 28,67AO + 23,21AA
12	73,86NAC + 71,63AO + 71,68AA	x = 46,44 ^{ns}	x = 28,89 ^{ns}

213 N-acetilcisteína (NAC), ácido oxálico (AO) e ácido ascórbico (AA). ^{ns} Não significativo
 214 a 5 % de probabilidade. L*: luminosidade, IE: índice de escurecimento, C*: croma.

215

216 **Tabela 2.** Modelo de regressão para aroma e sabor sulfurados, adstringência e escore
 217 médio de textura durante o tempo de armazenamento (Regression model for the aroma
 218 and sulfur flavor, astringency and mean score of texture during the storage time).

Atributo sensorial	Modelo de Regressão	R ²	p (F)
Aroma sulfurado	2,03 - 0,30*T + 0,01*T ²	0,9171	0,0458
Sabor sulfurado	2,47 - 0,06T	0,6798	<0,0001
Adstringência	2,64 - 0,43T + 0,02T ²	0,9777	<0,0001
Textura	7, 66 ± 1,62	---	---

219 T refere-se ao tempo de armazenamento, em dias.

220

221 **Tabela 3.** Modelo de regressão para aroma e sabor sulfurados, adstringência e gosto
 222 doce em função da concentração de NAC, AO e AA, seu coeficiente de determinação
 223 (R^2) e nível de probabilidade (p) (Regression model for the aroma and sulfur flavor,
 224 astringency and sweetness in function on the concentration of NAC, AO and AA, its
 225 coefficient of determination (R^2) and probability level (p)).

Atributo sensorial	Modelo de Regressão	R^2	p(F)
Aroma sulfurado	$1,61NAC + 0,54AO + 0,82AA$	0,9234	<0,0001
Sabor sulfurado	$3,32NAC + 1,54AO + 2,01AA$	0,9900	<0,0001
Adstringência	$2,70NAC + 2,17AO + 2,33AA$	0,9629	<0,0001
Gosto doce	$5,97NAC + 5,41AO + 5,05AA$	0,8495	<0,0001

226 NAC: N-acetilcisteína, AO: ácido oxálico e AA: ácido ascórbico. DP: desvio padrão

227

228 **Tabela 4.** Modelo de regressão e escore médio para aroma doce e cor em função da
 229 concentração de NAC, AO e AA, para cada tempo de análise, seus coeficientes de
 230 determinação (R^2) e níveis de probabilidade (p) (Regression model and mean score for
 231 sweet aroma and color in function on the concentration of NAC, AO and AA for each
 232 analysis time, their coefficients of determination (R^2) and levels of probability (p)).

Atributo sensorial	Tempo	Modelo de Regressão ou Escore Médio \pm DP	R^2	p (F)
Aroma doce	0	$3,52 \pm 3,06$	---	0,0663 ^{ns}
	3	$3,80NAC + 6,68AO + 4,12AA$	0,9820	0,0038*
	6	$3,61NAC + 4,41AO + 5,09AA$	0,9505	0,0005*
	10	$3,50 \pm 3,13$	---	0,1898 ^{ns}
	12	$3,13NAC + 3,21AO$	0,8625	0,0013*
Cor	0	$4,10NAC + 2,87AO + 1,87AA$	0,9892	<0,0001*
	3	$-0,19NAC + 5,94AO + 1,93AA$	0,8719	0,0048*
	6	$8,00AO + 3,05AA$	0,9515	<0,0001*
	10	$3,86 \pm 2,92$	---	0,1229 ^{ns}
	12	$3,0NAC + 5,81AO + 3,35AA$	0,9607	0,0001*

233 NAC: N-acetilcisteína, AO: ácido oxálico e AA: ácido ascórbico. ^{ns} não significativo a
 234 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade. DP: desvio padrão

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244