

1 Sousa, A.E.D. de, Silveira, M. R. S. da, Puschmann, R., Silva, E. O., Silva, L. T, Pontes, C. A. 2015.
2 Escurecimento de manga minimamente processada submetida à radiação ultravioleta pulsada (UV_p).
3 In: **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**,
4 001. Anais... Aracaju-SE.

**1 Escurecimento de manga minimamente processada submetida à
2 radiação ultravioleta pulsada (UV_p) Aline E. D. de Sousa¹; Marcia R. S. da
3 Silveira²; Rolf Puschmann³; Ebenezer O. Silva⁴; Laiane T. Silva⁵; Cibele A.
4 Pontes⁶.**

6^{1,2,4,5,6} Embrapa Agroindústria Tropical - Rua Dra. Sara Mesquita, 2270, Campus do Pici, 60.511-110 –
7 Fortaleza-CE. aedsousa@gmail.com, marcia.silveira@embrapa.br, ebenezer.silva@embrapa.br,
8 laianetorres@hotmail.com, belepontes@yahoo.com.br ³UFV – Universidade Federal de Viçosa – Av.
9 Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-900 – Viçosa-MG. rolf@ufv.br.

10

11 RESUMO

12 Objetivou-se com este trabalho, verificar o efeito de diferentes densidades de radiação
13 ultravioleta pulsada (UV_p) sobre o escurecimento de mangas ‘Tommy Atkins’
14 minimamente processadas e conservadas a 5°C por 14 dias. Após o processamento
15 mínimo e aplicação de diferentes doses de UV_p (0; 1,5; 3,0; 4,2; 5,7 e 7,2J cm⁻²), cubos
16 de manga foram conservadas a 5°C por 1, 7 e 14 dias, e avaliadas quanto a cor (L* e
17 b*), extravasamento de eletrólitos (Ee), vitamina C, atividade da catalase (CAT),
18 peroxidase do ascorbato, (APX), dismutase do superóxido (SOD) e polifenoloxidase
19 (PFO). Embora a aplicação de diferentes densidades de UV_p tenha alterado os valores
20 de Ee, o teor de vitamina C e a atividade das enzimas envolvidas no escurecimento e no
21 sistema oxidativo, a cor dos cubos de manga ‘Tommy Atkins’ minimamente
22 processadas não foi afetada.

23 **Palavras-chave:** *Mangifera indica* L., processamento mínimo, atividade enzimática.

24

25 ABSTRACT

26 Browning of minimally processed mango submitted to pulsed ultraviolet radiation

27 The objective of this study was to verify the effect of different densities of pulsed
28 ultraviolet radiation (UV_p) on the browning of minimally processed mango 'Tommy
29 Atkins' stored at 5 ° C for 14 days. After processing and application of pulsed ultraviolet
30 radiation dosage levels of 0 , 1.5, 3.0 , 4.2 , 5.7 and 7,2J cm⁻², mango cubes were
31 stored at 5 ° C for 1, 7 and 14 days and evaluated for color (L * and b * values),
32 electrolyte leakage (Ee), vitamin C, catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX),
33 superoxide dismutase (SOD) and polyphenol oxidase (PFO). Although the application
34 of different densities of UV_p have changed the Ee, the vitamin C content, the enzymes
35 activity involved in browning and oxidative system, the color of mango cubes 'Tommy
36 Atkins' minimally processed was not affected.

37 **Keywords:** *Mangifera indica* L., fresh-cut, enzymatic activity.

7Sousa, A.E.D. de, Silveira, M. R. S. da, Puschmann, R., Silva, E. O., Silva, L. T, Pontes, C. A. 2015.
8 Escurecimento de manga minimamente processada submetida à radiação ultravioleta pulsada (UVp).
9 In: **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**,
10 001. Anais... Aracaju-SE.

38

39INTRODUÇÃO

40 A UV_p vem sendo utilizada como estratégia alternativa para o controle dos micro-
41organismos em alimentos, porém, a sua aplicação causa o escurecimento em frutas e
42hortaliças minimamente processadas.

43 O escurecimento é o resultado dos estresses mecânicos, durante as operações de
44processamento mínimo, e do estresse físico (associado ao aumento de temperatura dos
45tecidos) durante a aplicação da radiação ultravioleta. Em resposta a tais estresses, as fru-
46tas e hortaliças, desencadeiam a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), as
47quais podem causar danos irreparáveis às membranas celulares (Alamino et al., 2013).
48As EROs atuam como sinais para ativação de respostas ao estresse (Erkan et al., 2008).
49O aumento na produção de enzimas antioxidantes é uma resposta a formação destas
50EROs (Fu et al., 2011).

51 Segundo Charles et al. (2013), o escurecimento é desencadeado pelo processo de
52descompartimentação permitindo que compostos fenólicos entrem em contato com
53enzimas oxidativas, PFO, produzindo quinonas, que se transformam em melaninas e
54pigmentos escuros.

55 Estudos realizados por Souza (2014) com mangas minimamente processadas
56demonstraram que amostras tratadas com maior densidade de UVp (18 pulsos, 54 KJ m⁻²
57²) e o controle apresentaram aumento no índice de escurecimento. Charles et al. (2013)
58demonstraram que houve uma mudança menor da coloração global em mangas
59minimamente processadas depois do tratamento de UVp (8 J cm⁻²) em comparação com
60o controle.

61 Ainda são poucos os estudos utilizando a UV_p em mangas minimamente
62processadas, bem como as implicações do uso desta tecnologia sobre aparência destes
63produtos. Baseado nisto, objetivou-se com este trabalho, verificar o efeito de diferentes
64densidades de UV_p sobre o escurecimento de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente
65processadas e conservadas a 5°C por 14 dias.

66

67MATERIAL E MÉTODOS

68 Mangas (*Mangifera indica* L.) ‘Tommy Atkins’ selecionadas (estádio de matura-
69ção e ausência de injúrias e doenças) foram lavadas, sanitizadas, descascadas, cortadas em

13Sousa, A.E.D. de, Silveira, M. R. S. da, Puschmann, R., Silva, E. O., Silva, L. T, Pontes, C. A. 2015.
14 Escurecimento de manga minimamente processada submetida à radiação ultravioleta pulsada (UV_p).
15 In: **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**,
16 001. Anais... Aracaju-SE.

70cubos, enxaguadas e drenadas por 3 minutos. Depois, foram submetidas aos diferentes
71tratamentos com UV_p, na potência máxima das lâmpadas (900J), resultando em
72diferentes densidades energéticas, de acordo com o número de pulsos, equivalentes a: 0
73(sem UV_p), 1,5; 3,0; 4,2; 5,7 e 7,2J cm⁻². Após os tratamentos, 250g de mangas
74minimamente processadas foram acondicionadas em embalagens de polietileno
75tereftalato (PET) com tampa e armazenadas em câmara fria (5 ± 1°C e UR 85 ± 5%) por
7614 dias. As análises foram realizadas no 1º, no 7º e no 14º dia de conservação. Realizou-
77se as avaliações de cor (sistema L*, a*, b*), extravasamento de eletrólitos (Ee) (Serek et
78al., 1995), vitamina C (Strohecker & Henning, 1967), atividade da catalase (CAT)
79(Beers & Sizer, 1952), atividade da peroxidase do ascorbato, (APX) (Yang et al. 2009),
80atividade da dismutase do superóxido (SOD) (Giannopolitis & Ries, 1977) e atividade
81da polifenoloxidase (PFO) (Wissemann & Lee, 1980). Os experimentos foram
82analisados em parcelas subdivididas com o fator radiação na parcela (6 densidades de
83radiação) e o fator tempo de conservação na subparcela (3 períodos de conservação).

84 O delineamento experimental foi organizado em blocos casualizados, com três
85repetições, totalizando 54 parcelas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de
86variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

87RESULTADOS E DISCUSSÃO

88 A radiação UV_p não induziu alterações ($P>0,05$) na cor (L* e b*) da manga
89‘Tommy Atkins’ minimamente processada. Verificou-se redução ($P<0,05$) apenas
90durante o período de conservação refrigerada, nos valores de b* aos 7 dias, nos cubos
91que receberam 3,0 e 5,7J cm⁻² e, aos 14 dias, nos que receberam 3,0; 4,2 e 5,7J cm⁻²
92(Tabela 1).

93 Em relação ao Ee, observou-se, no sétimo dia de conservação, que as amostras
94irradiadas com 5,7 e 7,2J cm⁻² de UV_p apresentaram Ee inferior ($P<0,05$) quando
95comparados ao controle (Tabela 1).

96 Observou-se interação significativa ($P<0,05$) entre os tratamentos e tempo de
97conservação para a vitamina C dos pedaços de manga. Os cubos tratados com 1,5; 5,7 e
987,2J cm⁻², assim como o controle, aumentaram ($P<0,05$) o teor de vitamina C aos 7 dias
99de conservação (Tabela 1). O aumento significativo nos teores de vitamina C durante a
100conservação das mangas minimamente processadas, com e sem aplicação da UV_p, pode

19Sousa, A.E.D. de, Silveira, M. R. S. da, Puschmann, R., Silva, E. O., Silva, L. T, Pontes, C. A. 2015.
20 Escurecimento de manga minimamente processada submetida à radiação ultravioleta pulsada (UVp).
21 In: **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**,
22 001. Anais... Aracaju-SE.

101ter sido desencadeado, possivelmente, pelo estresse físico causado pelo corte, induzindo
102a expressão de genes envolvidos na rota de biossíntese da vitamina C (Suza et al.,
1032010).

104 No primeiro dia de conservação, os cubos que receberam 4,2J cm⁻² de UV_p,
105apresentaram teor de vitamina C 33% maior que o controle ($P<0,05$). Já, no sétimo dia
106de conservação, o teor de vitamina C foi menor ($P<0,05$) em todos os cubos irradiados
107com UV_p. No décimo quarto dia de conservação, os cubos tratados com 4,2; 5,7 e 7,2J
108cm⁻² de UV_p apresentaram menor teor de vitamina C ($P<0,05$). A vitamina C é
109termolábil. Assim, o aquecimento do tecido pode ter favorecido a sua degradação,
110explicando o menor teor da vitamina C nos cubos irradiados, verificado aos sete e
111quatorze dias de conservação refrigerada.

112 No 14º dia, a atividade da PFO foi maior ($P<0,05$) nos cubos tratados com 1,5 e
1135,7J cm⁻² de UV_p, quando comparado ao controle. Contudo, nestes cubos não foi
114verificado (visualmente e L*) escurecimento (Tabela 2). Em células intactas, a PFO está
115separada de seus substratos devido à compartimentalização das membranas celulares,
116formando organelas. Assim, a manutenção da integridade da membrana das mangas
117(Figura 3), neste estudo, pode ter inibido a reação de escurecimento (Liu et al., 2011).

118 Observou-se interação significativa ($P<0,05$) entre as doses e o tempo de
119conservação apenas para a atividade da APX. A atividade da APX nos cubos irradiados
120com 1,5J cm⁻² de UV, aumentou e diminuiu, no sétimo e décimo quarto dia de
121conservação, respectivamente (Tabela 3). Nos cubos tratados com 3,0, 4,2, 5,7 e 7,2J
122cm⁻², a atividade da APX foi menor ($P<0,05$) quando comparados ao controle, no
123primeiro e sétimo dias de conservação. Aos 14 dias, todos os cubos tratados com UV_p,
124apresentaram atividade da APX menor que o controle ($P<0,05$).

125 A atividade da CAT nos cubos tratados com 4,2J cm⁻², aumentou aos 7 dias e
126diminuiu aos 14 dias de conservação ($P<0,05$) (Tabela 3). Aos 14 dias, a atividade da
127CAT, nos cubos tratados com 4,2, 5,7 e 7,2J cm⁻² de UV, foi menor ($P<0,05$), quando
128comparados ao controle.

129 A atividade da SOD não sofreu influência ($P>0,05$) dos tratamentos e do tempo
130de conservação (Tabela 3). Talvez, a baixa temperatura de conservação utilizada neste
131experimento tenha inibido a formação do O₂[·], diminuindo a resposta de defesa da SOD.

25Sousa, A.E.D. de, Silveira, M. R. S. da, Puschmann, R., Silva, E. O., Silva, L. T, Pontes, C. A. 2015.
26 Escurecimento de manga minimamente processada submetida à radiação ultravioleta pulsada (UVp).
27 In: **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**,
28 001. Anais... Aracaju-SE.

132Outra hipótese seria que a SOD presente não está em sua temperatura ótima de
133atividade.

134 Embora a aplicação de diferentes densidades de UV_p tenha alterado o Ee, o teor
135de vitamina C e a atividade das enzimas envolvidas no escurecimento e no sistema
136oxidativo, a cor dos cubos de manga ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas não foi
137afetado.

138

139AGRADECIMENTOS

140Ao BNB que financiou o projeto e a CAPES pela concessão da bolsa de pós-graduação.

141

142REFERÊNCIAS

143ALAMINO, D. A.; CABRAL, V. B.; DANNER, M. A.; MARCHESE, J. A. Indução de
144resistência à podridão-amarga em maçãs pelo uso de eliciadores em
145pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 48, 249-254, 2013.

146

147BEERS, R. F.; SIZER, I. W. A spectrophotometric method for measuring the
148breakdown of hydrogen peroxide by catalase. **The Journal of Biological Chemistry**,
149195, 133-140, 1952.

150

151CHARLES, F.; VIDAL, V.; OLIVE, F.; FILGUEIRAS, H.; SALLANON, H. Pulsed
152light treatment as new method to maintain physical and nutritional quality of fresh-cut
153mangoes. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 18, 190-195, 2013.

154

155ERKAN, M.; WANG, S.Y.; WANG, C.Y. Effect of UV treatment on antioxidant
156capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. **Postharvest
157Biology and Technology**, 48, 163–171, 2008.

158

159FU, L.; XU, B. T.; XU, X. R.; GAN, R. Y.; ZHANG, Y.; XIA, E. Q.; LI, H. B.
160Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. **Food Chemistry**, 12,
161345-350, 2011.

162

163GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases I. Occurrence in higher
164plants. **Plant physiology**, 59, 2, 309-314, 1977.

31Sousa, A.E.D. de, Silveira, M. R. S. da, Puschmann, R., Silva, E. O., Silva, L. T, Pontes, C. A. 2015.
32 Escurecimento de manga minimamente processada submetida à radiação ultravioleta pulsada (UVp).
33 In: **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**,
34 001. Anais... Aracaju-SE.

165

166LIU, H.; SONG, L.; YOU, Y.; LI, Y.; DUAN, X.; JIANG, Y.; LU, W. Cold storage
167duration affects litchi fruit quality, membrane permeability, enzyme activities and
168energy charge during shelf time at ambient temperature. **Postharvest Biology and**
169**Technology**, 60, 24-30, 2011.

170

171SEREK, M.; TAMARI, G.; SISLER, E. C.; BOROCHOV, A. Inhibition of ethylene
172induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of
173ethylene action. **Physiologia Plantarum**, 94, 229-232, 1995.

174

175SOUZA, J.F. de. **Utilização de luz ultravioleta contínua (UV-C) e luz pulsada para**
176**conservação de mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas**. 2014. 116f.
177Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e
178Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

179

180STROHECKER R; HENNING HM. Analisis de vitaminas: métodos comprobados.
181Madrid: Paz Montalvo, 428p. 1967.

182

183SUZA, W. P.; AVILA, C. A.; CARRUTHERS, K.; KULKARNI, S.; GOGGIN, F. L.;
184LORENCE, A. Exploring the impact of wounding and jasmonates on ascorbate
185metabolism. **Plant Physiology and Biochemistry**, 48, 337-350, 2010.

186

187YANG, Z.; ZHENG, Y.; CAO, S. Effect of high oxygen atmosphere storage on quality,
188antioxidant enzymes, and DPPH-radical scavenging activity of chinese bayberry fruit.
189**Journal of Agricultural Food Chemistry**, 57, 176–181, 2009.

190

191WISSEMANN, K. W.; LEE, C. Y. Characterization of polyphenoloxidase from Ravat
19251 and Niagara grapes. **Journal of Food Science**, 46, 2, 506-508, 1981.

193

194**Tabela 1.** Cor (L* e b*), Extravasamento de eletrólitos (Ee) e vitamina C de manga
195(*Mangifera indica* L. var. ‘Tommy Atkins’) minimamente processada durante
196conservação refrigerada submetidas a diferentes doses de UV_p. (Color (L * and b *
197values), Electrolyte leakage (Ee) and vitamin C of minimally processed mango

37Sousa, A.E.D. de, Silveira, M. R. S. da, Puschmann, R., Silva, E. O., Silva, L. T, Pontes, C. A. 2015.
 38 Escurecimento de manga minimamente processada submetida à radiação ultravioleta pulsada (UVp).
 39 In: **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**,
 40 001. Anais... Aracaju-SE.

198(*Mangifera indica* L. var. ‘Tommy Atkins’) during refrigerated storage under different
 199dosage levels pulses of UVp).

	Doses (J cm ⁻²)	Dias, 5 ± 1°C		
		1	7	14
L*	0	76,0 Aa	73,9 Aa	71,7 Aa
	1,5	71,2 Aa	71,3 Aa	69,8 Aa
	3,0	73,2 Aa	72,3 Aa	71,7 Aa
	4,2	72,8 Aa	71,7 Aa	68,9 Aa
	5,7	71,9 Aa	71,1 Aa	70,7 Aa
	7,2	71,9 Aa	70,4 Aa	70,4 Aa
	b*	0	68,8 Aa	66,0 Aa
1,5		66,8 Aa	63,7 Aa	61,4 Aa
3,0		69,7 Aa	65,5 Ba	64,0 Ba
4,2		68,1 Aa	66,8 Aa	61,2 Ba
5,7		70,2 Aa	65,6 Ba	64,5 Ba
7,2		66,9 Aa	66,6 Aa	65,0 Aa
Ee, %		0	70,5 Aa	74,2 Aa
	1,5	70,1 Aa	72,1 Aa	70,5 Aa
	3,0	65,9 Aa	70,2 Aa	72,3 Aa
	4,2	68,9 Aa	70,4 Aa	72,2 Aa
	5,7	63,8 Aa	63,5 Ab	69,1 Aa
	7,2	61,2 Aa	62,5 Ab	68,2 Aa
	Vitamina C (mg AA. 100g ⁻¹ MF)	0	17,4 Cb	29,0 Aa
1,5		17,4 Bb	23,2 Ab	23,9 Aa
3,0		19,4 Ab	23,2 Ab	21,8 Aa
4,2		23,2 Aa	23,2 Ab	19,4 Ab
5,7		17,4 Bb	23,2 Ab	19,4 Ab
7,2		17,4 Bb	23,2 Ab	17,4 Bb

200Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical
 201não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. (Means followed
 202by the same uppercase horizontally and lowercase letters vertically do not differ by the
 203Scott- Knott test at 5 % probability).

204**Tabela 2.** Atividade da Polifenoloxidase (PFO) em manga (*Mangifera indica* L. var.
 205‘Tommy Atkins’) minimamente processada durante conservação refrigerada submetidas
 206a diferentes pulsos de radiação ultravioleta. (Polyphenol oxidase activity (PFO) in
 207minimally processed mango (*Mangifera indica* L. var. ‘Tommy Atkins’) during
 208refrigerated storage under different dosage levels pulses of UVp).

Enzima	Doses (J cm ⁻²)	Dias, 5 ± 1°C		
		1	7	14
	0	84,2 Aa	86,6 Aa	89,5 Ab
	1,5	92,9 Aa	94,2 Aa	111,1 Aa

43Sousa, A.E.D. de, Silveira, M. R. S. da, Puschmann, R., Silva, E. O., Silva, L. T, Pontes, C. A. 2015.
 44 Escurecimento de manga minimamente processada submetida à radiação ultravioleta pulsada (UVp).
 45 In: **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**,
 46 001. Anais... Aracaju-SE.

Polifenoloxidase	3,0	110,5 Aa	94,1 Aa	82,0 Ab
(UA/min.µg prot.)	4,2	96,1 Aa	92,1 Aa	84,0 Ab
	5,7	101,4 Aa	94,6 Aa	133,4 Aa
	7,2	84,2 Aa	96,4 Aa	99,3 Ab

209Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical
 210não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. (Means followed
 211by the same uppercase horizontally and lowercase letters vertically do not differ by the
 212Scott- Knott test at 5 % probability).

213

214**Tabela 3.** Atividade de enzimas antioxidantes de manga (*Mangifera indica* L. var.
 215‘Tommy Atkins’) minimamente processada durante conservação refrigerada submetidas
 216a diferentes pulsos de radiação ultravioleta. (Antioxidant enzymes activity of minimally
 217processed mango (*Mangifera indica* L. var. ‘Tommy Atkins’) during refrigerated
 218storage under different dosage levels pulses of UVp).

Enzima	Doses (J cm ⁻²)	Dias, 5 ± 1°C		
		1	7	14
Catalase (µmol H ₂ O ₂ /min.mg prot.)	0	82,3 Aa	83,7 Aa	91,1 Aa
	1,5	87,6 Aa	74,3 Aa	88,2 Aa
	3,0	79,0 Aa	47,3 Aa	86,2 Aa
	4,2	64,7 Ba	94,6 Aa	46,4 Bb
	5,7	65,7 Aa	75,3 Aa	59,7 Ab
	7,2	63,3 Aa	69,6 Aa	50,3 Ab
Peroxidase do ascorbato (µmol H ₂ O ₂ /min.mg prot.)	0	12,9 Ba	12,3 Bb	18,2 Aa
	1,5	14,3 Ba	19,3 Aa	8,4 Cb
	3,0	9,4 Ab	9,7 Ab	11,8 Ab
	4,2	9,9 Ab	11,4 Ab	10,5 Ab
	5,7	10,4 Ab	10,9 Ab	9,1 Ab
	7,2	8,4 Ab	8,3 Ab	8,7 Ab
Dismutase do superóxido (UA/ mg prot.)	0	577,2 Aa	656,8 Aa	482,5 Aa
	1,5	592,6 Aa	729,7 Aa	611,1 Aa
	3,0	524,1 Aa	670,3 Aa	616,7 Aa
	4,2	616,7 Aa	567,1 Aa	800,1 Aa
	5,7	679,6 Aa	705,3 Aa	734,6 Aa
	7,2	523,3 Aa	587,1 Aa	764,7 Aa

219Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical
 220não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. (Means followed
 221by the same uppercase horizontally and lowercase letters vertically do not differ by the
 222Scott- Knott test at 5 % probability).