

EFEITO DO OZÔNIO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MORANGOS PRODUZIDOS EM SISTEMA ORGÂNICO

SABRINA MAGALY NAVAS CAJAMARCA¹
ERNANDES RODRIGUES DE ALENCAR²
ANGELA PATRÍCIA SANTANA³
TAIRONE PAIVA LEÃO⁴
WALLAS FELIPPE DE SOUZA FERREIRA⁵

Apesar da ozonização não ser permitida no Brasil para alimentos orgânicos, é importante a obtenção de dados com comprovem o potencial dessa técnica na manutenção da qualidade de produtos obtidos em sistema orgânico. Então, objetivou-se avaliar o efeito do ozônio na qualidade de morango produzido em sistema orgânico. Os frutos foram submetidos a diferentes combinações de concentração e período de exposição ao gás, e armazenados em câmara fria a 5 °C por 12 dias. Avaliou-se o percentual de perda de massa fresca, pH, teor de vitamina C, teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável, relação entre teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável e coloração dos frutos. Em geral a ozonização não influenciou a qualidade dos frutos, exceto para as variáveis de perda de massa fresca, teor de vitamina C e diferença de cor. O percentual de perda de massa fresca foi menos intenso nos frutos ozonizados. Não foi observado *redução no teor de vitamina C nos frutos ozonizados* nas concentrações de 1.000 e 2.000 ppm, por 60 e 30 minutos, respectivamente. Ocorreu aumento menos intenso da diferença de cor nos frutos ozonizados. A ozonização pode ser considerada uma importante alternativa para a manutenção da qualidade de morangos orgânicos.

PALAVRAS-CHAVE: OZONIZAÇÃO; ALTERAÇÕES QUALITATIVAS; ARMAZENAMENTO; MORANGO ORGÂNICO.

-
- 1 Estudante de Doutorado em Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF (e-mail: sabrinacajamarca@gmail.com)
 - 2 Doutor em Engenharia Agrícola, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF (e-mail: ernandesalencar@unb.br)
 - 3 Doutora em Ciências Biológicas, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF (e-mail: patvet@unb.br)
 - 4 Doutor em Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF (e-mail: tleao@unb.br)
 - 5 Estudante de Doutorado em Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF (e-mail: wallasfelippe@gmail.com)

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a produção mundial do morango (*Fragaria Ananassa* Duch.) é de aproximadamente 4,52 milhões de toneladas (FAO, 2014). A produção brasileira estimada de morangos é de cerca de 100 mil toneladas (PONCE *et al.*, 2010; RANDIN *et al.*, 2011), sendo de cerca de 6.500 toneladas no Distrito Federal (EMATER-DF, 2014).

Devido aos atributos, tais como, cor vermelha, brilho, sabor, textura e odor, os morangos são muito apreciados pelos consumidores. Além disso, os frutos destacam-se por apresentar 2,3% de fibras, 92,8% de água, 39 calorias e 72,80 mg de vitamina C em 100 g de frutos, vitaminas B1, B2, e B5 e compostos fenólicos que atuam como antioxidantes e estão ligados à redução da maioria das doenças crônicas de risco, principalmente as degenerativas (FRANCO, 2002; HENRIQUES *et al.*, 2004). O consumidor prefere o morango *in natura*, sendo os requisitos mais importantes frutos isentos de resíduos de pesticidas, sendo cada vez maior a demanda por produto orgânico (KADER e BARRET, 2005). Considera-se também um grande problema do morango a alta susceptibilidade à deterioração ou à contaminação por microrganismos nas diferentes etapas de cultivo, o que acarreta uma curta vida pós-colheita. Aproximadamente 40% do total de perdas da produção do morango acontece nas fases de pós-colheita e armazenamento (CANER, ADAY e DEMIR, 2008).

Os métodos de sanitização são utilizados como parte da cadeia produtiva na conservação e sanidade do produto até chegar ao consumidor. Atualmente o cloro e seus produtos derivados são os mais utilizados na higienização das verduras e frutas. A legislação brasileira tem aceitado o uso do cloro na sanitização dos alimentos, na etapa pós-colheita. No entanto, Lazarova (1999) menciona que as principais desvantagens do processo de sanitização com cloro é a formação de subprodutos químicos mutagênicos, em água e alimentos. Uma das técnicas que tem sido proposta como alternativa na manutenção da qualidade pós-colheita de produtos de origem vegetal é a ozonização.

O ozônio se destaca por seu elevado potencial oxidativo, o que o torna eficiente na inativação de microrganismos, tais como bactérias, fungos e vírus (DOSTI *et al.*, 2005). Diversos trabalhos indicam que o ozônio é capaz de inativar bactérias Gram-positivas (*Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*), bactérias Gram-negativas (*Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Yersinia enterocolitica*, *Pseudomonas aeruginosa*), vírus, fungos (*Cândida parapsilosis*, *Candida tropicalis* e dos generos dos gêneros *Fusarium*, *Geotrichum*, *Myrothecium* e *Mucor*, dentre outros (GRAHAM, 1997; RAILA *et al.*, 2006; WU *et al.*, 2006).

No que se refere a alimentos produzidos em sistema orgânicos, salienta-se que o ozônio gasoso ainda não é permitido pela legislação brasileira. Entretanto, é permitido o uso de atmosfera modificada com gás nitrogênio ou dióxido de carbono (BRASIL, 2014). Nesse sentido, a obtenção de dados com comprovem a capacidade do ozonização na manutenção da qualidade pós-colheita de alimentos produzidos em sistema orgânico poderá subsidiar a inclusão dessa técnica dentre as permitidas. Outro aspecto que deve ser mencionado, é que o ozônio é gerado a partir do oxigênio e o produto de sua degradação é esse mesmo elemento (NOVAK e YUAN, 2007).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do ozônio aplicado em diferentes condições na qualidade pós-colheita de morango produzido em sistema orgânico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os morangos (*Fragaria ananassa* Duch) da variedade “Festival” foram adquiridos diretamente de um produtor orgânico da região administrativa de Brazlândia no Distrito Federal. Os frutos foram coletados no estado de maturação comercial (3/4 maturação), depois foram transportados para o Laboratório de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Vegetais, colocados sobre refrigeração, a 5 °C por um período de aproximadamente 12 h.

Em seguida, somente os frutos uniformes, sadios e sem defeitos foram submetidos ao processo de ozonização. Na geração do ozônio foi utilizado o gerador de ozônio, Modelo O&L 3.0-O2 RM). A vazão adotada para a geração do ozônio foi de 2,0 L min⁻¹, na temperatura de 25 °C. A quantificação da concentração inicial de ozônio foi determinada pelo método iodométrico, através da titulação indireta (CLESCERL *et al.*, 2000).

Os morangos foram submetidos a diferentes combinações de concentração e período de exposição ao gás: 1000 ppm durante 30 minutos; 1000 ppm durante 60 minutos; 2000 ppm durante 30 minutos; e 2000 ppm durante 60 minutos. O tratamento controle correspondeu a frutos não ozonizados. Os frutos foram colocados em recipientes de vidro com capacidade de 3,0 L de volume e submetidos ao processo de ozonização, com quatro repetições cada tratamento. Após a ozonização, os frutos foram acondicionados em embalagens de polietileno retangulares (12 cm x 18 cm), transparentes, sendo colocados 10 frutos por embalagem, correspondendo a aproximadamente (100 g). Posteriormente, as embalagens contendo os frutos foram armazenadas aleatoriamente em uma câmara fria a 5 °C. As avaliações qualitativas dos frutos foram realizadas no dia da ozonização (tempo zero) e a cada três dias até 12 dias de armazenamento. Na avaliação da qualidade dos morangos analisaram-se a perda de massa fresca, pH, teor de vitamina C, teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), relação SST/AT e coloração dos frutos.

A perda de massa fresca foi estimada, em porcentagem (%), pela diferença da massa registrada no momento no início do experimento (dia zero) e os diferentes dias de armazenamento. O pH foi determinado com o potenciômetro Digimed Mod. DM21, sendo utilizado aproximadamente 10 g de amostra triturada e homogeneizada em 100 mL de água destilada. O teor de vitamina C e a acidez titulável foram determinadas conforme métodos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005). Na determinação do teor de vitamina C, os morangos foram triturados e homogeneizados com 50 mL de água destilada, sendo adicionados 20 mL de solução de ácido sulfúrico 0,002 M, 1 mL de amido, usado como indicador. Na titulação foi utilizado Iodeto de Potássio 0,02 M, até que a coloração passasse da cor vermelha para azul escuro. Na avaliação da acidez titulável, utilizou-se aproximadamente 10 g de amostra triturada e homogeneizada em 100 mL de água destilada. Na titulação foi utilizada solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N e fenilftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico. O teor de sólidos solúveis totais foram determinados no refratômetro digital Atago (Modelo 1T), sendo os resultados foram expressos em °Brix, segundo AOAC (2000). A partir dos valores obtidos referentes a Sólidos Solúveis Totais e Acidez Titulável foi possível a obtenção da relação SST/AT.

A coloração externa do morango foi avaliada usando um colorímetro (Minolta CR 400, Minolta Corporation, Osaka, Japão). Valores de L, a e b foram obtidos em três pontos diferentes de cada fruto. Com os valores das coordenadas L, a e b foi possível obter parâmetros relacionados à saturação da cor ou croma (C), Equação 1, à tonalidade (h), Equação 2, e diferença de cor (ΔE), Equação 3 (LITTLE, 1975, FRANCIS, 1975, MCLELLAN *et al.*, 1995, MASKAN, 2001). em que: h - tonalidade da cor; C - saturação da cor ou croma; a - mensurável em termos de intensidade de vermelho e verde; b - mensurável em termos de intensidade de amarelo e azul; e L₀, a₀ e b₀ - os valores obtidos no tempo zero.

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

$$h = \arctang(b/a) \quad (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{[(L - L_0)^2 + [(a - a_0)^2 + [(b - b_0)^2]]} \quad (3)$$

Adotou-se Delineamento Inteiramente Casualizado em Esquema Fatorial 5x5, sendo cinco tratamentos e cinco períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 dias), com quatro repetições. Inicialmente realizou-se análise de variância e posteriormente análise de regressão. Utilizou-se o software Statystics Analysis Systems (SAS) na análise de variância e o software SigmaPlot para a obtenção das equações e plotagem dos gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obteve-se diferença significativa ($p < 0,05$) em decorrência da interação tratamento e período de armazenamento para a variável percentual de perda de massa fresca. Verificou-se incremento do percentual da perda de massa fresca dos frutos ao longo do armazenamento, sendo essa tendência mais acentuada nos frutos não ozonizados. Incremento menos acentuado ao longo do armazenamento foi observado na Figura 1 frutos ozonizados nas concentrações de 1.000 e 2.000 ppm por 30 minutos. Na Tabela 1 são apresentadas as equações das regressões ajustadas e os respectivos coeficientes de determinação referentes ao percentual de perda de massa fresca nos diferentes tratamentos em função do período de armazenamento.

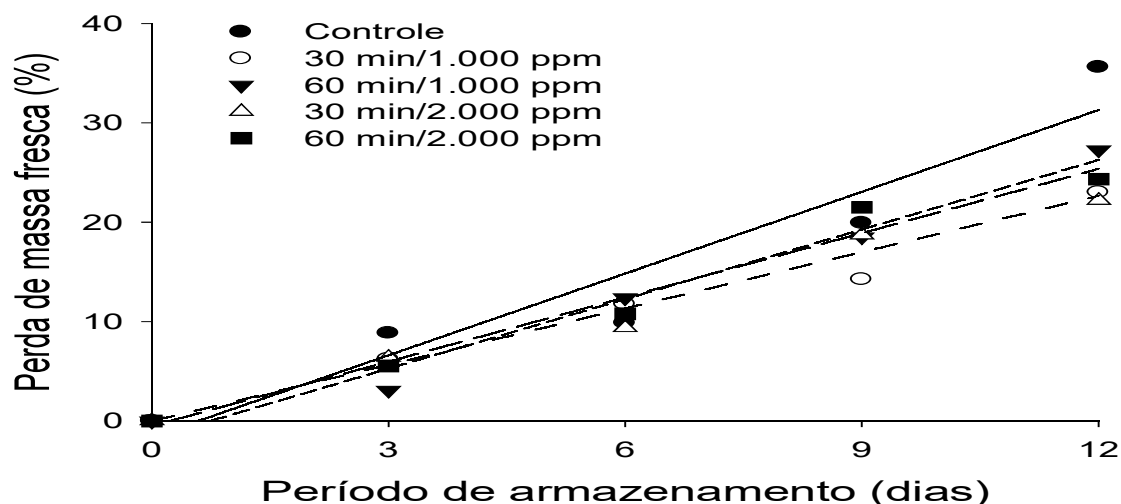


FIGURA 1. PERDA DE MASSA FRESCA (%) EM MORANGOS OZONIZADOS EM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE CONCENTRAÇÃO DO GÁS (PPM) E PERÍODO DE EXPOSIÇÃO (MIN) E ARMazenADOS A 5 °C.

TABELA 1. EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS E RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO REFERENTES À PERDA DE MASSA FRESCA (%) EM MORANGOS OZONIZADOS EM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE CONCENTRAÇÃO DO GÁS (PPM) E PERÍODO DE EXPOSIÇÃO (MIN) E ARMazenADOS A 5 °C

Tratamento	Equação de regressão ajustada	R ²
Controle	$\hat{y} = -1,611 + 2,742^* X$	0,92
1.000 ppm/30 min	$\hat{y} = 0,247 + 1,800^{**}X$	0,97
1.000 ppm/60 min	$\hat{y} = -1,723 + 1,729^{**} X$	0,98
2.000 ppm/30 min	$\hat{y} = -0,006 + 1,889^{**} X$	0,98
2.000ppm/60min	$\hat{y} = -0,495 + 2,156^{**} X$	0,97

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho foram obtidos por outros autores. Holtz (2006) observou perda de massa fresca inferior durante o armazenamento em morangos ozonizados em comparação com frutos submetidos a sanitização com cloro orgânico. Nadas *et al.* (2003) observaram menor percentual de perda de massa fresca em morangos tratados com ozônio e armazenados a 2 °C por três dias que aqueles não ozonizados. Esses autores consideraram que

é provável que o ozônio reduziu a perda de massa fresca devido decréscimo na taxa de respiração dos morangos associado a refrigeração.

Por outro lado, Spencer (2003) aplicou ozônio em batata, e evidenciou perda de massa fresca mínima produto não ozonizado. Já nas batatas ozonizadas, o autor verificou que quanto maior a concentração maior a perda de massa durante o armazenamento. Efeitos semelhantes foram relatados por Palou *et al.* (2002) que armazenaram pêssegos expostos a 0,3 ppm de ozônio, na temperatura de 5 °C, umidade relativa de 90%, durante 6 semanas. Os autores observaram maior perda de massa fresca nos frutos ozonizados, a partir da segunda semana de armazenamento. Esses resultados auxiliam a elucidar o motivo pelo qual houve incremento na perda de massa quando se elevou o período de ozonização (Figura 1). O ozônio possui um alto potencial oxidativo (NOVAK e YUAN, 2007) e elevando-se a concentração do gás ou período de exposição, provavelmente provocou-se danos nos frutos e consequentemente maior perda de massa fresca ao longo do armazenamento. Outro aspecto que deve ser mencionado é o elevado percentual de perda de massa ao longo do armazenamento em todos os tratamentos. Tal comportamento pode ser explicado pelo valor médio de umidade relativa no interior da câmara climática na qual os frutos foram armazenados, que foi equivalente a aproximadamente 70%.

Com relação a variável pH (Figura 2), obteve-se diferença significativa em decorrência da interação entre tratamento e período de exposição ($p < 0,05$). Entretanto, de acordo com a análise de regressão (Tabela 2), somente para os frutos ozonizados na concentração de 1.000 ppm, por 60 minutos, um dos coeficientes de regressão foi significativo a 5% de probabilidade.

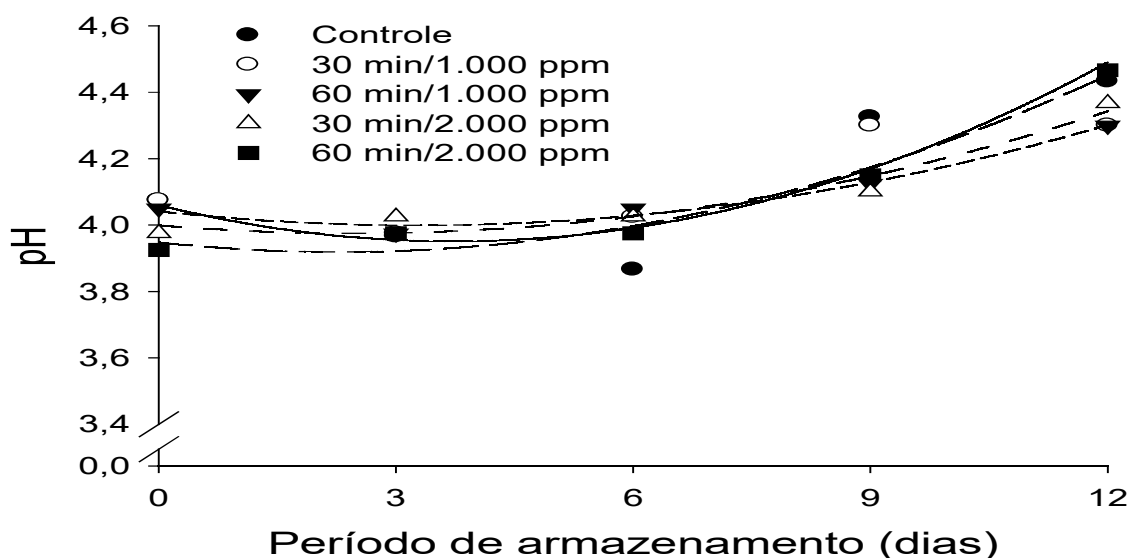


FIGURA 2. CURVAS REFERENTES AO PH EM MORANGOS OZONIZADOS EM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE CONCENTRAÇÃO DO GÁS (PPM) E PERÍODO DE EXPOSIÇÃO (MIN) E ARMAZENADOS A 5 °C.

Destaca-se que os valores de pH registrados durante os 12 dias de armazenamento dos morangos nos diferentes tratamentos variaram de 3,46 até 4,46. Esta tendência de aumento do pH durante o armazenamento foi verificado também por Aday e Caner (2014) que usaram 3 técnicas de sanitização (ultrassom, ozônio e dióxido de cloro) na pós-colheita do morango. Os autores observaram incremento do pH de 3,32 até 3,81, durante quatro semanas de armazenamento. Resultados semelhantes foram encontrados por Heleno *et al.* (2014), que observaram variação do pH 3,3 e 3,6, em morangos submetidos ou não a ozonização, durante 10 dias de armazenamento.

TABELA 2. EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS E RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO REFERENTES AO PH EM MORANGOS OZONIZADOS EM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE CONCENTRAÇÃO DO GÁS (PPM) E PERÍODO DE EXPOSIÇÃO (MIN) E ARMAZENADOS A 5 °C

Tratamento	Equação de regressão ajustada	R ²
Controle	$\hat{y} = 4,060 - 0,059^{ns}X + 0,008^{ns}X^2$	0,81
1.000 ppm/30 min	$\hat{y} = 4,040 - 0,015^{ns}X + 0,003^{ns}X^2$	0,76
1.000 ppm/60 min	$\hat{y} = 4,041 - 0,026^{ns}X + 0,004^{*}X^2$	0,98
2.000 ppm/30 min	$\hat{y} = 3,999 - 0,020^{ns}X + 0,004^{ns}X^2$	0,94
2.000 ppm/60 min	$\hat{y} = 3,948 - 0,026^{ns}X + 0,006^{ns}X^2$	0,98

^{ns} Não Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. ^{*}Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

No que tange ao teor de vitamina C, obteve-se diferença significativa em função da interação tratamento e período de armazenamento. As curvas que descrevem o comportamento do teor de vitamina C nos frutos submetidos ou não a ozonização encontram-se na Figura 3. Nos frutos não ozonizados (tratamento controle) e naqueles ozonizados na concentração de 2.000 ppm por 60 minutos, observou-se tendência de elevação do teor de vitamina C até o sexto dia de armazenamento, com posterior decréscimo. Por outro lado, nos frutos ozonizados na concentração de 1.000 ppm, por 60 minutos, e na concentração de 2.000 ppm, por 30 minutos, houve tendência de elevação do teor de vitamina C durante todo período de armazenamento.

Encontram-se na Tabela 3, as equações de regressão ajustadas e os respectivos coeficientes de determinação referentes ao teor de vitamina C em morangos ozonizados em diferentes combinações de período de exposição (min) e concentração do gás (ppm) e armazenados a 5 °C.

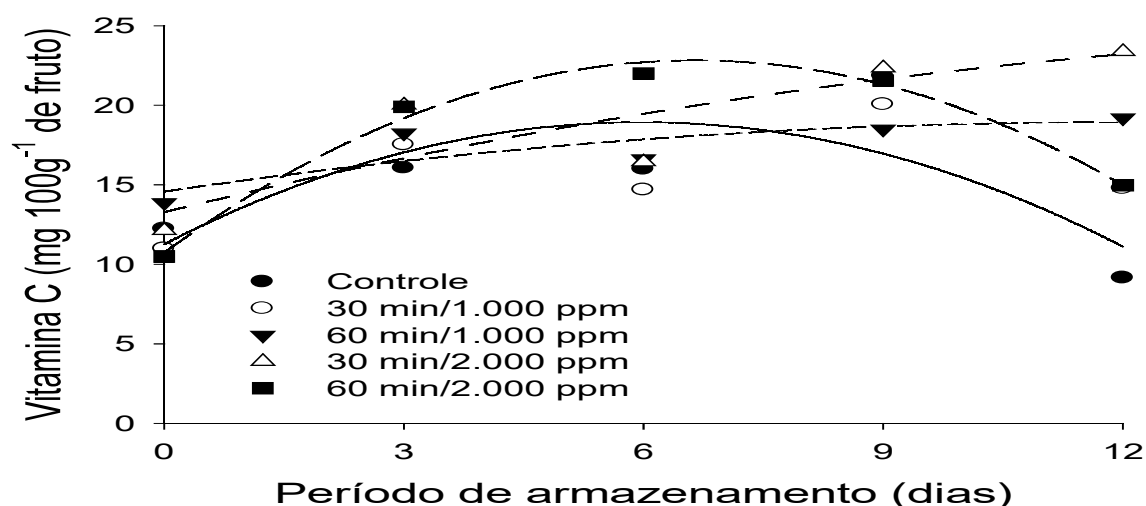


FIGURA 3. TEOR DE VITAMINA C (MG 100 G⁻¹ DE FRUTO) EM MORANGOS OZONIZADOS EM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE CONCENTRAÇÃO DO GÁS (PPM) E PERÍODO DE EXPOSIÇÃO (MIN) E ARMAZENADOS A 5 °C.

TABELA 3 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS E RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO REFERENTES À CONCENTRAÇÃO DE VITAMINA C (MG 100 G⁻¹ DE FRUTO) EM MORANGOS OZONIZADOS EM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE CONCENTRAÇÃO DO GÁS (PPM) E PERÍODO DE EXPOSIÇÃO (MIN) E ARMAZENADOS A 5 °C

Tratamento	Equação de regressão ajustada	R ²
Controle	$\hat{y} = 11,265 + 2,570^{ns} X - 0,215^{*}X^2$	0,58
1.000 ppm/30 min	$\hat{y} = 11,381 + 1,807^{ns} X - 0,123^{*}X^2$	0,59
1.000 ppm/60 min	$\hat{y} = 14,580 + 0,703^{*} X - 0,031^{ns}X^2$	0,71
2.000 ppm/30 min	$\hat{y} = 13,278 + 1,233^{*} X - 0,034^{ns}X^2$	0,74
2.000 ppm/60 min	$\hat{y} = 10,732 + 3,641^{*} X - 0,274^{*}X^2$	0,99

^{ns} Não Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. ^{*}Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

O decréscimo do teor de vitamina C durante o armazenamento, semelhante ao observado nos frutos não ozonizados e naqueles ozonizados na concentração de 2.000 ppm por 60 minutos, é um comportamento esperado e está associado ao processo de deterioração, tendo sido observado por outros autores (ALEXANDRE *et al.*, 2012; CARDOSO *et al.*, 2012). De acordo com Cardoso *et al.* (2012), o decréscimo do teor de vitamina C pode ser explicado pela alta atividade da enzima ácido ascórbico oxidase ou à menor capacidade dos vegetais de sintetizar esse ácido durante o período pós-colheita. Nesse sentido, a ozonização retardou o decréscimo do teor de vitamina C quando se adotaram as concentrações de 1.000 e 2.000 ppm, por 60 e 30 minutos, respectivamente.

Os resultados referentes aos teores de sólidos solúveis totais nos morangos são apresentados na Figura 4 e na Tabela 4. Apesar da análise de variância indicar variação significativa pela interação tratamento e período de armazenamento ($p < 0,05$), em geral os coeficientes das equações de regressão não foram significativos ($p > 0,05$). Salienta-se que os valores médios de sólidos solúveis totais permaneceram na faixa entre 6,80 e 7,80 °Brix. Galletta *et al.* (1995) obtiveram teor de sólidos solúveis em morangos na faixa de 7,00 e 12,00 °Brix e Motero *et al.* (1996) na faixa de 4,50 a 15,00 °Brix. Dentre os fatores que influenciam o teor de sólidos solúveis totais destacam-se fatores climáticos e os diferentes genótipos.

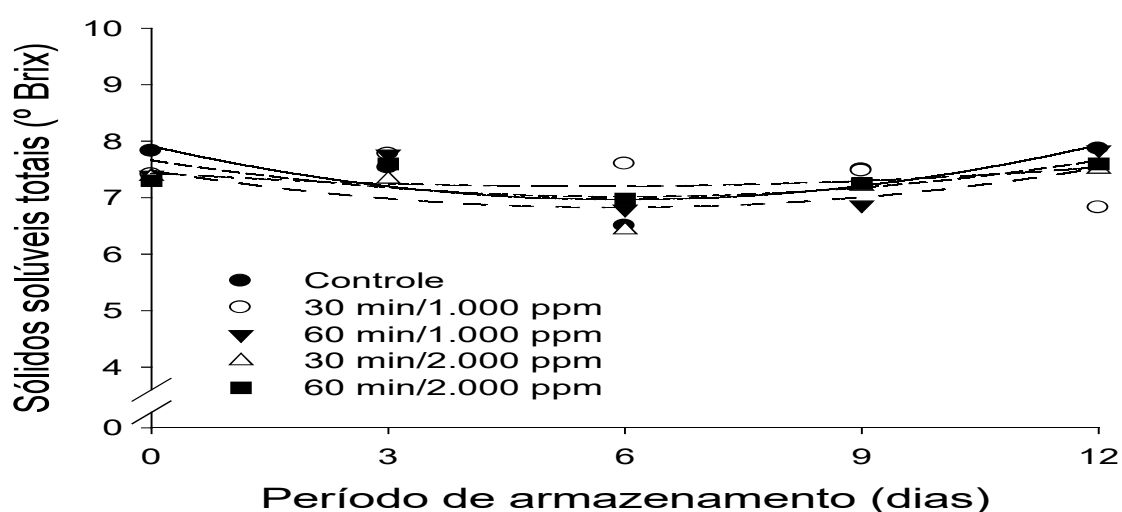


FIGURA 4. SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (°BRIX) EM MORANGOS OZONIZADOS EM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE CONCENTRAÇÃO DO GÁS (PPM) E PERÍODO DE EXPOSIÇÃO (MIN) E ARMAZENADOS A 5 °C.

TABELA 4. EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS E RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO REFERENTES A SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (°BRIX) EM MORANGOS OZONIZADOS EM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE CONCENTRAÇÃO DO GÁS (PPM) E PERÍODO DE EXPOSIÇÃO (MIN) E ARMAZENADOS A 5 °C

Tratamento	Equação de regressão ajustada	R ²
Controle	$\hat{y} = 7,914 - 0,317^{ns}X + 0,026^{ns}X^2$	0,65
1.000 ppm/30 min	$\hat{y} = 7,430 + 0,139^{ns}X + 0,016^{*}X^2$	0,96
1.000 ppm/60 min	$\hat{y} = 7,661 - 0,214^{ns}X + 0,018^{ns}X^2$	0,37
2.000 ppm/30 min	$\hat{y} = 7,479 - 0,222^{ns}X + 0,019^{ns}X^2$	0,55
2.000 ppm/60 min	$\hat{y} = 7,438 - 0,087^{ns}X + 0,008^{ns}X^2$	0,28

^{ns} Não Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. ^{*}Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

No que se refere às variáveis acidez titulável e relação sólidos solúveis e acidez titulável (SST/AT), não obteve-se variação significativa em decorrência da interação tratamento e período de exposição ($p > 0,05$). Os valores médios de acidez titulável obtidos neste trabalho permaneceram na faixa entre 0,77 e 0,92% de ácido cítrico. Esses resultados são semelhantes aos observados por Nadas *et al.* (2003) e por Rahman *et al.* (2014). Os valores médios referentes à relação SST/AT permaneceram na faixa entre 7,65 e 9,64.

Não foi observada variação significativa quando se analisaram as variáveis saturação de cor (croma) e tonalidade de cor (h), em decorrência da interação tratamento e período de armazenamento ($p > 0,05$). Os valores médios de saturação de cor obtidos em morangos submetidos ou não a ozonização permaneceram na faixa entre 22,17 e 37,54. Entretanto, obteve-se variação significativa ($p < 0,05$), quando se analisou o efeito do período de armazenamento na variável saturação de cor, independentemente da exposição ou não ao gás ozônio. Ocorreu decréscimo da saturação de cor à medida que se elevou o período de armazenamento (Figura 5). De acordo com McGuire (1992) e Joromi *et al.* (2003), saturação de cor expressa a intensidade da cor, de tal forma que valores próximos a zero para cores neutras (cinza) e ao redor de 60 para cores vívidas. Os valores de tonalidade de cor permaneceram na faixa entre 27,51 e 39,03. Valores de tonalidade de cor mais próximos de zero indicam frutos mais vermelhos, ao passo que valores mais próximos de 90° indicam frutos com predominância de cor amarela.

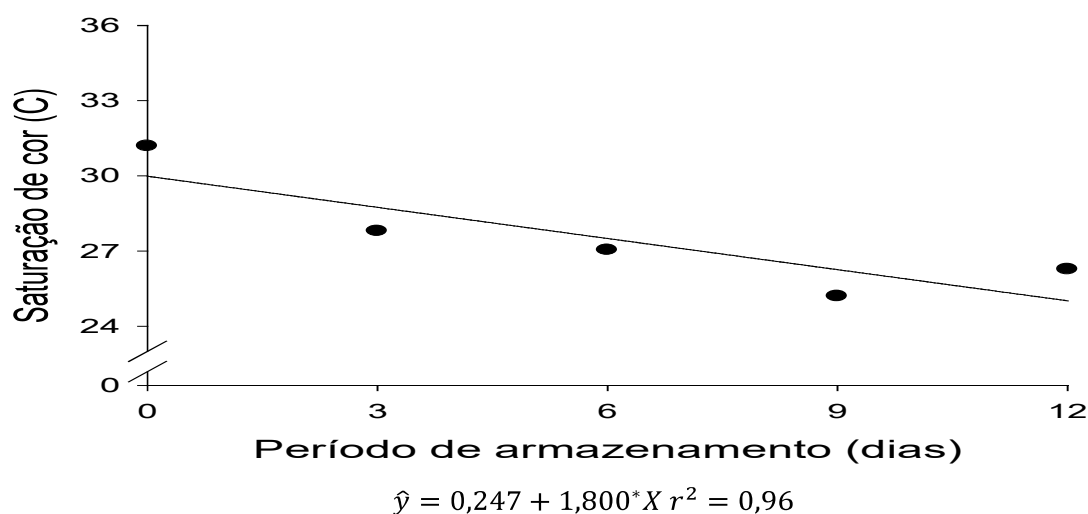


FIGURA 5. SATURAÇÃO DE COR EM MORANGOS EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO NA TEMPERATURA DE 5 °C.

^{*}Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Com relação à diferença de cor (ΔE), Figura 6, obteve-se diferença significativa em decorrência da interação entre tratamento e período de armazenamento ($p < 0,05$). Verificou-se aumento da diferença de cor à medida que se elevou o período de armazenamento, sendo essa tendência mais acentuada nos frutos não ozonizados (tratamento controle). Ressalta-se que a variável diferença de cor foi obtida a partir dos valores de L, a e b, em um determinado período de armazenamento e os valores correspondentes a um padrão, que no presente trabalho, referiu-se aos frutos no início do armazenamento. Dessa forma, uma maior elevação da diferença de cor implica em um distanciamento mais pronunciado da coloração do início do armazenamento, comportamento observado nos frutos não ozonizados. Encontram-se, na Tabela 5, as equações de regressão ajustadas e os respectivos coeficientes de determinação referentes a diferença de cor (ΔE) em morangos ozonizados em diferentes combinações de período de exposição (min) e concentração do gás (ppm) e armazenados a 5 °C.

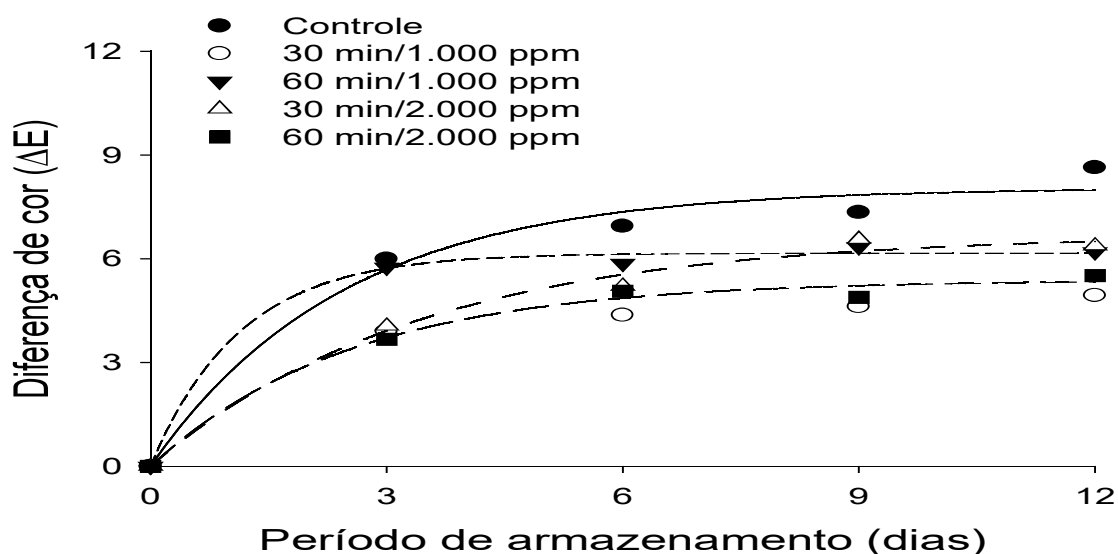


FIGURA 6. DIFERENÇA DE COR (ΔE) EM MORANGOS OZONIZADOS EM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE CONCENTRAÇÃO DO GÁS (PPM) E PERÍODO DE EXPOSIÇÃO (MIN) E ARMAZENADOS A 5 °C.

TABELA 5. EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS E RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO REFERENTES A DIFERENÇA DE COR (ΔE) EM MORANGOS OZONIZADOS EM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE PERÍODO DE EXPOSIÇÃO (MIN) E CONCENTRAÇÃO DO GÁS (PPM) E ARMAZENADOS A 5 °C

Tratamento	Equação de regressão ajustada	R ²
Controle	$\hat{y} = 8,046^{**} (1 - e^{(-0,409^{**}X)})$	0,98
1.000 ppm/30 min	$\hat{y} = 4,745^{**} (1 - e^{(-0,546^{**}X)})$	0,99
1.000 ppm/60 min	$\hat{y} = 6,159^{**} (1 - e^{(-0,882^{**}X)})$	0,99
2.000 ppm/30 min	$\hat{y} = 6,696^{**} (1 - e^{(-0,293^{**}X)})$	0,99
2.000 ppm/60 min	$\hat{y} = 5,380^{**} (1 - e^{(-0,392^{**}X)})$	0,98

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Salienta-se que a cor é um importante atributo para a aquisição de um produto pelo consumidor e é importante a adoção de um método de conservação que amplie a vida de prateleira sem alterar esta característica. Segundo Calderon (2010), a alteração da cor é também dependente de fatores como a variedade da fruta, umidade relativa e estágio de maturação. Farinha (2008) avaliou raízes de cenoura armazenadas em ambientes com diferentes umidades relativas. O autor observou alteração de cor mais intensa à medida que a umidade relativa foi reduzida. Essa tendência foi associada a perda de água pelas raízes. Nesse sentido, o fato de ocorrer menor perda de água nos frutos ozonizados deve ter influenciado positivamente a coloração durante o armazenamento.

CONCLUSÕES

É possível concluir, a partir dos resultados obtidos, que a ozonização pode ser considerada uma importante alternativa para a manutenção da qualidade pós-colheita de morangos produzidos em sistema orgânico. Foi possível verificar nos frutos ozonizados menor percentual de perda de massa fresca e alteração de cor menos intensa ao longo do armazenamento. Além disso, quando se ozonizou os frutos nas concentrações de 1.000 e 2.000 ppm, e períodos de ozonização ao gás equivalentes a 60 e 30 min, houve retardamento no decréscimo de vitamina C. Salienta-se que é fundamental que sejam avaliadas outras combinações de concentração e período de exposição ao gás em morango produzidos em sistema orgânico, de tal forma a comprovar a viabilidade técnica da ozonização nesse tipo de produto.

ABSTRAT

EFFECT OF OZONE ON THE POST-HARVEST QUALITY OF STRAWBERRY PRODUCED IN ORGANIC SYSTEM

Despite the fact that ozonation is not yet legalized for organic foods in Brazil, it is important to collect data to verify the potential of this technique for maintenance of the quality of products obtained in organic system. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of ozone on the quality of strawberry produced in an organic system. The fruits were subjected to different combinations of concentration and length of exposure to gas, and subsequently stored in a climate control chamber at 5°C for 12 days. The characteristics evaluated included percent loss of fresh mass, pH, vitamin C content, total dry soluble content, titratable acidity, the relationship between total soluble solids and titratable acidity, and fruit color. In general, ozonation did not influence fruit quality, except for the variables loss of fresh mass, vitamin C content and color difference. The percent fresh mass loss was lower in ozonated fruits. There was no reduction on vitamin C content in fruits ozonated at the concentrations of 1000 and 2000 ppm for 60 and 30 minutes, respectively. There was a less intense increase in color difference in ozonated fruits. Ozonation can be considered an important alternative for quality maintenance in organic strawberry.

REFERÊNCIAS

- 1 ADAY, M.S.; CANER, C. Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. **LWT – Food Science and Technology**. v.57, p. 344-355, 2014.
- 2 ALEXANDRE, E.M.C.; BRANDÃO, T.R.S.; SILVA, C.L.M. Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. **Journal of Food Engineering**, v.108, p. 417–426, 2012.
- 3 AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 17^a ed. Arlington: AOAC, 2000. 2000 p.

- 4 BRASIL MINISTÉRIO DA SAÚDE – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico Químicas para análise de alimentos**. São Paulo:
- 5 Instituto Adolfo Lutz, 2005, 1018 p.
- 6 CALDERON, M.;M. **Internal quality profile and influence of packaging conditions on fresh-cut pineapple**. 2010. 230 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Departament de Tecnologia de Alimentos, Universidade Lleida, Espanha, 2010.
- 7 CANER, C.; ADAY, M.S.; DEMIR, M. Extending the quality of fresh strawberries by equilibrium modified atmosphere packaging. **European Food Research and Technology**, v.227, p. 1575–1583, 2008.
- 8 CARDOSO, L.M.; DEUS, V.A.; ANDRADE, V.C.; PINTO, N.A.V. Qualidade pós-colheita de morangos cultivar Diamante, tratados com cloreto de cálcio. **Alimentos e Nutrição**, v.23, n. 4, p. 583-588, 2012.
- 9 CLESCERL, L.S.; GREENBERG, A.E. EATON, A.D. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Denver: American Water Works Association, 2000, 1220 p.
- 10 DOSTI,B.; GUZEL, Z.; GREENE, A. Effectiveness of ozone, heat and chlorine for destroying common food spoilage bacteria in synthetic media and biofilms. **International Journal of Dairy Technology**, v.58, p. 19-24, 2005.
- 11 EMATER-DF. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal. **Produção Agropecuária 2011**. Disponível em: <http://www.emater.df.gov.br/>. Acesso: 02/05/2014.
- 12 FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food and Agricultural commodities production**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso: 20/01/2015.
- 13 FARINHA, L.R.L. **Características físicas na perda da matéria fresca e evolução das propriedades reológicas e cor da cenoura cv. Brasília no armazenamento**. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV). Viçosa, Minas Gerais, 2008.
- 14 FRANCIS, F.J. The origin of $\tan^{-1} a/b$. **Journal of Food Science**, v. 40, p.412, 1975.
- 15 FRANCO, G. **Tabelas de composição química dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2002, 303 p.
- 16 GALLETTA, G.J.; ENNS, J.M.; MASS, J.L. Strawberry cultivar responses to variations in planting time, stock, and mulches. **HotScience**, v.31, p. 5, 1996.
- 17 GRAHAM, D.M. Use of ozone for food processing. **Food Technology**, v.6, p. 72-75, 1997.
- 18 HELENO, F.F.; QUEIROZ, M.E.L.R.; NEVES, A.A.N.; FREITAS, R.S.; FARONI, L.R.D.; OLIVEIRA, A.F.O. Effects of ozone fumigation treatment on the removal of residual difenoconazole from strawberries and on their quality. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, v.49, p.94-101, 2014.
- 19 HENRIQUES, A.T.; BASSANI, V.L.; RASEIRA, M.C.; ZUANAZZI, J.A. Antocianinas e capacidade antioxidante de frutas. In: Simpósio Nacional do Morango, 2., ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS, 1., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 271-282.
- 20 HOLTZ, S.G. **Aplicação de ozônio e de revestimentos comestíveis em morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) minimamente processados**. 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Departamento de Microbiologia, Universidade Federal de Viçosa (UFV). Viçosa, Minas Gerais, 2006.
- 21 JOMORI, M.L.L.; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P.; TAVARES, S. Conservação refrigerada de lima ácida 'Tahiti': Uso de 1-metilciclopropeno, ácido giberélico e cera. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 406-409, 2003.
- 22 KADER, A.A.; D.M. BARRETT. Classification, composition of fruits and postharvest maintenance of quality. In: BARRETT, D.M.; LASZLO, S.; HOSAHALLI, R. **Processing Fruits**. Boca Raton: CR Press, 2005, p. 3-22.
- 23 LAZAROVA, V.; SAVOYE, P.; JANEX, M. Advanced wastewater disinfection technologies: state of the art and perspectives. **Water Science and technology**, v.40. p. 201-213. 1999.
- 24 LITTLE, A. Off on a tangent. **Journal of Food Science**, Chicago, v.40, p.410-411, 1975.
- 25 MASKAN, M. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. **Journal of Food Engineering**, v.48, p.169-175, 2001.
- 26 McGUIRE, R.G. Reporting of objective colour measurements. **HortScience**, Alexandria, v.27, p.1254-1255, 1992.
- 27 MCLELLAN, M.R.; LIND, L.R.; KIME, R.W. Hue angle determinations and statistical analysis for multiquadrant hunter L, a, b data. **Journal of Food Quality**, v.18, p.235-240, 1995.
- 28 MONTERO, T.M.; MOLLÁ, E.M.; ESTEBAN, R.M.; ANDRÉU, F.J.L. Quality attributes of strawberry during ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 65, p. 239-250, 1996.
- 29 NADAS, A.; OLMO, M.; GARCÍA, J.M. Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone enriched atmospheres. **Journal of Food Science**, v.68, n.5, p. 1798-1802, 2003.
- 30 NOVAK, J.S.; YUAN, J.T.C. The Ozonation Concept: Advantages of Ozone Treatment and Commercial Developments. In: TEWARI, G.; JUNEJA, V.K. (Eds.) **Advances in Thermal and Non-Thermal Food Preservation**. Ames: Blackwell Publishing, 2007, p. 185-193.
- 31 PALOU, L.; CRISOSTO, C. H.; SMILANICK, J.L.; ADASKAVEG, J.E.; ZOFFOLI, J.P. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, p. 39-48, 2002.

- 32 PONCE, A.; BASTIANI, M.; MINIM, V.; VANETTI, M. Características físico-químicas e microbiológicas de morango minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, p. 113-118, 2010.
- 33 RADIN, B.; LISBOA, B.B.; WITTER, S.; BARNI, V.; REISSER JUNIOR, C.; MATZENAUER, R.; FERMINO, M.H. Desempenho de quatro cultivares de morangueiro em duas regiões climáticas do Rio Grande do Sul. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.287-291, 2011.
- 34 RAHMAN, M. M; MONIRUZZAMAN, M.; AHMAD, M.R.; SARKER, B.C.; ALAM, K.M. Maturity stages affect the postharvest quality and shelf-life of fruits of strawberry genotypes growing in subtropical regions. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**. p. 1-10, 2014.
- 35 RAILA, A.; LUGAUSKAS, A.; STEPONAVIČIUS, D.; RAILIENĖ, M.; STEPONAVIČIENĖ, A.; ZVICEVIČIUS, E. Application of ozone for reduction of mycological infection in wheat grain. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v.13, p. 287-294, 2006.
- 36 SPENCER, R.C.J. **Ozone as a post-harvest treatment for potatoes**. 2003. 139 f. Thesis (Master of Science) - Department of Plant Sciences, University of Saskatchewan. Saskatoon, SK, Canada, 2003.
- 37 WU, J.; DOAN, H.; CUENCA, M.A. Investigation of gaseous ozone as an anti-fungal fumigant for stored wheat. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v.81, p.1288-1293, 2006.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de estudos, ao CNPq e FAPDF pelo apoio financeiro.