

**Efeito de Antioxidantes na  
Qualidade Pós-colheita de Maçãs  
“Royal Gala” Minimamente  
Processadas**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Clima Temperado  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 271**

## **Efeito de Antioxidantes na Qualidade Pós-colheita de Maçãs “Royal Gala” Minimamente Processadas**

Rufino Fernando Flores Cantillano  
Jardel Araújo Ribeiro  
Mauricio Seifert

Embrapa Clima Temperado  
Pelotas, RS  
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Clima Temperado**

Endereço: BR 392, Km 78

Caixa postal 403, CEP 96010-971 - Pelotas/RS

Fone: (53) 3275-8100

[www.embrapa.br/clima-temperado](http://www.embrapa.br/clima-temperado)

[www.embrapa.br/fale-conosco/sac/](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/)

**Comitê de Publicações da Embrapa Clima Temperado**

Presidente: *Ana Cristina Richter Krolow*

Vice-Presidente: *Enio Egon Sosinski Junior*

Secretária: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros: *Ana Luiza Barragana Viegas, Fernando Jackson, Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto: *Bárbara C. Cosenza*

Normalização bibliográfica: *Marilaine Schaun Pelufê*

Editoração eletrônica: *Nathália Coelho (estagiária)*

Foto de capa: *Paulo Lanzetta*

**1<sup>a</sup> edição**

Obra digitalizada (2017)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Clima Temperado

---

F634e Flores Cantillano, Rufino Fernando

Efeito de antioxidantes na qualidade pós-colheita de  
maçãs "Royal Gala" minimamente processadas / Rufino  
Fernando Flores Cantillano, Jardel Araújo Ribeiro,  
Mauricio Seifert. – Pelotas: Embrapa Clima Temperado,  
2017.

29 p. (Boletim / Embrapa Clima Temperado,  
ISSN 1678-2518 ; 271)

1. Maçã. 2. Variedade Royal Gala. 4. Fruta de clima  
temperado. 5. Processamento. 6. Antioxidante.

7. Armazenamento de alimento. I. Ribeiro, Jardel Araújo.

II. Seifert, Maurício. III. Título. IV. Série.

CDD 634.11

©Embrapa 2017

# **Sumário**

<b>Resumo .....</b>	5
<b>Abstract .....</b>	7
<b>Introdução .....</b>	9
<b>Material e Métodos .....</b>	12
<b>Resultados e Discussão .....</b>	15
<b>Conclusões .....</b>	20
<b>Referências .....</b>	23



# Efeito de Antioxidantes na Qualidade Pós- colheita de Maçãs “Royal Gala” Minimamente Processadas

*Rufino Fernando Flores Cantillano<sup>1</sup>*

*Jardel Araújo Ribeiro<sup>2</sup>*

*Mauricio Seifert<sup>3</sup>*

## Resumo

A procura por frutas e hortaliças minimamente processadas vem crescendo no mercado alimentício. As maçãs minimamente processadas são suscetíveis ao escurecimento enzimático, um importante problema de qualidade que afeta o consumo, mas que pode ser controlado mediante o uso de produtos antioxidantes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o antioxidante eritorbato de sódio em diferentes concentrações no controle do escurecimento enzimático de maçãs minimamente processadas. Maçãs cultivar Royal Gala, procedentes de Vacaria/RS, após selecionadas e sanitizadas, foram cortadas em gomos e tratadas com água destilada como controle(CT), cloreto de L-cisteína 0,6% (LC), eritorbato de sódio 3% (ES 3%), eritorbato de sódio 4% (ES 4%) e eritorbato de sódio 5% (ES 5%). Na sequência, foram colocadas em bandejas de isopor, recobertas com filme PVC e armazenadas durante 0,3,6 e 9 dias a 4°C e 90% UR. Foram avaliados os parâmetros: cor L\*, a\*, b\*, ângulo Hue; pH; sólidos solúveis; firmeza da polpa; acidez total titulável; perda de

<sup>1</sup>Engenheiro-agrônomo, doutor em Tecnologia de Alimentos, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

<sup>2</sup>Biólogo, mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, doutorando da UFPel, Pelotas, RS.

<sup>3</sup>Tecnólogo em Alimentos, mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, doutorando da UFPel, Pelotas, RS.

6 Efeito de Antioxidantes na Qualidade Pós-colheita de Maçãs "Royal Gala"  
Minimamente Processadas

massa; atividade antioxidante; compostos fenólicos totais e atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase. Todos os tratamentos com antioxidante controlaram o escurecimento da polpa das maçãs, sem diferença entre eles até o sexto dia de armazenamento; porém, no nono dia, o ES 5% foi o que apresentou o melhor controle, seguido do tratamento ES 4%. Os tratamentos ES 3% e LC 0,6% apresentaram um controle inferior sem apresentar diferenças entre eles. O tratamento ES 5% apresentou o maior valor de luminosidade ( $L^*$ ), e junto com ES 4% ambos os tratamentos propiciaram o maior valor de Hue, assim, deixando as frutas com melhor cor. As outras variáveis não foram afetadas pelos tratamentos com antioxidantes e suas concentrações. Conclui-se que eritorbato de sódio em concentração de 3%, 4% e 5% e L-cisteína 0,6% controlam o escurecimento da maçã até 6 dias de armazenamento, porém até 9 dias o eritorbato de sódio 5% é mais eficiente.

Termos para indexação: processamento mínimo, armazenamento refrigerado, aditivos, escurecimento enzimático

# **Effect of Antioxidants on Post-harvest Quality of Minimally Processed “Royal Gala” Apples**

---

## **Abstract**

*The demand for minimally processed fruits and vegetables is growing in the food market. Minimally processed apple cultivars are susceptible to enzymatic browning, which is a major quality problem affecting consumption despite it can be controlled by the use of antioxidant products. The aim of this work was to evaluate the antioxidant sodium erythorbate in different concentrations in the control of enzymatic browning in minimally processed apple. Apples cultivar Royal Gala, from Vacaria/RS, after selection and sanitizing, were sliced and treated with distilled water (CT) as a control, 0.6% L-cysteine chloride (LC), 3% sodium erythorbate (ES 3%), 4% sodium erythorbate (ES 4%) and 5% sodium erythorbate (ES 5%). Apples were packaged in polystyrene trays with PVC film and stored for 0,3, 6 and 9 days at 4 °C and 90% RH. The following parameters were evaluated: color L \*, a \*, b \*; Hue angle; pH; soluble solids; firmness; titratable acidity; weight loss; antioxidant activity; total phenolic compounds; polyphenoloxidase and peroxidase enzyme activity. All antioxidant treatments controlled the enzymatic browning, without difference between them until the sixth day of storage; but on the ninth day ES 5% presented the best control followed by ES 4% treatment. ES 3% and LC 0,6% treatments presented a lower control without presenting differences between them. The treatment ES 5% presented the highest*

8 Efeito de Antioxidantes na Qualidade Pós-colheita de Maçãs "Royal Gala"  
Minimamente Processadas

*value of luminosity ( $L^*$ ) and together with ES 4% they both presented the highest value of Hue angle, thus providing the fruits a better color. The other parameters were not affected by antioxidants concentration treatments. It is concluded that 3%, 4%, and 5% sodium erythorbate and 0.6% L-cysteine treatments control enzymatic browning in minimally processed apple up to 6 days of storage, but up to 9 days 5% sodium erythorbate is more efficient.*

**Index terms:** *fresh-cut, refrigerated storage, additives, enzymatic browning*

## Introdução

A procura por frutas e hortaliças minimamente processadas vem crescendo no mercado alimentício, tendo em vista o desejo do consumidor por alimentos que mantenham seu frescor e características próximas ao produto *in natura* (JUNQUEIRA et al., 2009; OMS-OLIU et al., 2010). Devido a essa demanda crescente, amplia-se a perspectiva para a expansão de produtos minimamente processados (PMP) como alternativa na oferta de produtos alimentícios atrativos e prontos para o consumo (SILVA et al., 2011).

O processamento desses produtos nas regiões produtoras tem contribuído para a diversificação das indústrias regionais, reduzindo as perdas pós-colheita, melhorando o manejo dos resíduos, facilitando o transporte e eliminando problemas de ordem fitossanitária (SILVA et al., 2011).

O processamento mínimo (PM) se caracteriza por uma série de etapas, dentre elas as operações de seleção, lavagem, sanitização, descasque, corte, centrifugação, embalagem, armazenamento, comercialização, entre outros (MORETTI, 1999; CENCI, 2011). No entanto, mesmo após todas as etapas citadas anteriormente, o consumidor exige produtos com atributos de qualidade, como aparência, textura, valor nutritivo e *flavor* (sabor), similares aos produtos *in natura* (SOLIVA-FORTUNY et al., 2001). Esses atributos de qualidade são fundamentais, pois determinam a intenção de compra e valor do produto final (BASTOS, 2006).

Nesses produtos, o controle da temperatura é uma das principais técnicas utilizadas para minimizar o efeito do corte, além disso, a temperatura da sala de processamento deve estar em torno de 10 °C a 12 °C e da água de sanitização deve ser próxima de 5°C; a baixa temperatura reduz a taxa respiratória, produção de etileno e perdas sensoriais (ARRUDA, 2002; WILEY, 1994; CANTWELL, 2000;

WONG et al., 1994). Mesmo assim, o principal problema dos PMP é o escurecimento enzimático, que afeta a cor da superfície do fruto, um importante atributo de qualidade, pois os consumidores costumam julgar a qualidade de frutos minimamente processados com base na sua aparência (JANG; MOON, 2011; BRECHT et al., 2004).

O escurecimento enzimático na maioria das vezes é indesejado em frutas e hortaliças, pois pode diminuir a qualidade, características nutricionais e sensoriais desses produtos (MARTINEZ; WHITAKER, 1995; JANG; MOON, 2011). A conservação da cor natural é um fator importante que determina a qualidade e aceitação de frutos e hortaliças MP (GORNY et al., 1999).

As injúrias, como o corte e outros danos mecânicos que podem ocorrer durante essas etapas, permitem a penetração de oxigênio, o que resulta em um rápido escurecimento devido à oxidação dos compostos fenólicos. Normalmente, os substratos fenólicos naturais necessários para essa reação, como o ácido 5-cafeoilquínico, estão separados da enzima polifenoloxidase (PFO) em organelas intactas (vacúolos e plastos, respectivamente) e, por isso, o escurecimento não ocorre (WHITAKER et al., 2003). De acordo com Tomás-Barberán e Espín (2001), as enzimas peroxidase (POD) e PFO são relevantes na degradação oxidativa dos compostos fenólicos, pois, quando ocorre o rompimento das organelas onde se encontram armazenados esses compostos entram em contato com os substratos fenólicos e pode ocorrer a produção de polímeros de coloração marrom (melaninas).

Os agentes antioxidantes são um conjunto heterogêneo de substâncias formadas por vitaminas, minerais, pigmentos naturais e outros compostos vegetais. Fazem parte desse grupo ainda, enzimas, agindo como bloqueadores do efeito danoso dos radicais livres. De acordo com diversos autores, os antioxidantes são substâncias que bloqueiam a ação dos radicais livres, uma vez que impedem a oxidação de outras substâncias químicas que ocorrem nas reações

metabólicas (LARSSON et al., 2007; KONTUREK et al., 2004; TIRZITIS; BARTOSZ, 2010).

Os tratamentos coadjuvantes (antioxidantes) visam minimizar o escurecimento enzimático e prolongar a vida de prateleira de produtos minimamente processados. Alguns agentes coadjuvantes de importância agroindustrial são a L-cisteína, o eritorbato de sódio, ácido eritórbico, ácido kójico e o cloreto de cálcio. Esses agentes podem ser utilizados sozinhos ou em combinação em diversos produtos, como em maçãs (MORENO et.al., 2016), peras (SAPERS; MILLER, 1998), batatas (JIANG; FU, 1998), repolho (SALATA et al., 2014), pêssegos (CANTILLANO et al., 2015; COSTA et al., 2011).

Os agentes coadjuvantes que minimizam o escurecimento enzimático podem ser divididos em duas classes: os que agem sobre as enzimas, e aqueles que agem sobre os produtos da reação enzimática (MAYER; HAREL, 1979).

Segundo Costa et al. (2011), a L-cisteína pode atuar tanto como moléculas antioxidantes quanto no controle da atividade das enzimas PFO e POD. Os compostos que contêm grupo tiol, como L-cisteína, N-acetil-L-cisteína e glutationa reduzida, são bons inibidores da enzima PFO; essa enzima catalisa o escurecimento enzimático em frutas e hortaliças (FRIEDMAN; BAUTISTA, 1995).

O ácido eritórbico e o eritorbato de sódio são estereoisômeros dos ascorbatos e funcionam de modo similar aos antioxidantes. Devido a sua estrutura enodiol, os eritorbatos são fortes agentes redutores (da admissão de oxigênio) e previnem ou minimizam as deteriorações oxidativas do sabor e da cor de alimentos. A reação com o oxigênio é catalisada por traços de cobre e, em alguns casos, por ferro na solução (ÁCIDO... 2015; COUNSELL; HORNIG, 1981).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da L-cisteína e diferentes concentrações de eritorbato de sódio quanto à inibição do escurecimento da polpa e preservação das características físico-químicas de maçãs 'Royal Gala' minimamente processadas, armazenadas em câmara refrigerada por diversos períodos.

## Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido com maçãs da cultivar Royal Gala de um pomar comercial na empresa Rasip Agro Pastoril S/A, situada na cidade de Vacaria/RS, Brasil. As maçãs foram colhidas de forma cuidadosa quando alcançaram seu ponto de maturação comercial, passaram por seleção visando tornar o lote uniforme quanto ao tamanho, ausência de danos mecânicos visíveis e podridão. Posteriormente, foram armazenadas a 1°C, umidade relativa (UR) de 90% a 95%, preparadas e analisadas no Laboratório de Pós-Colheita/ Núcleo de Alimentos da Embrapa Clima Temperado, localizada em Pelotas/RS, Brasil. A sanitização ocorreu com uma solução resfriada (5 °C a 8 °C) de água contendo hipoclorito de sódio 200 ppm/pH 6,5 com a imersão dos frutos íntegros nessa solução por 10 minutos; após, o líquido foi drenado. Para a imersão das maçãs nos agentes coadjuvantes, as frutas foram cortadas em quatro fatias longitudinais (no formato de gomos), e a parte central com as sementes foi descartada. Na sequência, as fatias ficaram imersas por um minuto nos tratamentos descritos a seguir: água destilada como controle (CT), cloreto de L-cisteína 0,6% (LC) [m/v], eritorbato de sódio 3% (ES 3%) [m/v], eritorbato de sódio 4% (ES 4%) [m/v] e eritorbato de sódio 5% (ES 5%) [m/v], sendo então retiradas dos agentes coadjuvantes e drenadas por 5 minutos. A seguir, foram colocados quatro gomos de maçã por bandeja de poliestireno expandido, coberta com filme PVC esticável 9 $\mu$ , armazenada por períodos de 0, 3, 6 e 9 dias em câmara refrigerada, simulando a vida de prateleira a  $\pm$  4 °C e UR de  $\pm$  90%.

Os parâmetros avaliados foram:

- Cor: mensurada com calorímetro Minolta CR-400 na região equatorial do fruto, com sistema de leitura CIE L\*a\*b\*, proposto pela *Comission Internationale de l'Eclairage* (CIE). Com esses parâmetros, foi calculado o índice de escurecimento (IE), de acordo com Fontes et al. (2008), e o matiz ou tonalidade cromática representado pelo ângulo Hue ( $H^\circ$ ), através da fórmula arco tangente  $b^*/a^*$ . O resultado dessa equação, expresso em radianos, foi então convertido em graus, conforme Minolta (1994).
- Potencial hidrogeniônico (pH): determinação realizada por método eletrométrico, com o auxílio de um potenciômetro (pHMômetro) da marca Quimis modelo Q400A (ZENEBON et al., 2008).
- Sólidos solúveis: quantificados com um refratômetro digital manual, marca ATAGO, modelo PAL-1, que consiste em medir o índice de refração da amostra; os resultados foram expressos em °Brix (ZENEBON et al., 2008).
- Firmeza da polpa: mensurada utilizando-se penetrômetro eletrônico TAXT plus 40855, com ponteira de 2 mm de diâmetro. A leitura dessa variável foi realizada na porção mediana dos gomos de maçã Gala, e o resultado foi expresso em Newton.
- Determinação da acidez total titulável: foram utilizados 10 mL de suco da polpa, adicionados a 90 mL de água destilada. A titulação da amostra foi realizada com o auxílio de uma bureta digital Brand® contendo solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1N até atingir o ponto de viragem no pH 8,1. A acidez titulável foi expressa em gramas de ácido málico por 100 g de polpa (ZENEBON et al., 2008).
- Perda de massa (PM): conforme descrito por Pereira et al. (2006), mensurada pela seguinte fórmula:  $PM (\%) = (P_i - P_f)/P_i * 100$ .

- Atividade antioxidante: realizada pelo método DPPH, segundo Brand-Williams et al. (2005), com algumas modificações. Extratos de maçãs (100 µL) foram deixados reagir com 3.900 µL da solução de DPPH diluído em metanol por 24 horas no escuro. A amostra em branco consistiu em 0,1 mL de metanol adicionado a 3,9 mL de DPPH. A absorbância foi então obtida a 515 nm e calculada usando-se uma curva de calibração de gama linear. Os resultados foram expressos em mg Trolox/100 g de fruta.
- Compostos fenólicos totais: metodologia adaptada de Swain e Hillis (1959). Para cada tubo de ensaio, foram pipetados 250 uL de extrato de maçã, adicionados 4 mL de água ultrapura e 250 uL do reagente Folin-Ciocalteau (0,25N), os quais foram agitados e mantidos por 3 minutos para reagir. Após esse tempo, adicionaram-se 500 uL de carbonato de sódio (1N), e os tubos novamente foram agitados e mantidos por 2 horas para reagir. O espectrofotômetro foi zerado com o controle (branco), e foram feitas as leituras da absorbância no comprimento de onda de 725 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido clorogênico/100 g de fruta.
- Enzima polifenoloxidase (PFO): metodologia adaptada de Cano et al. (1997), determinada medindo-se a taxa de aumento da absorbância a 420 nm e 25 °C. Para obtenção do extrato, pesou-se 5 g de maçã, homogeneizados em ultraturrax numa solução contendo 10 mL de tampão fosfato de sódio 0,2 M, pH 7 e 0,2 g de polivinilpirrolidona (PVP), posteriormente filtrada e centrifugada a 16.000 g. Em seguida, foi adicionado 0,1 mL do sobrenadante do extrato, 2,9 mL de solução de catecol 0,11 M em tampão fosfato 0,05 M (pH 7,0), e então agitados. As absorbâncias e a atividade enzimática foram determinadas e calculadas em função do tempo (até 3 min). A atividade enzimática foi expressa como  $\Delta A_{420} \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ .
- Enzima peroxidase: adaptada de Cano et al. (1997), determinada medindo-se a taxa de aumento da absorbância a 485 nm e a 25°C de

50 µL do mesmo extrato acima descrito na polifenoloxidase, 2,7 mL de tampão fosfato 0,05 M (pH 7,0), 0,1 µL de peróxido de hidrogênio 1,5 % (v/v) e 200 uL de solução de guaiacol (p/v). A atividade enzimática foi calculada com base no aumento da absorbância em função do tempo (até 3 min). A atividade enzimática foi expressa como  $\Delta A_{485} \text{ min}^{-1}\text{g}^{-1}$ .

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema bifatorial com três repetições. Os fatores de tratamento foram o tempo de armazenamento (0, 3, 6 e 9 dias) e tratamento químico com agentes coadjuvantes (água, L-cisteína 0,6% e eritorbato de sódio nas concentrações de 3%, 4% e 5%). Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, e à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Posteriormente, executou-se a análise de variância ( $p \leq 0,05$ ); quando essa foi significativa, as médias foram comparadas pelo teste DMS ( $p \leq 0,05$ ).

## Resultados e Discussão

Com relação a cor (variáveis L\*, a\*, b\* e Hue), observou-se diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os diferentes tratamentos nessas variáveis (Figuras 1A,1B,1C e 1D). Para variável luminosidade (L\*), observou-se que os menores valores corresponderam ao tratamento controle (CT), oscilando entre L\* 77,32 e L\* 76,51 durante os nove dias de armazenamento, ou seja apresentando amostras mais escuras quanto à cor (Figura 1 A). Já as maçãs tratadas com as diferentes concentrações de ES apresentaram o maior valor de L\* nos seis primeiros dias de armazenamento, o que significa que as amostras mantiveram uma cor mais clara. Isso ocorre porque, segundo Golapan et al. (1999), o ES não tem efeito direto sobre a atividade da PPO, mas sobre o escurecimento enzimático. No nono dia, o ES 5% conseguiu manter a maior luminosidade entre todos os tratamentos avaliados. Situação oposta foi observada no ES 3%, 4% e LC 0,6%, que apresentaram um resultado satisfatório apenas até o sexto dia.

O resultado observado quanto ao ES 5% discorda dos resultados relatados por Vilas Boas et al. (2015), que, ao trabalhar com peras minimamente processadas, observaram diminuição nos valores de L\* em todos os tratamentos ao longo do armazenamento. Moreno (2013), trabalhando com maçãs 'Fuji' minimamente processadas, e Mamede et al. (2008), trabalhando com milho doce minimamente processado, obtiveram resultados similares ao deste experimento para o parâmetro L\* durante o armazenamento desses produtos. As variáveis a\* e b\* apresentaram os maiores valores no tratamento CT, oscilando entre 0,66 e 1,85 em a\* e 29,54 e 31,70 em b\* ao longo do armazenamento (Figuras 1B e 1C). A tonalidade (Hue), que representa a cor propriamente dita, apresentou os menores valores no tratamento CT durante os nove dias de armazenamento, com valores entre h° 89,38 e h° 86,87 (Figura 1D). Os tratamentos ES 4% e ES 5% foram os que apresentaram os maiores valores no nono dia de armazenamento, entre h° 95,67 e h° 104,47, e h° 94,33 e h° 106,68; respectivamente. Fora desse período a tendência do Hue foi a de ficar estável ou diminuir. Esses resultados coincidem com o reportado por González-Buesa et al. (2011), que, trabalhando com pêssegos 'Andross' minimamente processados, relataram uma diminuição do valor do ângulo Hue ao longo de nove dias de armazenamento.

As variáveis firmeza da polpa e acidez titulável não apresentaram diferença significativa nos tratamentos estudados.

Com relação ao índice de escurecimento, observou-se que o tratamento controle (CT) apresentou o maior índice de escurecimento, com valores entre 43,36 e 53,45 durante os nove dias de armazenamento refrigerado (Figura 1E). Quanto aos outros tratamentos com antioxidantes, o nível de escurecimento foi controlado satisfatoriamente até o sexto dia de armazenamento, porém, aos nove dias, apenas o tratamento ES 5%, com valores entre 34,00 e 26,60, foi o antioxidante que apresentou o menor índice de escurecimento, seguido do tratamento ES 4%. Mosneaguta et

al. (2012) também verificaram que o ES foi o agente antioxidante mais eficaz em manter a cor durante o armazenamento de batatas minimamente processadas. Os tratamentos eritorbato de sódio 3% e L-cisteína 0,6% apresentaram um controle inferior, sem apresentar diferença entre si. Moreno et al. (2016) aplicaram vários tipos de antioxidantes combinados com cloreto de cálcio em maçãs ‘Fuji’ minimamente processadas, controlando de forma satisfatória o escurecimento e amolecimento das frutas. Brandão et al.(2008), trabalhando com maçãs minimamente processadas submetidas a tratamentos com L-cisteína, também observaram diminuição do escurecimento enzimático.

O teor de sólidos solúveis nas maçãs minimamente processadas, com valores entre 11,93 e 13,60 °Brix, manteve-se praticamente estável durante todo o período de armazenamento na maioria dos tratamentos, com exceção do tratamento ES 5%, que propiciou uma diminuição dessa variável (Figura 2F). Moreno et al. (2016), trabalhando com maçãs ‘Fuji’ minimamente processadas, obtiveram resultados similares. A diminuição do teor de sólidos solúveis durante o armazenamento pode estar relacionada ao consumo de açúcares, devido ao metabolismo respiratório da fruta durante esse período.

No que concerne ao potencial hidrogeniônico (pH) das maçãs minimamente processadas, os valores dos tratamentos ES 3% e ES 4% apresentaram uma diminuição de 3,77 para 3,58, e de 3,84 para 3,74, respectivamente, sendo que nos demais tratamentos os índices de pH mantiveram-se estáveis (Figura 2 G). Esses resultados diferem daqueles encontrados por Soares et al. (2008), que não encontraram interação ao analisarem o pH em maçãs ‘Fuji’ minimamente processadas. Brandão et al. (2008), trabalhando com maçãs minimamente processadas submetidas a tratamentos com L-cisteína, não observaram diferença significativa nesse parâmetro.

A atividade antioxidante (DPPH) durante o armazenamento refrigerado apresentou valores estáveis, com exceção do tratamento ES 5%.

O tratamento CT apresentou os menores valores, variando entre 257,2 mg e 316,6 mg Trolox/100g de fruta (Figura 2 H). Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos, com exceção do tratamento ES 5%, que no início do armazenamento apresentou maior atividade antioxidante, com valores variando de 531,7 mg para 348,4 mg Trolox/100g de fruta no final do armazenamento.

Trabalhando com maçãs minimamente processadas, Saba e Somvar (2016) observaram que a combinação do aditivo carboximetil celulose e ácido ascórbico manteve a capacidade antioxidante e os atributos de qualidade durante o armazenamento, reduzindo o escurecimento do fruto. Moreno et al. (2016) encontraram resultados similares quanto à atividade antioxidante, quando aplicaram aditivos antioxidantes em maçã ‘Fuji’ minimamente processadas.

O teor de compostos fenólicos totais apresentou pouca variação ao longo do armazenamento das maçãs MP, com exceção do tratamento ES 5%. O tratamento CT apresentou o menor valor, variando entre 237,98 mg a 266,15 mg de ácido clorogênico por 100g de fruta (Figura 2I). Já o ES 5%, mesmo apresentando queda na quantidade de fenóis totais, conseguiu manter as maiores concentrações desse composto ao longo do armazenamento. Saba e Somvar (2016) estudaram a variação de fitoquímicos em maçãs minimamente processadas com aplicação de aditivos químicos, reportando que o conteúdo de compostos fenólicos totais diminuiu durante o armazenamento, ao contrário deste experimento, no qual os valores permaneceram estáveis. Moreno et al. (2016), trabalhando com maçãs ‘Fuji’ minimamente processadas e tratadas com produtos antioxidantes, relataram que os aditivos utilizados mantiveram baixo o teor de compostos fenólicos. Foi observado que, no geral, os valores dos compostos fenólicos tiveram valores dentro de uma faixa normal, pois, segundo Ceymann et al. (2012), o teor de fenóis normal em maçãs varia de 50 mg a 380 mg por 100 g de peso fresco, dependendo da cultivar.

Os tratamentos aplicados nas maçãs minimamente processadas

inibiram a atividade da enzima peroxidase (POD) em relação ao valor inicial. Mas com o aumento do período de armazenamento, a atividade dessa enzima aumentou principalmente no tratamento CT, com valores entre 298,22 para 976,00  $\Delta A_{485} \text{ min}^{-1} \text{g}^{-1}$ (Figura 2J). Ao final do período de armazenamento, o tratamento LC apresentou um valor intermediário, sendo que, entre os tratamentos com eritorbato de sódio, não foi observada diferença significativa nesse período. Esses resultados concordam com os obtidos por Melo e Vilas Boas (2006), que relataram aumento da atividade da POD durante o armazenamento de bananas ‘Maça’ minimamente processadas.

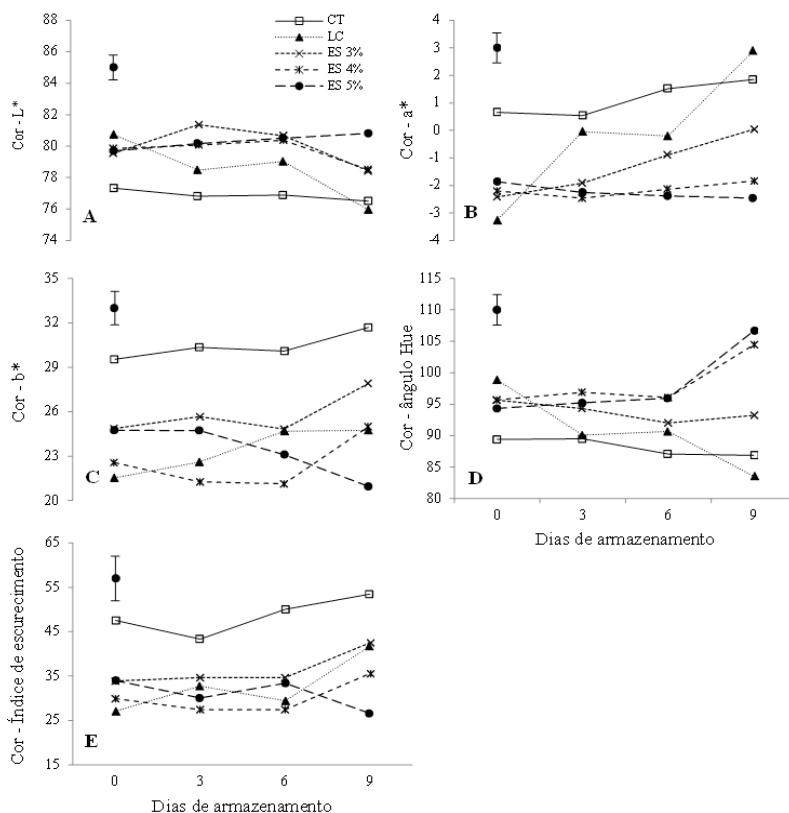
De modo geral, a atividade da enzima polifenoloxidase (PFO) nas maçãs minimamente processadas, com valores variando entre 111,77 e 138,60 ( $\text{U min}^{-1} \text{g}^{-1}$ ), apresentou variações durante o período de armazenamento refrigerado nas frutas tratadas com aditivos (LC, ES 3%, 4% e 5%), sendo que, nas frutas sem aplicação de antioxidante (CT), houve aumento da atividade aos 3 dias de armazenamento (Figura 2 K). Moreno et al. (2016) também observaram elevação da atividade da PFO no tratamento controle em maçãs ‘Fuji’ minimamente processadas. As maçãs do tratamento controle (CT) foram as que apresentaram o maior índice de escurecimento (Figura 1E), portanto com maior atividade da enzima PFO. As frutas tratadas com antioxidante apresentaram menor índice de escurecimento, e portanto menor atividade da enzima PFO.

A perda de massa teve um incremento significativo em todos os tratamentos à medida que aumentou o período de armazenamento. No entanto, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos (Figura 2 L). Soares et al. (2008), trabalhado com maçãs ‘Fuji’ minimamente processadas, também não encontraram interação significativa ao avaliar a perda de massa, assim como Brandão et al. (2008), trabalhando com maçãs minimamente processadas submetidas a tratamentos com L-cisteína. A perda de massa se intensifica durante o armazenamento de maçãs devido aos processos

de transpiração e respiração. A umidade relativa (UR) da atmosfera interna dos frutos é próxima da saturação, ao passo que a UR da atmosfera externa é sempre inferior. Quanto maior a diferença de pressão de vapor entre o produto e a atmosfera externa, maior será a perda de massa pelo produto. Perdas de massa entre 5-10% são suficientes para reduzir a qualidade da maioria das frutas e hortaliças (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Portanto, a perda de massa nas maçãs deste experimento se manteve num patamar aceitável.

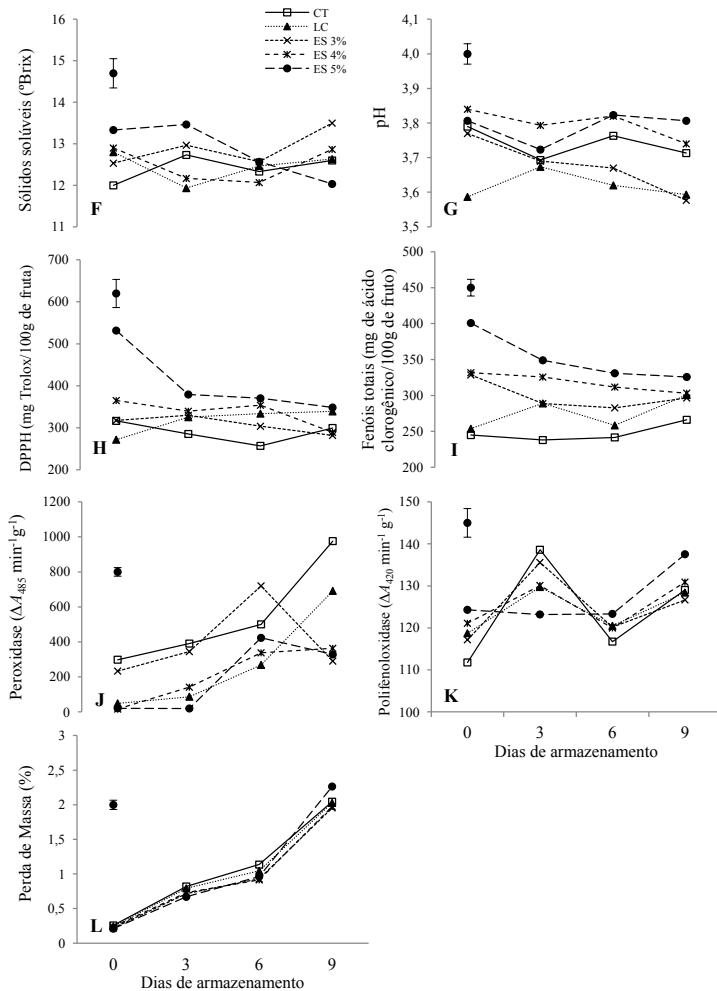
## Conclusões

Os resultados deste experimento permitem concluir que os tratamentos com os antioxidantes eritorbato de sódio 3%, 4%, 5% e L-cisteína 0,6% são eficientes no controle do escurecimento da polpa em maçãs 'Royal Gala' minimamente processadas e armazenadas durante seis dias. Porém, no caso de prolongar o armazenamento até nove dias, o eritorbato 5% é mais eficiente.



**Figura 1.** Parâmetros de coloração L\* (A), a\* (B), b\* (C), ângulo Hue (D) e índice de escurecimento (E) em maçãs cultivar Royal Gala minimamente processadas, tratadas com os seguintes agentes antioxidantes: controle - água destilada (CT), cloreto de L-cisteína 0,6% (LC), eritorbato de sódio 3% (ES 3%), eritorbato de sódio 4% (ES 4%) e eritorbato de sódio 5% (ES 5%). Barra vertical: diferença mínima significativa (DMS) ( $p\leq 0,05$ ).

Efeito de Antioxidantes na Qualidade Pós-colheita de Maçãs "Royal Gala"  
Minimamente Processadas



**Figura 2.** Parâmetros de sólidos solúveis [°Brix] (F), pH (G), DPPH [mg Trolox/100g de fruta fresca] (H), fenóis totais [mg de ácido clorogênico/100g de fruto] (I), enzima peroxidase [ $\Delta A_{485} \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ] (J), enzima polifenoloxidase [ $\Delta A_{420} \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ] (K), e perda de massa [%] (L) em maçãs cultivar Royal Gala minimamente processadas, tratadas com os agentes coadjuvantes que seguem: controle - água destilada (CT), cloreto de L-cisteína 0,6% (LC), eritorbato de sódio 3% (ES 3%), eritorbato de sódio 4% (ES 4%) e eritorbato de sódio 5% (ES 5%). Barra vertical: diferença mínima significativa (DMS) ( $p \leq 0,05$ ).

## Referências

ÁCIDO ERITÓRBICO E ERITORBATO DE SÓDIO. Disponível em: <<http://www.eritorbatodesodio.com.br/eritorbato-de-sodio-2/>>. Acesso em: 03 jan. 2015.

ARRUDA, M. C. **Processamento mínimo de melão rendilhado: tipo de corte, temperatura de armazenamento e atmosfera modificada.** 2002. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BASTOS, M. S. R. **Frutas minimamente processadas:** aspectos de qualidade e segurança. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 59 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 103).

BRANDÃO, C. C. H.; TURELLA, F. C.; TORRES, M. C. L.; SILVEIRA, M. F. A.; LIMA, M. V.; GERALDINE, R. M. Revestimento comestível de amido de mandioca (*Manihot esculenta*) incorporado com L-cisteína para inibição do escurecimento enzimático de maçã (*Malus domestica* Borkhausen) minimamente processada. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MINIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 5., 2008, Lavras. Lavras: UFLA/DCA, 2008. 196 p.

Efeito de Antioxidantes na Qualidade Pós-colheita de Maçãs "Royal Gala" Minimamente Processadas

BRECHT, J. K.; SALTVEIT, M. E.; TALCOTT, S. T.; SCHNEIDER, K. R.; FELKEY, K.; BARTZ, J. A. Fresh-cut vegetables and fruits. **Horticultural Reviews**, Wesport, v. 30, p. 185–251, 2004.

CANO, M. P.; DE ANCOS, B.; MATALLANA, M. C.; CAMARA, M.; REGLERO, G.; TABERA, J. Differences among Spanish and Latin-American banana cultivars: morphological, chemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, Barking, v.59, p. 411–419, 1997.

CANTILLANO, R. F. F; RIBEIRO, J. A.; SEIFERT, M.; NOGUEIRA, D. Avaliação físico-química de pêssegos cv. Eldorado minimamente processados e armazenados sob refrigeração. In: SIMPÓSIO DE ALIMENTOS PARA A REGIÃO SUL, 9., 2015, Passo Fundo. **A indústria de alimentos e a saúde do consumidor**: anais. Disponível em: <<http://sial.upf.br/index.php/sial-2015/trabalhos>>. Acesso em: 8 nov. 2017.

CANTWELL, M. Preparation and quality of fresh produce. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HOTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras**. Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 150-173.

CENCI, S. A. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011. 144 p.

CEYMANN, M.; ARRIGONI, E.; SCHÄRER, H.; NISING, A. B.; HURRELL, R. F. Identification of apples rich in health-promoting flavan-3-ols and phenolic acids by measuring the polyphenol profile. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 26, p. 128–135, 2012.

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

COSTA, A. C.; ANTUNES, P. L.; ROMBALDI, C. V.; GULARTE, M. A. Controle do escurecimento enzimático e da firmeza de polpa em pêssegos minimamente processados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 1094-1101, 2011.

COUNSELL, J. N.; HORNIG, D. H. **Vitamin C: Ascorbicacid**. London: Applied Science Publishers, 1981. 396 p.

FONTES, L. C. B.; SARMENTO, S. B. S.; SPOTO, M. H. F; DIAS, C.T. S. Conservação de maçã minimamente processada com o uso de películas comestíveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 872-880, 2008.

FRIEDMAN, M.; BAUTISTA, F. F. Inhibition of polyphenoloxidase by thiols in the absence and presence of potato tissue suspensions. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 43, p. 69–76, 1995.

GOLAPAN, H. S.; PENDHARKAR, M. B.; SUBBULAKSHMI, P. D. Application of sodium erythorbate in controlling browning of diced potatoes. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 36, n. 3, p. 226–34, 1999.

GONZÁLEZ-BUESA, E.; ARIAS, E.; SALVADOR, M. L.; ORIA, R.; FERRER-MAIRAL, A. Suitability for minimal processing of non-melting clingstone peaches. **International Journal of Food Science and Technology**, London, v. 46, p. 819-826, 2011.

GORNY, J. R.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. Quality Changes in Fresh-cut Peach and Nectarine Slices as Affected by Cultivar, Storage Atmosphere and Chemical Treatments. **Journal of Food Science**, Ottawa, v. 64, n. 3, p. 429-432, 1999.

Efeito de Antioxidantes na Qualidade Pós-colheita de Maçãs "Royal Gala"  
Minimamente Processadas

JANG, J. H.; MOON, K. D. Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. **Food Chemistry**, Barking, v. 124, p. 444–449, 2011.

JIANG, Y.; FU, J. Inhibition of polyphenol oxidase and the browning control of litchi fruit by glutathione and citric acid. **Food Chemistry**, Barking, v. 62, n. 1, p. 49–52, 1998.

JUNQUEIRA, M. S.; SOARES, N. F. F.; REIS, R. C.; CARNEIRO, J. D. S.; BENICIOS, R. T.; YOKOTA, S. R. C. Efeito de embalagens ativas no escurecimento enzimático de batatas (*Solanum tuberosum*) fatiadas e minimamente processadas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 613–618, 2009.

KONTUREK, P. C.; KANIA, J.; GESSNER, U.; KONTUREK, S. J.; HAHN, E. G.; KONTUREK, J. W. Effect of vitamin C-releasing acetylsalicylic acid on gastric mucosal damage before and after *Helicocacter pylory* eradication therapy. **European Journal of Pharmacology**, Amsterdam, v. 506, p. 169–177, 2004.

LARSSON, S. C.; BERGKVIST, L.; NÄSLUND, I.; RUTEGÅRD, J.; WOLK, A. Vitamin A, retinol, and carotenoids and the risk of gastric cancer: a prospective cohort study. **American Journal of Clinical Nutrition**, Rockville, v. 85, n. 2, p. 497–503, 2007.

MAMEDE, A. M. G. N.; FONSECA, M. J. O.; CHITARRA, A. B.; SOARES, A. G.; PEREIRA, I. A.; GODOY, R. L. L. O.; SOUZA, R. S.; JUNIOR, A. C. V. N. Milho doce minimamente processado: conservação pós-colheita em diferentes temperaturas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 5., 2008, Lavras. **Palestras, mini-cursos e resumos**. Lavras: UFLA/DCA, 2008. p. 146

MARTINEZ, M. V.; WHITAKER, J. R. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science and Technology**, Cambrigde, v. 6, p. 195–200, 1995.

MAYER, A. M.; HAREL, E. Polyphenol oxidases in plants. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 18, p. 193-215, 1979.

MELO, A. A. M.; VILAS BOAS, E. V. B. Inibição do escurecimento enzimático de banana Maçã minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 110-115, 2006.

MORENO, M. B. **Caracterização da qualidade de maçãs cv. Fuji minimamente processada tratadas com aditivos**. 2013. 73 f.  
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

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, p. 1-9, 2016.

MORETTI, C. L. Processamento mínimo de hortaliças: alternativa viável para a redução de perdas pós-colheita e agregação de valor ao agronegócio brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 1, 1999.

MOSNEAGUTA, R.; ALVAREZ, V.; BARRINGER, S. A. The Effect of Antibrowning Agents on Inhibition of Potato Browning, Volatile Organic Compound Profile, and Microbial Inhibition. **Journal of Food Science**, Ottawa, v. 77, n. 11, 2012.

OMS-OLIU, G.; ROJAS-GRAÜ, M.; GONZÁLEZ, L.; VARELA, P.; SOLIVA-FORTUNY, R.; HERNANDO, M.; MUNUERA, I.; FISZMAN, S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Recent approaches using chemical treatments

Efeito de Antioxidantes na Qualidade Pós-colheita de Maçãs "Royal Gala" Minimamente Processadas

to preserve quality of fresh-cut fruit: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 57, n. 3, p. 139–148, 2010.

SABA, M. K.; SOMVAR, O. N. Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples. **Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 66, p. 165-171, 2016.

SALATA, A. C; CARDOSO, A. II.; EVANGELISTA, R. M.; MAGRO, F. O. Uso de ácido ascórbico e cloreto de cálcio na qualidade de repolho minimamente processado. **Horticultura Brasileira** [online], v.32, n.4, p. 391-397, 2014.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L. Browning inhibition in fresh-cut pears. **Journal of Food Science**, Ottawa, v. 63, n. 2, p. 342-346, 1998.

SILVA, E. O.; PINTO, P. M.; JACOMINO, A. P.; SILVA, L. T. **Processamento mínimo de produtos hortifrutícolas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 71 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 139).

SOARES, N. F. F; SILVA, W. A. da; PIRES, A. C. S.; MEDEIROS, E. A. A. Conservação de maçã minimamente processada através de revestimento comestível incorporado com ácido ascórbico. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MINIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 5., 2008, Lavras. Lavras: UFLA/DCA, 2008. 196 p.

SOLIVA-FORTUNY, R. C.; MIGUEL, N. G.; SRRANO, I.; GORINSTEIN, S.; BELLOSO, O. M. Browning Evaluation of Read-to-Eat Apples as affected by Modified Atmosphere Packaging. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, p. 3685-3690, 2001.

SWAIN,T.; HILLIS, W.T.The phenolic constituents of Prunus domestica. **Science of Food and Agriculture**, London, v. 10, p. 135-144, 1959.

TIRZITIS, G.; BARTOSZ, G. Review: Determination of antiradical and antioxidant activity: basic principles and new insights. **Acta Biochimica Polonica**, Warsaw, v. 57, p. 139–142, 2010.

TOMÁS-BARBERÁN, F.; ESPÍN, J. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 81, n. 9, p. 853–876, 2001.

VILAS BOAS, A. C.; HENRIQUE, P. C.; LIMA, L. C. O.; PEREIRA, M. C. A. Conservação de peras minimamente processadas submetidas a tratamentos químicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 4, p. 1009-1019, 2015.

WHITAKER, J. R.; VORAGEN, A. G. J.; WONG, D. W. S. **Handbook of food enzymology**. New York: Marcel Dekker, 2003. p. 509-523.

WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits e vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. 368 p.

WONG, D. W. S.; TILLIN, S. J.; HUDSON, J. S.; PAVLATH, A. E. Gas exchange in cut apples with bilayer coatings. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 42, n. 10, p. 2278-2285, 1994.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. Versão eletrônica. Disponível em: <[http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016\\_3\\_19/analisedealimentosial\\_2008.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf)>. Acesso em: 8 nov. 2017.



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



CGPE 14056