



CAMILA ARGENTA FANTE

**CARACTERIZAÇÃO, QUALIDADE E
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAÇÃ
'Eva' (*Malus* sp.)**

LAVRAS – MG

2011

CAMILA ARGENTA FANTE

**CARACTERIZAÇÃO, QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-
COLHEITA DE MAÇÃ ‘Eva’ (*Malus sp.*)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima

LAVRAS – MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Fante, Camila Argenta.

Caracterização, qualidade e conservação pós-colheita de maçã
'Eva' (*Malus* sp.) / Camila Argenta Fante. – Lavras : UFLA, 2011.
105 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Luiz Carlos de Oliveira Lima.

Bibliografia.

1. Atmosfera modificada. 2. Irradiação. 3. 1-metilciclopropeno.
4. Armazenamento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.116

CAMILA ARGENTA FANTE

**ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE E FATORES PÓS-
COLHEITA DE MAÇÃ ‘Eva’ (*Malus sp.*)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 12 de agosto de 2011

Dra. Patrícia de Fátima Pereira Goulart	UNILAVRAS
Dr. Émerson Dias Gonçalves	EPAMIG
Dra. Andréa Luiza Ramos Pereira Xisto	UFLA
Dra. Celeste Maria Patto de Abreu	UFLA

Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima

Orientador

LAVRAS – MG

2011

*Aos meus pais e meus mestres...,
os exemplos que me impulsionam a seguir.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradecer é a comprovação da necessidade que temos do outro; é quando admitimos que sozinhos não teríamos chegado onde chegamos.

Por isso, agradeço a Deus por ter-me dado forças e iluminado meu caminho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), pela oportunidade concedida para a realização do curso e pelas condições de trabalho.

À Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

Ao meu orientador, professor Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima, meus agradecimentos por todas as conversas, conselhos, ensinamentos, oportunidades e confiança em mim depositada.

Ao coordenador do curso, professor Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, que tantas vezes me atendeu gentilmente, obrigada pela atenção e apoio.

A todos os professores do DCA, pelos ensinamentos que contribuíram significativamente para a melhoria de minha formação profissional.

À professora. Dra Patrícia de Fátima Pereira Goulart, pelo carinho e apoio a mim dispensados.

Aos amigos e colegas de laboratório: Andrea, Carol, Cleiton, Creusa, Daniella, Édson, Flávia, Helô, Juliana Alvarenga, Juliana Lima, Manu, Mariana, Paulo, Priscilla, Rita, Suzana e Tina, pelo convívio e ajuda.

Às meninas da secretaria e da faxina, pelo bom-humor e disponibilidade sempre.

As minhas queridas Ana Feltrin, Carol Vilas Boas e Vivian, que me ajudaram na execução deste trabalho.

A Nadetsa, minha irmã de coração, que, mesmo longe, sempre esteve perto.

Aos meus tios, João e Christiane, obrigada por estarem presentes na minha vida, sempre me estendendo a mão.

Aos meus avós, Alda, Lourdes e Octávio, por contarem os dias para me ver e me esperar de braços abertos. Também ao meu avô Luiz, pela presença em meus sonhos.

A toda a família, pelas orações e torcida pelo meu sucesso.

Aos meus primos Stevan, Rodolfo, Luiz Felipe, Vanisa, Anna Caroline, Ana Carolina e Diogo que, de perto ou de longe, me proporcionam agradável convivência e forte amizade.

Ao Leandro, pelo amor, carinho, apoio, amizade e cumplicidade inconfundível e inexplicável.

Por último, e tão importante, aos meus pais, Rudnei e Tânia, agradeço de todas as formas e sempre pela confiança, estímulo, amor, dedicação... Sem eles nada teria acontecido!

RESUMO

A maçã cultivar Eva, produzida em Minas Gerais, apresenta características interessantes para o setor agrícola por apresentar baixa exigência em frio, ser uma cultivar precoce com alta produtividade e boa qualidade dos frutos. Por este motivo, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de realizar a caracterização do fruto, com ênfase nos seus atributos físicos, físico-químicos, químicos e bioquímicos, bem como a extensão de sua vida útil e a manutenção de sua qualidade, por meio da otimização de técnicas de conservação, tais como 1-metilciclopropeno, irradiação gama e modificação atmosférica. As amostras, coletadas manualmente na cidade de Barbacena, MG, foram selecionadas quanto à ausência de injúrias e divididas em grupos. No primeiro grupo, os frutos foram submetidos a diferentes doses de 1-metilciclopropeno (0, 10, 50, 100 e 500 mg.L⁻¹). Maçãs do segundo grupo foram armazenadas em diferentes embalagens (polipropileno, polietileno de alta densidade e polietileno de baixa densidade), as quais continham cinco frutos cada. O terceiro grupo de frutos foi submetido a diferentes doses de irradiação (0, 0,5; 1,0 e 1,5 kGy). Após a aplicação dos tratamentos, todos os frutos foram armazenados em câmara fria, a 0,5±0,5°C, por até 225 dias. Por meio dos parâmetros analisados neste trabalho pode-se sugerir o consumo ao natural da maçã 'Eva' produzida em Minas Gerais por possuir alta qualidade e características interessantes capazes de agradar aos consumidores brasileiros. O 1-MCP foi capaz de retardar o incremento da produção de etileno durante o armazenamento de maçãs da 'Eva' e assim diminuir o seu metabolismo. O controle dos gases por meio de atmosfera modificada no armazenamento pós-colheita de maçãs 'Eva' permitiu a conservação dos frutos com qualidade por até sete meses tendo o filme de polietileno de alta densidade mostrado, para a maioria das variáveis analisadas, os melhores resultados. A irradiação gama foi capaz de preservar os compostos fenólicos, manter os teores de vitamina C e manter a qualidade dos frutos percebida pelos menores teores de sólidos solúveis, sendo que, quanto menor a dose utilizada, melhor a resposta dos frutos.

Palavras-chaves: Maçã cultivar Eva. 1-metilciclopropeno. Atmosfera modificada. Irradiação gama

GENERAL ABSTRACT

The apple cultivar Eva, produced in Minas Gerais, presents interesting features for the agricultural sector due to its low demand in cold be a early variety with high yields and good fruit quality. For this reason, the objective of this work was the characterization of the fruit, with emphasis on their physical attributes, physical-chemical, chemical and biochemical, as well as the extension of its life and maintain their quality through optimization techniques conservation, such as 1-methylcyclopropene, gamma irradiation and modified atmosphere. The samples, collected manually in the city of Barbacena, Minas Gerais state, were selected for the absence of injury and divided into groups. In the first group, the fruits were subjected to different doses of 1-methylcyclopropene (0, 10, 50, 100 and 500 mg.L⁻¹). Apples in the second group were stored in different packaging (polypropylene, high density polyethylene and low density polyethylene), which contained five fruits each. The third group of fruits was subjected to different irradiation doses (0, 0.5, 1.0 and 1.5 kGy). After the treatments, all fruit were stored in cold, 0.5±0.5°C for up to 225 days. By means of the parameters analyzed in this study may suggest the consumption of natural apple Eva produced in Minas Gerais for having high quality and interesting features that can appeal to Brazilian consumers. The 1-MCP was efficient to slow the increase in ethylene production during storage of apples Eva and thus lowering your metabolism. The control of gases through modified atmosphere storage on postharvest apples Eva allowed the preservation of fruit quality for up to seven months with the film of high density polyethylene shown for most variables, the best results. The gamma irradiation was able to preserve the phenolic compounds, maintaining the levels of vitamin C and maintain fruit quality perceived by lower soluble solids, and the smaller the dose, the better the response of the fruit.

Keywords: Apple cultivar Eva. 1-methylcyclopropene. Modified atmosphere. Gamma irradiation.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO 11
2	REFERENCIAL TEÓRICO 12
2.1	Considerações sobre a pomicultura e a maçã da cultivar Eva 12
2.2	Características funcionais e físico-químicas da maçã..... 16
2.3	Métodos de conservação 18
2.3.1	1-Metilciclopropeno..... 19
2.3.2	Irradiação gama..... 22
2.3.3	Atmosfera modificada..... 27
3	CONCLUSÃO 29
	REFERENCIAS..... 30
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS 40
	NOTA CARACTERIZAÇÃO DE MAÇÃS CV. EVA
	PRODUZIDAS EM MINAS GERAIS 41
	ARTIGO 1 EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES
	DE 1-METILCICLOPROPENO NO ARMAZENAMENTO PÓS-
	COLHEITA DE MAÇÃ CV. EVA 51
	ARTIGO 2 EFICÁCIA DO USO DE DIFERENTES FILMES NA
	MANUTENÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE
	FRUTOS DA MACIEIRA EVA 71
	ARTIGO 3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DURANTE O
	ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS ‘EVA’ SUBMETIDAS A
	DIFERENTES DOSES DE IRRADIAÇÃO 89

PRIMEIRA PARTE

Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO

Por meio de pesquisas de melhoramento genético, foi desenvolvida a maçã cultivar Eva, no Instituto Agronômico do Paraná, entre os anos 1978 e 1999. Atualmente, a cultivar se espalhou por outras regiões do Brasil, especialmente o estado de Minas Gerais, onde os pomicultores estão produzindo com sucesso, pelo fato de ser uma cultivar própria para o clima subtropical. Além da baixa influência em frio, é uma cultivar precoce, com possibilidade de colheita 40 dias antes das tradicionais cultivares Gala e Fuji, o que lhe confere um diferencial, juntamente com boa produtividade, resistência e boa qualidade dos frutos que são doces, levemente acidulados e crocantes.

No Brasil, especialmente na região sul, maior produtora de maçãs, cerca de 15% da produção desta fruta são comercializados imediatamente após a colheita, sem armazenamento em câmaras frigoríficas. Com o avanço do período de comercialização, observam-se o amarelecimento da epiderme e a perda de acidez e da firmeza de polpa, depreciando a qualidade. Assim, as condições de armazenamento dos frutos da macieira têm sido baseadas em um desejo de manter a qualidade e satisfazer ao objetivo de maximizar a vida pós-colheita.

O armazenamento à baixa temperatura é uma técnica muito utilizada na conservação de frutos para aumentar a durabilidade e minimizar as perdas pós-colheita. Entretanto, muitas vezes, torna-se necessária a associação de outros métodos de conservação para manter os aspectos de qualidade do vegetal. Assim, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de realizar a caracterização de maçãs 'Eva' produzidas em Barbacena, MG, com ênfase nos seus atributos físicos, físico-químicos, químicos e bioquímicos, bem como a extensão de sua vida útil e manutenção da qualidade, por meio da conservação pós-colheita com a utilização de métodos capazes de prevenir o amadurecimento e manter a qualidade dos frutos como 1-metilciclopropeno, irradiação gama e modificação atmosférica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações sobre a pomicultura e a maçã cultivar Eva

No Brasil, muitas cultivares de maçã foram obtidas com o trabalho inicial de reprodução do produtor Albin Bruckner, utilizando sementes trazidas da Europa, nos anos 1932-33 (HAUAGGE; BRUCKNER, 2002). Ele pré-selecionou 1.356 plantas, reduzindo para apenas 50 na fase juvenil. A produção das maçãs selecionadas foi permitida no Brasil nos anos 1960 e 70 e instituições oficiais de pesquisa, como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em São Paulo, o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), a EPAGRI em Santa Catarina e Ministério da Agricultura e a Embrapa do Rio Grande do Sul, desenvolveram programas de melhoramento para maçãs.

O trabalho desenvolvido no IAC iniciou-se em 1953 e, como resultado da primeira fase do programa, foi liberada uma série de cultivares, como ‘Rainha’ (Golden Delicious X Valinhense), ‘Delícia’ (Valinhense X Deliciosa), ‘Bonita’ (Valinhense X Rome Beauty), ‘Dulcina’ (Primásia X Valinhense) e ‘Culinária’ (Valinhense X Rome Beauty), mostrando a formação de bons frutos. Todas essas cultivares possuem a característica de não apresentar qualquer dormência em climas quentes, mas respondem a tratamentos com reguladores de crescimento para quebrar a dormência (POMMER; BARBOSA, 2009).

Em uma segunda fase, o IAC lançou as cultivares Galícia, Soberana, Centenária e Marquesa, todas com baixa necessidade de frio (CAMPO DALL’ORTO; OJIMA; BARBOSA, 1987). Em estados como Rio Grande do Sul e Santa Catarina dedicaram-se esforços para o desenvolvimento de novas cultivares de maçã, mas, devido ao clima da região, cultivares com baixa

exigência de frio não eram os principais objetivos, sendo a cultura voltada para cultivares como Gala e Fuji.

O programa de melhoramento de maçã do IAPAR, iniciado em 1979, com ênfase no desenvolvimento de cultivares, teve como principais objetivos a busca por alta produtividade, maturação precoce, alta qualidade de frutos e resistência a doenças (HAUAGGE; BRUCKNER, 2002). Muitas cultivares foram lançadas, entre elas IAPAR 75-Eva, IAPAR 76-Anabela e IAPAR 77-Carícia, adaptadas a regiões com baixa incidência de frio e colheita a partir de dezembro, o que aumenta as possibilidades de comercialização. Entre estas cultivares, apenas a 'Eva' tem apresentado um aumento potencial de produtividade, mostrando-se como um opção para áreas subtropicais.

Atualmente, a pomicultura tem apresentado crescimento linear e gradativo, o que pode ser observado em termos de área plantada e, conseqüentemente, na produção de maçãs. Em 1990, a área de plantio era de, aproximadamente, 22 mil hectares com produção de 276 mil toneladas, enquanto que em 2009, passou para 38 mil hectares e 1.222 milhões de toneladas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011a).

A previsão de safra nacional de maçã 2010/11 apresenta uma variação de 2,65% abaixo da safra do ano anterior, com produção de 1.163.819 toneladas (IBGE, 2011a). Mesmo assim, a cultura da maçã continua destacando-se entre as frutas de clima temperado por ter apresentado a maior expansão nos últimos 30 anos.

Em 2009, os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul responderam por grande parte da produção brasileira de maçãs, conforme ilustrado na Tabela 1. Entre os estados produtores de maçã, Minas Gerais tem a menor participação, isso porque as cultivares que mais são produzidas não se adaptam ao clima e ao solo da região.

As duas cultivares mais importantes cultivadas no Brasil são ‘Gala’ (colheita em janeiro e fevereiro, respondendo por 58% da produção total) e ‘Fuji’ (colhidas durante março e abril, com 35% da produção total), devido à aceitação pela coloração, sabor e mercado, bem como pela facilidade de conservação frigorífica que estas variedades oferecem. No entanto, cultivares com baixa necessidade de frio estão estabelecidas em áreas especiais no sudeste e mesmo no nordeste do país, como a ‘Eva’ que, juntamente com a ‘Golden Delicious’, representa 7% da produção brasileira (WORLD APPLE AND PEAR ASSOCIATION - WAPA, 2009).

Tabela 1 Área e produção de maçã no Brasil, em 2009

Estados	Área (ha)	Produção (t)	Rendimento (kg.hectare⁻¹)
Santa Catarina	20.693	622.501	31,41
Rio Grande do Sul	16.278	556.556	34,19
Paraná	1.800	39.600	22,00
São Paulo	136	1.770	13,01
Minas Gerais	119	2.093	17,58
TOTAL	128.023	1.123.547	112,01

Fonte: IBGE (2011b)

A maçã cultivar Eva (Figura 1) foi desenvolvida a partir do cruzamento entre as cultivares Anna e Gala e possui baixa necessidade de períodos de frio (no máximo 350 horas por ano). Por isso, é cultivada em microrregiões do sudeste e nordeste do Brasil, sendo capaz de produzir frutos com qualidade (HAUAGGE; TSUNETTA, 1999). É uma cultivar altamente produtiva, podendo chegar até a 100 toneladas por hectare em áreas do estado do Paraná, Brasil.

Semelhante à cultivar Gala na aparência, é um fruto bicolor que pesa em torno de 120-160 g, é doce e com acidez equilibrada.

Pommer e Barbosa (2009) afirmam que, por ser uma cultivar precoce, seus frutos devem ser comercializados imediatamente, podendo ser armazenados por até 60 dias. Ainda, esta cultivar apresenta ampla adaptação, sendo cultivada desde o extremo sul do Rio Grande do Sul até Pernambuco.



Figura 1 Maçãs cultivar Eva produzidas em Barbacena, MG, durante a safra 2009/2010.

A maioria das colheitas de maçãs ocorre no sul do Brasil, nos primeiros quatro meses do ano, no entanto, por ser uma cultivar precoce, a colheita de 'Eva', geralmente, ocorre entre os meses de novembro e janeiro. O ponto de colheita é relacionado com determinados índices ou parâmetros e alguns desses (geração de CO₂ pela respiração, amido, acidez titulável, açúcares, firmeza de polpa, etc.) são utilizados para estabelecer critérios mínimos e máximos

aceitáveis, de acordo com o destino da fruta já colhida (POMMER; BARBOSA, 2009; VASQUES et al., 2006).

2.2 Características funcionais e físico-químicas da maçã

Os consumidores modernos estão interessados em consumir alimentos que, além de saudáveis, também sejam capazes de prevenir doenças. Assim, se estabeleceu em muitos países o mercado dos “alimentos funcionais”, os quais oferecem algo mais à saúde de quem os ingere, além dos nutrientes básicos e têm como principal função a redução dos riscos de doenças crônicas não transmissíveis (MATTILA-SANDHOLM et al., 2002).

Estudos têm mostrado a importância da manutenção de uma alimentação adequada, estando o consumo regular de frutas e hortaliças associado à prevenção e à redução de risco de doenças crônicas, como câncer e doenças cardiovasculares (JAIME et al., 2007; WILLETT, 2002). Estes efeitos têm sido atribuídos a vários compostos naturalmente presentes nos alimentos de origem vegetal, como ácido ascórbico, carotenoides, tocoferóis e compostos fenólicos e têm demonstrado eficaz atividade antioxidante em sistemas modelos (HUBER; HOFFMANN-RIBANI; RODRIGUEZ-AMAYA, 2009; KEDAGE et al., 2007; MANACH et al., 2004; WOLFE; WU; LIU, 2003).

A maçã é rica em pectina, um polissacarídeo solúvel, e também em compostos fenólicos, denominados fenóis totais que são fitonutrientes de grande importância sensorial e nutricional (LUNARDI et al., 2004).

Os compostos fenólicos são formados no metabolismo secundário dos vegetais e possuem funções de defesa contra o ataque de pragas. Já em animais e humanos, tem-se observado que são capazes de reagir com radicais livres, formando radicais estáveis. Esse poder de neutralização das estruturas radicais dos compostos fenólicos deve-se à sua estrutura química formada por pelo

menos um anel aromático com grupamentos hidroxilas (GIADA; MANCINI-FILHO, 2006).

São descritas funções fisiológicas para os compostos fenólicos presentes na maçã, incluindo atividade antialérgica *in vivo* e atividade inibitória *in vivo* e *in vitro* de algumas enzimas e receptores celulares (SHOJI; AKAZOME; IKEDA, 2004). A maçã apresenta elevado teor de fitonutrientes, tais como flavonoides, compostos fenólicos e ácidos fenólicos, encontrados na polpa e, principalmente, na casca, portanto, fornece os benefícios antioxidantes atuando na redução do risco de doenças cardiovasculares e câncer, entre outras (TSAU et al. 2005).

De acordo com Eberhardt, Lee e Liu (2000), maçãs frescas têm grande atividade antioxidante e o extrato deste fruto é capaz de inibir o crescimento de células neoplásicas do cólon e câncer de fígado *in vitro*, sugerindo que os fitoquímicos naturais de frutas frescas podem ser mais eficazes do que um suplemento dietético. Além disso, Liu, Liu e Chen (2005) demonstraram que o extrato de maçã foi efetivo em inibir o crescimento de câncer mamário em ratos. Ainda, Sembries et al. (2006) revelam os efeitos benéficos de frutas e hortaliças para a população bacteriana do intestino.

Em estudos relacionados com saúde afirma-se que diferentes fatores podem estar relacionados à microbiota intestinal, incluindo o sistema imune (CUNNINGHAM-RUNDLES et al., 2000), a prevenção do câncer (RAFTER, 2003), a resistência à infecção (RASTALL et al., 2005) e a obesidade (TURNBAUGH et al., 2006). As evidências sugerem que as maçãs têm efeito de promoção da saúde sobre a microbiota intestinal de ratos e que este efeito é justificado, principalmente, pela presença de pectina nelas (LITCH et al., 2010).

É importante ressaltar também que a composição química da maçã depende de fatores naturais relacionados aos locais onde estão instalados os pomares (tais como solo, clima) e fatores agrônômicos de produção da fruta

(cultivares, tratos culturais, adubações, tratamentos fitossanitários e épocas de colheita) que, basicamente, podem afetar os teores de umidade, sólidos solúveis (açúcares e ácidos orgânicos), compostos fenólicos, minerais e vitaminas (RIZZON; BERNARDI; MIELE, 2005).

Dentre os sólidos solúveis, destacam-se os açúcares simples (frutose, glicose e sacarose) que podem chegar até a 14% em função da cultivar. Normalmente, a frutose está presente em maiores proporções, conferindo um apelo funcional na elaboração de produtos derivados dessa fruta (CZELUSNIAK et al., 2003; PAGANINI et al., 2004).

O ácido málico é o ácido orgânico predominante na maçã por determinação gênica (95% do total), seguindo-se o ácido cítrico e outros de menor importância, presentes somente em traços (CZELUSNIAK et al., 2003).

O perfil de aroma da fruta é complexo (na maçã existem mais de 300 compostos voláteis) e depende da concentração e da combinação de todos os compostos voláteis emitidos (ALTISENT et al., 2008). Sensorialmente, relacionam-se com as características relativas à cor, ao sabor e à formação de aromas. Dentre os minerais na maçã, o potássio predomina sobre os demais (fósforo, magnésio, cálcio, sódio e ferro). Já a vitamina C está presente em quantidades apreciáveis, sendo a concentração de duas a três vezes maior na epiderme do que na polpa da fruta.

2.3 Métodos de conservação

As condições de armazenamento de frutos e os métodos de conservação pós-colheita são baseados em manter a qualidade, principalmente nos fatores como cor, firmeza, acidez e teor de açúcar, a fim de satisfazer ao objetivo de maximizar a vida pós-colheita e otimizar a qualidade comercial.

Uma das técnicas mais eficientes para aumentar a durabilidade de frutos e minimizar as perdas pós-colheita é o armazenamento à baixa temperatura. Geralmente, na ausência do armazenamento a frio, as deteriorações são mais rápidas devido à produção do calor vital e à liberação de dióxido de carbono (CO_2), decorrentes da respiração e da atividade de enzimas. Dessa forma, a refrigeração é utilizada, principalmente, para diminuir a taxa respiratória, reduzir perdas e manter os fatores responsáveis pela qualidade. Entretanto, a taxa metabólica deve ser mantida em um nível mínimo, suficiente para manter as células vivas, mas de forma a preservar a qualidade comestível, durante todo o período do armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Assim, a refrigeração é a prática mais importante para retardar o processo de deterioração. No entanto, em muitos casos, é necessário associar à refrigeração outros métodos de conservação para melhor preservar os aspectos de qualidade pós-colheita. Nesse sentido, o armazenamento adequado é um dos pontos críticos para o sucesso da comercialização de frutos temperados.

2.3.1 1-Metilciclopropeno

A comercialização de maçãs de qualidade durante todo o ano é resultado de técnicas de armazenamento que envolvem o controle da temperatura e das concentrações de oxigênio (O_2) e CO_2 , bem como redução da síntese do etileno (C_2H_4) e da taxa respiratória, retardando o amadurecimento e a senescência dos frutos, além da redução da incidência de distúrbios fisiológicos e podridões (BRACKMANN et al., 2010).

Embora o etileno atue em praticamente todos os estádios do crescimento e de desenvolvimento das plantas, é conhecido, sobretudo, como o hormônio da maturação de frutas climatéricas e da senescência de flores (CHITARRA; CHITARRA, 2005), sendo responsável por desencadear uma série de

transformações bioquímicas que culminam no amadurecimento e na senescência dos frutos (LIEBERMAN, 1979).

A via de biossíntese do etileno foi descrita por Yang e Hoffman (1984). Nela, o aminoácido metionina, precursor biológico do etileno, é convertido em etileno pela via de biossíntese que compreende em dois passos. Na primeira reação, o S-adenosil-metionina (SAM) é convertido em ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) pela ação da enzima ACC sintase. O ACC é, então, metabolizado pela enzima ACC oxidase, por uma reação de oxidação que necessita de oxigênio e ferro, e que é ativada pelo CO₂ para produzir etileno (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

De acordo com Alexander e Grierson (2002), um aumento da síntese *de novo* da ACC oxidase pode estimular a via de biossíntese de etileno, com a produção de etileno induzindo posteriormente os genes da ACC sintase, o que resulta em ACC e na consequente produção de etileno. Barry, Llop-Tous e Grierson (2000) sugeriram que, mesmo se quantidades indetectáveis de etileno forem produzidas, elas podem ser suficientes para iniciar a cadeia ativando ACC sintase e possibilitando a transição do sistema 1 para o sistema 2 da via de biossíntese de etileno.

Conforme Ma et al. (2006), o etileno se liga aos receptores presentes na membrana do retículo endoplasmático, transmitindo um sinal fisiológico para a síntese de enzimas que atuarão nos processos bioquímicos característicos do amadurecimento, como degradação da parede celular e quebra da clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O 1-metilciclopropeno (1-MCP ou C₄H₆) é um composto volátil que atua como potente inibidor da ação do etileno (SEREK; SISLER; REID, 1995). Devido à instabilidade, à oxidação e a outras reações, o 1-MCP requer uma formulação especial para ser utilizado em ambientes comerciais (AGROFRESH, 2000). Nesta formulação comercial, ele é complexado com α -ciclodextrina para

formar um pó que proporciona um meio mais estável, conveniente e seguro para o armazenamento e o transporte, sendo o gás gerado quando a água é misturada com o pó solúvel (AMBAW et al., 2011).

O composto volátil 1-MCP, por possuir uma composição química semelhante ao etileno, liga-se permanentemente aos receptores de etileno do tecido de frutos de forma competitiva (BRACKMANN et al., 2010; BINDER; BLEECKER, 2003; HALL et al., 2000; SEREK; SISLER; REID, 1994), não transmite o sinal característico desse fito-hormônio e, desse modo, bloqueia sua ação na célula do fruto, retardando o amadurecimento (BLANKENSHIP; DOLE, 2003; SISLER; SEREK, 1997; WATKINS, 2006). Com isso, os frutos amadurecem mais lentamente, estendendo a vida útil pós-colheita, mantendo, assim, a qualidade por períodos mais longos de tempo (AMBAW et al., 2011; BLANKENSHIP; DOLE, 2003; HUBER, 2008; NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY, 1991; SISLER; SEREK, 1997, 2003; WATKINS, 2006).

Assim, a aplicação pós-colheita de 1-MCP pode manter a qualidade de maçãs (BRACKMANN et al., 2004b, 2005; CORRENT et al., 2004, 2005), inibir o desenvolvimento de algumas desordens fisiológicas que ocorrem durante a armazenagem deste fruto (ARGENTA; MATTHEIS; FAN, 2001), reduzir a incidência de podridões e distúrbios fisiológicos (FAN; MATTHEIS; BLANKENSHIP, 1999), além de demonstrar seu efeito positivo no potencial de conservação de frutas, provocando atrasos no amadurecimento e melhoria na retenção da firmeza (CORRENT et al., 2005; DEELL et al., 2002; FAN; MATTHEIS, 2001; FAN; MATTHEIS; BLANKENSHIP, 1999; MIR et al., 2001; SAFTNER et al., 2003; WATKINS; NOCK; WHITAKER, 2000). A absorção do etileno, durante o armazenamento de maçãs 'Gala', segundo Brackmann et al. (2003), permite a manutenção da firmeza de polpa, da acidez titulável e da cor de fundo da epiderme, além de diminuir a incidência de distúrbios fisiológicos.

Estudos indicaram que a resposta ao 1-MCP é em função do tipo de produto, maturidade, técnicas de aplicação, ambiente de exposição e ambiente de armazenamento (BLANKENSHIP; DOLE, 2003; NANTHACHAI et al, 2007). Variações também foram observadas na capacidade de absorção de diferentes tecidos do mesmo vegetal (CHOI; HUBER, 2009).

Sabe-se que, na ausência de etileno, os receptores não emitem sinais para a transdução da rota do etileno, no entanto, após a ligação do etileno, a resposta ocorre. Contudo, Kevany et al. (2007) forneceram evidências de que os receptores de etileno são rapidamente degradados na presença deste fito-hormônio e a detecção da expressão dos genes envolvidos na biossíntese de etileno em frutos tratados com 1-MCP, pode revelar uma melhor compreensão das suas propriedades e dos limites desse tratamento (GAMRASNI; BEN-ARIE; GOLDWAY, 2010).

Devido ao fato de o 1-MCP não apresentar toxicidade, ser ativo em concentrações muito baixas, ter seu resíduo desprezível e ser considerado não nocivo para seres humanos e para o meio ambiente, apresenta-se como uma nova ferramenta para manter a qualidade dos produtos hortícolas (LUO et al., 2007).

2.3.2 Irradiação gama

A irradiação de alimentos é o tratamento por energia, expondo-os a uma quantidade controlada de radiação ionizante, o que implica um tempo específico para obter objetivos desejáveis. Este processo tem sido estudado para melhorar a segurança dos alimentos desde a década de 1950 e trabalhos têm demonstrado que a irradiação de alimentos em baixas doses oferece vantagens para a indústria, os varejistas e os consumidores (PARK et al., 2010).

Dose de irradiação é a quantidade de energia absorvida pelo alimento quando passa através do campo de radiação durante o processamento. É medida utilizando-se uma unidade chamada Gray (Gy), que é igual a 1 joule de energia absorvida por quilograma de alimento sendo irradiado. A dose de 10 kGy equivale à energia calorífica requerida para aumentar a temperatura da água de 2,4°C. Assim, a irradiação é considerada como “pasteurização a frio”, visto que alcança o mesmo objetivo sem qualquer aumento substancial da temperatura do produto (FATOS..., 1999).

Independentemente do tempo durante o qual o alimento é exposto à radiação ou o quanto é absorvido de uma “dose” de energia, o processo não aumenta o nível normal de radioatividade do alimento. As fontes de radiação utilizadas na irradiação de alimentos são os radionuclídeos cobalto-60 ou césio-137, sendo o primeiro mais utilizado, produzido pelo bombardeamento com nêutrons em um reator nuclear do metal cobalto-59, então duplamente encapsulado em “lápiz” de aço inoxidável para impedir qualquer fuga durante seu uso em um irradiador (FATOS..., 1999). O cobalto-60 possui uma meia-vida de 5,3 anos; os raios gama produzidos são altamente penetrantes e são empregados para tratar embalagens com alimento fresco ou congelado. O césio-137 possui meia-vida de 30 anos, no entanto, quase não é usado.

A principal preocupação do homem ao longo dos séculos tem sido descobrir maneiras de prevenir a deterioração do alimento e controlar a infecção por microrganismos. Segundo Fatos... (1999), existem três categorias de aplicações, que são:

- a) irradiação de dose baixa (até 1 kGy): utilizada para inibição de brotamento, atraso na maturação, desinfestação de insetos e inativação de parasitas;

- b) irradiação de dose média (1 a 10 kGy): redução do número de microrganismos, redução do número ou eliminação de patógenos não formadores de esporos;
- c) irradiação de alta dose (acima de 10 kGy): redução do número de microrganismos ao ponto da esterilidade.

A escolha da dose ideal de irradiação para cada produto é particularmente importante para determinar as condições de desinfestação dos alimentos. Altas doses causam a morte rápida de pragas, mas aumentam os custos e podem causar mudanças não favoráveis na qualidade dos produtos irradiados (AZELMAT et al., 2006).

Para frutas e hortaliças, a irradiação emergiu como um método alternativo de conservação sem o uso de conservantes químicos (HUSSAIN et al., 2011). A radiação gama é eficaz na redução da contaminação por bactérias e bolores, para inativar patógenos nos produtos frescos e, principalmente, para retardar os processos de amadurecimento e de composição dos frutos (BASKARAN; DEVI; NAYAK, 2007; NIEMIRA et al., 2003; PRAKASH et al., 2000). Sendo assim, este processo é capaz de prolongar a vida útil, inibindo a senescência e garantindo a segurança microbiológica (BARI et al., 2004; DERUITER; DWYER 2002; FAN; ARGENTA; MATTHEIS, 2001; FARKAS, 1998; KAMAT et al., 2003, 2005; NIEMIRA, 2008; PRAKASH et al., 2000; SHASHIDHAR et al., 2007; THOMAS, 1986; ZHANG; LU; WANG, 2006). Ainda, o interesse pela utilização da irradiação tem aumentado nos últimos anos, devido à sua eficácia na eliminação de insetos e ao reforço da segurança alimentar (CIA et al., 2007; HALLMAN, 1999; THAYER; RAJKOWSKI, 1999) sem causar qualquer prejuízo aos alimentos, tornando-os mais seguros ao consumidor. Segundo DeRuiten e Dwyer (2002), o uso da radiação gama é eficaz tanto em células como em esporos.

Em outros estudos afirma-se que a irradiação em baixas doses tem sido utilizada para inativar *Listeria monocytogenes* em brócolis, repolho, tomate, broto de feijão e aipo picado (BARI et al., 2005; PRAKASH et al., 2000); *E. coli* O157: H7 em coentro, folhas de alface, espinafre e hortelã (HSU et al., 2010; NIEMIRA, 2007, 2008); *Salmonella* em rabanete, feijão (BARI et al., 2004), hortelã (HSU et al., 2010) e abacaxi minimamente processado (SHASHIDHAR et al., 2007) e *Listeria* e *Yersinia* em coentro (KAMAT et al., 2003) e cenouras cortadas (KAMAT et al., 2005).

Do mesmo modo, Park (2010), afirma que a irradiação é capaz de reduzir significativamente a população bacteriana nos alimentos em baixa dose (<10 kGy) sem efeitos adversos na qualidade e nas características sensoriais, no entanto, doses maiores são necessárias para garantir a segurança alimentar. Outros autores sugerem que doses de apenas 1 a 2 kGy são necessárias para reduzir bactérias patogênicas e prolongar a vida útil de produtos frescos, sem comprometer seus atributos sensoriais (BARI et al., 2004, 2005; PRAKASH et al., 2000).

Já Hussain et al. (2008) relataram que a dose de 0,4 kGy foi eficaz em estender a vida útil de frutos de maçã por 30 dias sob condição ambiente e Hsu et al. (2010) demonstraram que a qualidade visual de hortelã fresca não foi afetada por doses de 0,25 a 1 kGy. Baixas doses de irradiação parecem ser um método promissor para a melhoria da qualidade microbiológica sem comprometer seus atributos visuais e coloração.

Wani et al. (2008) revelaram que doses de raios gama de 1,5 a 1,7 kGy foram efetivas na manutenção da qualidade de peras durante o armazenamento à temperatura ambiente por até 14 dias. Além disso, essa mesma faixa de dose resultou em 8 dias de extensão de vida útil após 30 dias de refrigeração (25±2°C, UR, 70%). Hussain et al. (2010) afirmam que tratamentos combinados têm sido amplamente investigados, pois podem resultar em efeitos sinérgicos. A

irradiação gama em combinação com outros tratamentos (como calor, refrigeração e atmosfera modificada) pode diminuir o nível de contaminação microbiana e, conseqüentemente, melhorar a vida útil.

Segundo Hallman e Martinez (2001), as vantagens da irradiação sobre os demais métodos de tratamentos são: a radiação pode ser aplicada em poucos minutos; pode ser aplicada em produtos embalados; não há resíduo; atinge grande variedade de frutas e a eficácia não é afetada pelo tamanho do fruto. Já as desvantagens envolvem grande despesa inicial para as instalações e, embora as doses de irradiação provoquem a morte de insetos, alguns ainda podem ser encontrados vivos.

Plantas ou instalações industriais de irradiação de alimentos (Figura 2) precisam ser licenciadas, regulamentadas e inspecionadas pelas autoridades nacionais de segurança radiológica e de saúde (FATOS..., 1999). A principal diferença estrutural entre este tipo de instalação e qualquer outro edifício industrial é a blindagem de concreto (1,5-1,8 m de espessura) cercado a sala de irradiação, o que assegura que a radiação ionizante não escape para fora da sala. No caso de irradiador gama, a fonte de radionuclídeos continuamente emite radiação e, quando não estiver sendo usada para tratar alimentos, precisa ser armazenada em uma piscina funda, pois a água absorve a energia fazendo uma blindagem.

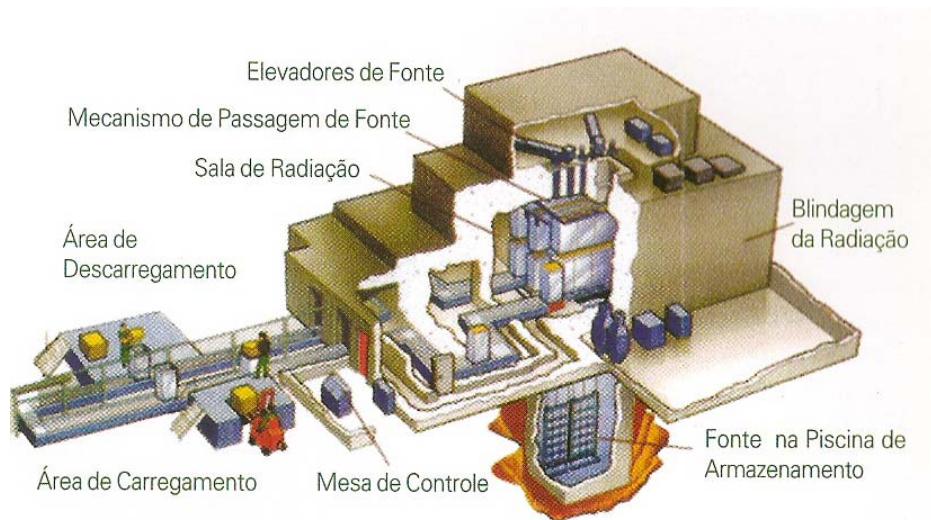


Figura 2 Irradiador gama para processamento de alimentos. Fonte: Fatos... (1999).

Assim, o método de conservação por irradiação mostra-se eficaz na conservação pós-colheita de muitos produtos perecíveis, sendo necessário, no entanto, a determinação da dose ideal capaz de trazer efeitos benéficos para a qualidade do produto e, conseqüentemente, benefícios para o produtor e o consumidor.

2.3.3 Atmosfera modificada

Para incrementar o efeito da baixa temperatura sobre a manutenção da qualidade dos frutos, pode-se fazer uso da atmosfera modificada (AM). Esta técnica vem sendo utilizada por pequenos e médios produtores como alternativa na conservação de produtos perecíveis, uma vez que exige baixo investimento e nível de tecnologia (BRACKMANN et al., 2004a).

A modificação na atmosfera é uma técnica de conservação utilizada para estender a vida pós-colheita e manter a qualidade de produtos vegetais (KADER, 2002), com o objetivo de criar uma atmosfera de equilíbrio ótima na embalagem,

suficiente para ser benéfica ao produto e não causar injúrias (ZAGORY; KADER, 1998). Cortez et al. (2002) afirma que o armazenamento em atmosfera modificada pode ser definido como o armazenamento em atmosfera com baixo teor de O₂ e alto teor de CO₂, em que as concentrações destes gases se estabelecem em função da atividade metabólica das frutas e hortaliças, permeabilidade das embalagens a esses gases e temperatura de armazenamento.

A atmosfera modificada, quando utilizada corretamente, torna-se eficiente em retardar o metabolismo e manter a qualidade do produto por períodos prolongados de armazenamento (CHEN; HERTOOG; BANKS, 2000). Este método de conservação permite a redução da taxa respiratória dos frutos, pois a combinação entre a respiração dos frutos e a permeabilidade do filme plástico aos gases provoca aumento dos níveis de CO₂ e diminuição das concentrações de O₂ no interior da embalagem. Com isso, os processos metabólicos são modificados, pois a energia necessária para mantê-los é afetada (HERTOOG; NICHOLSON; BANKS, 2001).

O aumento dos níveis de CO₂ e a redução dos níveis de O₂ podem retardar o amadurecimento dos frutos, reduzir a taxa de respiração e de produção de etileno, desacelerar várias alterações metabólicas ligadas ao amadurecimento, como amaciamento dos frutos (ZAGORY; KADER, 1998) e retardar o crescimento microbiano (CANTWELL, 1992), a perda de umidade e o escurecimento enzimático (SARANTÓPOULOS, 1997).

Segundo Kader (2002), quanto maior a relação entre as permeabilidades ao O₂ e ao CO₂, mais apropriado é o filme para a embalagem, pois isso impede que haja acúmulo excessivo de CO₂. Esse acúmulo, juntamente com uma redução excessiva de O₂, pode desencadear o metabolismo fermentativo e o desenvolvimento de sabor e aroma desagradável, além de deterioração da polpa (SONG; VORSA; YAM, 2002). Em atmosfera modificada isto é passível de ocorrer, pois não se conhecem com exatidão a taxa respiratória dos frutos e a

permeabilidade dos filmes poliméricos nas condições de armazenamento, não sendo possível prever os níveis de gases da atmosfera no interior da embalagem depois de determinado tempo de armazenamento (STEFFENS et al., 2007).

De forma geral, Lana e Finger (2000) afirmam que os efeitos sobre a respiração são considerados o fator determinante para o prolongamento da vida útil de frutas e hortaliças sob atmosfera modificada.

3 CONCLUSÃO

Os consumidores estão cada vez mais exigentes na busca de alimentos de qualidade para a obtenção de uma vida saudável. Dessa forma, é notável a importância da formação de recursos humanos nas áreas de fisiologia e tecnologia pós-colheita, promovendo o desenvolvimento de pesquisas nesta área. Assim, os estudos sobre conservação pós-colheita têm propiciado maior vida útil dos produtos com preservação da qualidade e diminuição de perdas. A maçã 'Eva', uma cultivar precoce, vem adquirindo espaço no mercado brasileiro por ser saborosa, com coloração atraente e ter a possibilidade de cultivo em climas das regiões sul e sudeste. Ainda, é importante reforçar a posição de destaque da fruticultura como atividade social de fixação do homem ao campo, caracterizando a agricultura familiar.

REFERÊNCIAS

AGROFRESH. (Philadelphia, PA). James Daly; Bob Kourelis. **Synthesis methods, complexes and delivery methods for the safe and convenient storage, transport and application of compounds for inhibiting the ethylene response in plants.** US n. PI 6017,849, 20 ago. 2000.

ALEXANDER, L.; GRIERSON, D. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 377, p. 2039-2055, Oct. 2002.

ALTISENT, R. et al. Regeneration of volatile compounds in fuji apples following ultra low oxygen atmosphere storage and its effect on sensory acceptability. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 18, p. 8490-8497, Sept. 2008.

AMBRAW, A. et al. Modeling the diffusion-adsorption kinetics of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in apple fruit and non-target materials in storage rooms. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 102, n. 3, p. 257-265, Feb. 2011.

ARGENTA, L. C.; MATTHEIS, J.; FAN, X. Retardamento da maturação de maçãs “Fuji” pelo tratamento com 1-MCP e manejo da temperatura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 270-273, ago. 2001.

AZELMAT, K. et al. Irradiation of ‘Bouffegous’ dates: effects on chemical composition during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 2, p. 217-222, Feb. 2006.

BARI, M. L. et al. Effectiveness of irradiation treatments in inactivating *Listeria monocytogenes* on fresh vegetables at refrigeration temperature. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 68, n. 2, p. 318-323, Feb. 2005.

_____. Irradiation to kill *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on ready-to-eat radish and mung beans prouts. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 67, n. 10, p. 2263-2268, Dec. 2004.

BARRY, C. S.; LLOP-TOUS, M. I.; GRIERSON, D. The regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene expression during the transition from system-1 to system-2 ethylene synthesis in tomato. **Plant Physiology**, Washington, v. 123, n. 3, p. 979-986, July 2000.

BASKARAN, R.; DEVI, A. U.; NAYAK, C.A. Effect of low dose gamma irradiation on the shelf life and quality characteristics of minimally processed potato cubes under modified atmosphere packaging. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 76, n. 6, p. 1042-1049, June 2007.

BINDER, B. M.; BLEECKER, A. B. A model for ethylene receptor function and 1-methylcyclopropene action. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 628, p. 177-187, 2003.

BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 1-25, Apr. 2003.

BRACKMANN, A. et al. Aplicação de 1-metilciclopropeno e absorção de etileno em maçã da cultivar 'Royal Gala' colhida tardiamente. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2074-2080, out. 2010.

_____. Armazenamento de maçã 'Gala' em atmosfera controlada com remoção de etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 647-670, jul./ago. 2003.

_____. Armazenamento de nêspersas (*Eriobotryia japonica*, Lindl.) cv. Mizuho em atmosfera modificada. **Revista Científica Rural**, Bage, n. 9, p. 18-24, 2004a.

_____. Qualidade da maçã cv. Gala tratada com 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 5, p. 1415-1420, set./out. 2004b.

_____. O resfriamento rápido e a rápida instalação da atmosfera controlada como substitutos do 1-MCP no armazenamento de maçã 'Gala'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 379-382, maio/jun. 2005.

CAMPO-DALL'ORTO, F.A.; OJIMA, M.; BARBOSA, W. Lançamento de cultivares de maçã Soberana, Marquesa, Centenária e Galícia. **O Agrônomo**, Campinas, v. 39, n. 2, p. 109-112, 1987.

CANTWELL, F. F. M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Davis: CRC, 1992. p. 277-281.

CHEN, X.; HERTOOG, M.L.A.T.M.; BANKS, N.H. The effect of temperature on gas relations in MA packages for capsicums (*Capsicum annuum* L., cv. Tasty):

an integrated approach. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 71-80, Aug. 2000.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CHOI, S. T.; HUBER, D. J. Differential sorption of 1-methylcyclopropene to fruit and vegetable tissues, storage and cell wall polysaccharides, oils, and lignins. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 52, n. 1, p. 62-70, Apr. 2009.

CIA, P. et al. Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 43, n. 3, p. 366-373, Mar. 2007.

CORRENT, A. R. et al. Efeito do 1-metilciclopropeno na conservação de maçãs 'Royal Gala' em ar refrigerado e atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 217-221, mar./abr. 2004.

_____. Uso do 1-metilciclopropeno no controle da maturação de maçãs cv. Royal Gala. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 207-210, mar./abr. 2005.

CORTEZ, L. A. B. et al. **Resfriamento de frutos e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2002. 428p.

CUNNINGHAM-RUNDLES, S. et al. Probiotics and immune response. **The American Journal of Gastroenterology**, New York, v. 95, p. S22-S25, 2000. Supplement.

CZELUSNIAK, C. et al. Qualidade de maçãs comerciais produzidas no Brasil: aspectos físico-químicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 25-31, 2003.

DEELL, J. R. et al. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 24, n. 3, p. 349-353, Apr. 2002.

DERUITER, F. E.; DWYER, J. Consumer acceptance of irradiated foods: dawn of a new era? **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 2, n. 2, p. 47-58, June 2002.

EBERHARDT, M. V.; LEE, C. Y.; LIU, R. H. Antioxidant activity of fresh apples. **Nature**, London, v. 405, n. 6789, p. 903-904, June 2000.

FAN, X.; ARGENTA, L.; MATTHEIS, J.P. Impact of ionizing radiation on volatile production by ripening Gala apple fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 1, p. 254-262, Jan. 2001.

FAN, X.; MATTHEIS, J.P. 1-Methylcyclopropene and storage temperature influence responses of 'Gala' apple fruit to gamma irradiation. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 23, n. 2, p. 143-151, Nov. 2001.

FAN, X.; MATTHEIS, J. P.; BLANKENSHIP, S. M. Development of apple superficial scald, soft scald, core flush, and greasiness is reduced by MCP. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, n. 8, p. 3063-3066, Aug. 1999.

FARKAS, J. Irradiation as a method for decontaminating food: a review. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 44, n. 3, p. 189-204, Nov. 1998.

FATOS sobre irradiação de alimentos. Belo Horizonte: CDTN, 1999. 46 p.

GAMRASNI, D.; BEN-ARIE, R.; GOLDWAY, M. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) application to *Spadonapears* at different stages of ripening to maximize fruit quality after storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 58, n. 2, p.104-112, Nov. 2010.

GIADA, M. L. R.; MANCINI FILHO, J. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. **Ciências Biológicas e da Saúde**, Ponta Grossa, v. 12, n. 4, p. 7-15, out./dez. 2006.

HALL, A. E. et al. Ethylene perception by the ERS1 protein in Arabidopsis. **Plant Physiology**, Washington, v. 123, n. 4, p. 1449-1457, Aug. 2000.

HALLMAN, G.L. Ionizing radiation quarantine treatments against tephritid fruit flies. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 93-106, June 1999.

HALLMAN, G. L.; MARTINEZ, L. R. Ionizing irradiation quarantine treatment against Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) in citrus fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 71-77, Sept. 2001.

HAUAGGE, R.; BRUCKNER, C.H. Macieira. In: BRUCKNER, C. H. (Org.). **Melhoramento de fruteiras de clima temperado**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 27-88.

HAUAGGE, R.; TSUNETTA, M. “IAPAR 75 - Eva”, “IAPAR 76 - Anabela” e “IAPAR 77 - Carícia”: novas cultivares de macieira com baixa necessidade em frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.21, n.3, p.239-242, maio/jun. 1999.

HERTOG, M. L. A. T. M.; NICHOLSON, S. E.; BANKS, N. H. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change in ‘Braeburn’ apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 23, n. 3, p. 175-184, Sept. 2001.

HSU, W. et al. Low-dose irradiation improves microbial quality and shelf life of fresh mint (*Mentha piperita*L.) without compromising visual quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 75, n. 4, p. 22-30, Apr. 2010.

HUBER, D. J. Suppression of ethylene responses through application of 1-methylcyclopropene: a powerful tool for elucidating ripening and senescence mechanisms in climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 43, n. 1, p. 106-111, July 2008.

HUBER, L.S.; HOFFMANN-RIBANI, R.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Quantitative variation in Brazilian vegetable sources of flavonols and flavones. **Food Chemistry**, Kidlington, v. 113, n. 4, p. 1278-1282, Apr. 2009.

HUSSAIN, P. R. et al. Carboxymethyl cellulose coating and low-dose gamma irradiation improves storage quality and shelf life of pear (*Pyrus Communis* L. Cv. Bartlett/William). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 75, n. 9, p. 86-96, Sept. 2010.

_____. Changes in quality of apple (*Malus domestica*) cultivars due to gamma irradiation and storage conditions. **Journal of Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 45, n. 1, p. 444-449, Jan. 2008.

_____. Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of red delicious apple. **Journal of Food Science and Technology**, Trivandrum, 2011. In press.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados agregados**: previsão de safra. Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?z=t&o=25&i=P>>. Acesso em: 10 fev. 2011a.

_____. **Banco de dados agregados:** produção agrícola municipal. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1613&z=p&o=24>>. Acesso em: 10 fev. 2011b.

JAIME, P.C. et al. Educação nutricional e consumo de frutas e hortaliças: ensaio comunitário controlado. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 154-157, fev. 2007.

KADER, A. A. Modified atmospheres during transport and storage. In: _____. **Postharvest technology of horticultural crops**. Davis: CRC, 2002. p. 135-144.

KAMAT, A. S. et al. Effect to flow-dose irradiation on shelf life and microbiological safety of sliced carrot. **Journal of Science and Food Agriculture**, London, v. 85, n. 13, p. 2213-2219, Oct. 2005.

_____. Potential application of low dose gamma irradiation to improve the microbiological safety of fresh coriander leaves. **Food Control**, Guildford, v. 14, n. 8, p. 529-537, Dec. 2003.

KEDAGE, V.V. et al. A study of antioxidant properties of some varieties of grapes (*Vitis vinifera*L.). **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Abingdon, v. 47, n. 2, p. 175-185, Mar. 2007.

KEVANY, B. M. et al. Ethylene receptor degradation controls the timing of ripening in tomato fruit. **The Plant Journal**, Oxford, v. 51, n. 3, p. 458-467, Aug. 2007.

LANA, M. M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada:** aplicação na conservação de produtos hortícolas. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia; EMBRAPA Hortaliças, 2000. 34p.

LIEBERMAN, M. Biosynthesis and action of ethylene. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 30, p. 533-591, 1979.

LITCH, T. R. et al. Effects of apples and specific apple components on the cecal environment of conventional rats: role of apple pectin. **BMC Microbiology**, Bethesda, v. 10, n. 1, p. 13-17, Jan. 2010.

- LIU, R. H.; LIU, J.; CHEN, B. Apples prevent mammary tumors in rats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 6, p. 2341-2343, Mar. 2005.
- LUNARDI, R. et al. Suculência e solubilização de pectinas em maçãs ‘Gala’, armazenadas em atmosfera controlada, em dois níveis de umidade relativa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 743-747, maio/jun. 2004.
- LUO, Z. S. et al. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on lignification of postharvest bamboo shoot. **Food Chemistry**, London, v. 105, n. 2, p. 521-527, Feb. 2007.
- MA, B. et al. Subcellular localization and membrane topology of the melon ethylene receptor CmERS1. **Plant Physiology**, Washington, v. 141, n. 2, p. 587-597, June 2006.
- MANACH, C. et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 79, n. 5, p. 727-747, Sept. 2004.
- MATTILA-SANDHOLM, T. et al. Technological challenges for future probiotic foods. **International Dairy Journal**, Barking, v. 12, n. 2/3, p. 173-182, June 2002.
- MIR, N. A. et al. Harvest maturity, storage temperature, and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chlorophyll fluorescence of ‘Redchief Delicious’ apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 126, p. 618-624, 2001.
- NANTHACHAI, N. et al. Absorption of 1-MCP by fresh produce. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 43, n. 3, p. 291-297, Jan. 2007.
- NIEMIRA, B. A. Irradiation compared with chlorination for elimination of *Escherichia coli* O157:H7 internalized in lettuce leaves: influence of lettuce variety. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 5, p. 208-213, May 2008.
- _____. Relative efficacy of sodium hypochlorite wash versus irradiation to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 internalized in leaves of Romaine lettuce and baby spinach. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 70, n. 11, p. 2526-2532, Nov. 2007.

NIEMIRA, B. A. et al. Ionizing radiation sensitivity of *Listeria monocytogenes* and *L. innocua* inoculated on endive (*Cichorium endive*). **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 66, n. 6, p. 993-998, June 2003.

NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY (Raleigh). Edward C. Sisler; Sylvia M. Blankenship. **Methods of counteracting an ethylene response in plants**. US n. PI 5518,988, 1 abr. 1991.

PAGANINI, C. et al. Análise da aptidão industrial de seis cultivares de maçãs, considerando suas avaliações físico-químicas: dados da safra 2001/2002. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1336-1343, nov./dez. 2004.

PARK, J. G. et al. Effects of gamma irradiation and electron beam irradiation on quality, sensory, and bacterial populations in beef sausage patties. **Meat Science**, Barking, v. 85, n. 2, p. 368-372, June 2010.

POMMER, C. V.; BARBOSA, W. The impact breeding on fruit production in warm climates of Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 612-634, mar./abr. 2009.

PRAKASH, A. et al. Effect of low dose gamma irradiation and conventional treatments on shelf life and quality characteristics of diced celery. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 6, p. 1070-1075, June 2000.

RAFTER, J. Probiotics and colon cancer. **Best Practice & Research Clinical Gastroenterology**, London, v. 17, n. 5, p. 849-859, Oct. 2003.

RASTALL, R. A. et al. Modulation of the microbial ecology of the human colon by probiotics prebiotics and synbiotics to enhance human health: an overview enabling science and potential applications. **FEMS Microbiology Ecology**, Amsterdam, v. 52, n. 2, p. 145-152, Apr. 2005.

RIZZON, L. A.; BERNARDI, J.; MIELE, A. Características analíticas dos sucos de maçã Gala, Golden Delicious e Fuji. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p.750-756, out./dez. 2005.

SAFTNER, R. A. et al. Effects of 1-methylcyclopropene and heat treatments on ripening and postharvest decay in 'Golden Delicious' apples. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 128, n. 1, p. 120-127, Jan. 2003.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. I. Especificações para embalagens de vegetais minimamente processados (fresh-cut). **Boletim Técnico do Centro Tecnológico de Embalagens**, Campinas, v. 9, n. 5, p. 8-9, set./out. 1997.

SEMBRIES, S. et al. Physiological effects of extraction juices from apple, grape, and red beet pomaces in rats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 26, p. 10269-10280, Dec. 2006.

SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. 1-methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 394, p. 337-345, 1995.

_____. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effects in potted flowering plants. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 6, p. 1230-1233, May 1994.

SHASHIDHAR, R. et al. Effectiveness of radiation processing for elimination of Salmonella Typhimurium from minimally processed pineapple (*Ananas comosus* Merr.). **Journal of Food and Science**, Chicago, v. 72, n. 3, p. 98-101, 2007.

SHOJI, T.; AKAZOME, Y.; IKEDA, K. M. The toxicology and safety of apple polyphenol extract. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 42, n. 6, p. 959-967, June 2004.

SISLER, E. C.; SEREK, M. Compounds interacting with the ethylene receptor in plants. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 5, n. 5, p. 473-480, Sept. 2003.

_____. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 100, n. 3, p. 577-582, July 1997.

SONG, Y.; VORSA, N.; YAM, K.L. Modeling respiration: transpiration in a modified atmosphere packaging system containing blueberry. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 53, n. 2, p. 103-109, June 2002.

STEFFENS, C. A. et al. Taxa respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 313-321, mar. 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

THAYER, D. W.; RAJKOWSKI, K. T. Developments in irradiation of fruits and vegetables. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 53, n. 11, p. 62-65, Nov. 1999

THOMAS, P. Radiation preservation of foods of plant origin: part V, temperate fruits: pome fruits, stone fruits, and berries. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 24, n. 4, p. 357-400, 1986.

TSAU, R. et al. Which polyphenol compounds contribute to the total antioxidant activities of apple. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 12, p. 4989-4995, Dec. 2005.

TURNBAUGH, P. J. et al. An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. **Nature**, London, v. 444, n. 1, p. 1027-1031, Dec. 2006.

VASQUES, A. R. et al. Avaliação sensorial e determinação de vida-de-prateleira de maçãs desidratadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 1-7, 2006.

WANI, A. M. et al. Effect of gamma irradiation and refrigerated storage on the improvement of quality and shelf-life of pear (*Pyrus communis* L., Cv. Bartlett/William). **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 77, n. 8, p. 983-989, Aug. 2008.

WATKINS, C. B. The use of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 24, n. 4, p. 389-409, July/Aug. 2006.

WATKINS, C. B.; NOCK, J. F.; WHITAKER, D. B. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 19, n. 1, p. 17-32, Jan. 2000.

WILLETT, W. C. Balancing life-style and genomics research for disease prevention. **Science**, New York, v. 296, n. 5568, p. 695-698, Apr. 2002.

WOLFE, K.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant activity of apple peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.53, n. 3, p.609-614, Jan. 2003.

WORLD APPLE AND PEAR ASSOCIATION. **Country report**. Brussels, 2009. Disponível em: <http://www.wapa-association.org/asp/page_1.asp?doc_id=448>. Acesso em: 12 fev. 2011.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 35, p. 155-189, Sept. 1984.

ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, Chicago, v. 42, n. 9, p. 70-77, Sept. 1998.

ZHANG, L.; LU, Z.; WANG, H. Effect of gamma irradiation on microbial growth and sensory quality of fresh-cut lettuce. **International Journal of Food and Microbiology**, Amsterdam, v. 106, n. 3, p. 348-351, Feb. 2006.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

**NOTA - CARACTERIZAÇÃO DE MAÇÃS CV. EVA
PRODUZIDAS EM MINAS GERAIS**

Nota técnica submetida à Revista Ciência Rural, sendo apresentada
segundo suas normas de publicação.

RESUMO

A maçã 'Eva', uma cultivar precoce com baixa necessidade de períodos de frio, tem apresentado um crescimento linear de produtividade no estado de Minas Gerais. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar as maçãs da cultivar Eva produzidas em Minas Gerais, dando ênfase aos seus atributos físicos e físico-químicos. Analisaram-se as variáveis peso, diâmetro, altura, firmeza de polpa, sólidos solúveis totais, acidez titulável, pH, coloração, açúcares solúveis totais, açúcares redutores e não redutores e composição centesimal. Pode-se observar que a cultivar Eva assemelha-se à 'Gala' em tamanho e tem ótimas características de qualidade. Por ser doce e levemente acidulada, mostra-se ideal para o consumo ao natural.

Palavras-chave: *Malus* sp., pós-colheita, qualidade.

ABSTRACT

The apple Eva, an early variety with low need for periods of cold, has shown a linear growth of productivity in the state of Minas Gerais. This study aimed to characterize the apples of the cultivar Eva emphasis on their physical attributes and physical-chemical. Was analyzed the following variables: weight, height, firmness, soluble solids, acidity, pH, color, soluble sugars, reducing sugars and non reducing sugars and composition. It can be observed that the cultivar Eva in size resembles Gala and has excellent quality characteristics. Being sweet and slightly acidulated, seems ideal for natural consumption.

Key words: *Malus p.*, postharvest, quality

No Brasil, a pomicultura tem apresentado crescimento linear e gradativo, tendo os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul concentrado grande parte da produção brasileira de maçãs. Minas Gerais tem a menor participação porque as cultivares mais produzidas no Brasil (Gala e Fuji) não se adaptaram ao clima e solo do estado.

A cultivar IAPAR 75-Eva foi lançada no mercado a partir de um programa de melhoramento de maçãs, iniciado em 1979, desenvolvido pelo Instituto Agrônomo do Paraná (HAUAGGE & BRUCKNER, 2002). Produzida a partir do cruzamento entre as cultivares Anna e Gala, 'Eva' é uma cultivar precoce e com baixa necessidade por períodos de frio (no máximo 350 horas por ano). Por isso, está sendo cultivada em microrregiões do sudeste e nordeste do Brasil, sendo capaz de produzir frutos com qualidade (HAUAGGE & TSUNETTA, 1999).

Esta cultivar é altamente produtiva, podendo chegar até a 100 toneladas por hectare em áreas do estado do Paraná. Semelhante à cultivar Gala na aparência, é um fruto bicolor que pesa em torno de 120-160 g, doce com acidez equilibrada. No entanto, a composição química da maçã depende de fatores naturais dos locais onde estão instalados os pomares (tais como solo, clima) e de fatores agrônômicos de produção (tratos culturais, adubações, tratamentos fitossanitários, épocas de colheita) que, basicamente, podem afetar os fatores físico-químicos de qualidade (RIZZON et al., 2005).

A procura por variedades resistentes a doenças e com boas características agrônômicas e tecnológicas tem colocado à disposição de produtores grande diversidade de cultivares de maçã. Entretanto, poucos estudos mostram o comportamento da cultivar Eva nas diferentes regiões, tornando-se necessários estudos para se conhecer melhor esta cultivar. Por isso, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar o fruto da macieira 'Eva',

uma maçã pouco estudada que está sendo comercializada com sucesso no estado de Minas Gerais, dando ênfase aos seus atributos físicos e físico-químicos.

Maçãs da cultivar Eva utilizadas neste trabalho foram colhidas em pomar comercial localizado em Barbacena, MG, durante a safra 2009/10. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças da Universidade Federal de Lavras, onde foram sanitizadas com hipoclorito de sódio 100 mg.L^{-1} por 10 minutos e, posteriormente, selecionadas quanto à aparência e à ausência de injúrias e podridões. Os frutos foram separados em 6 repetições, sendo as unidades experimentais compostas por 5 frutos e armazenados em câmara fria à temperatura de $0,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$, até o dia das análises.

As variáveis analisadas foram: massa, em gramas; diâmetro transversal e longitudinal, em centímetros; firmeza de polpa, obtida por penetrômetro Magness-Taylor; teor de sólidos solúveis totais, determinados com auxílio de um refratômetro manual com correção de temperatura; acidez titulável, pela titulação de 5 mL de suco em água destilada na presença de 3 gotas de fenolftaleína, com solução de NaOH 0,1N até pH 8,2; ponto de virada de cor (AOAC, 1998); pH, avaliado por potenciometria; cor de fundo da epiderme, determinada com um colorímetro, marca Minolta, pelo sistema tridimensional de cores CIE $L^*a^*b^*$; açúcares solúveis totais de acordo com o método de Somogyi, adaptado por NELSON (1944) e composição centesimal segundo AOAC (1998).

As características de qualidade de frutos são resultantes da interação de diversos fatores tanto da pré como da pós-colheita e envolvem aparência (tamanho, forma, cor), textura, sabor e valor nutritivo. Dessa forma, os resultados das análises físicas e físico-químicas determinadas em maçãs da cultivar Eva na safra 09/10 estão apresentados na Tabela 1. Pode-se afirmar que a cultivar Eva produz frutos de tamanho médio com valores semelhantes aos

apresentados por BENDER & LUNARDI (2001) em estudo com frutos da cultivar Gala, produzida em Santa Catarina.

Tabela 1. Composição física e físico-química de maçãs cultivar Eva produzidas em Minas Gerais.

Análises	Média	Desvio padrão	Erro
Massa (g)	119,72	0,94	±0,54
Diâmetro transversal (cm)	20,17	0,75	±0,43
Diâmetro longitudinal (cm)	22,33	0,41	±0,24
Firmeza (N)	47,4	2,27	±1,31
pH	3,60	0,11	±0,06
AT (%)	0,55	0,03	±0,02
SST (°Brix)	13,58	0,73	±0,42
°Brix/AT	24,70	2,05	±1,18
Açúcares solúveis totais (g 100g ⁻¹)	10,51	1,48	±0,85
Açúcares não redutores (g 100g ⁻¹)	3,76	1,60	±0,92
Açúcares redutores (g 100g ⁻¹)	6,55	0,21	±0,12
L*	74,74	1,65	±0,95
a*	-5,70	0,88	±0,51
b*	39,45	1,11	±0,64
Croma	40,37	0,84	±0,49
Hue	98,25	1,45	±0,84

Apesar de os valores de firmeza variarem muito em função de diferentes períodos de maturação, cultivares, regiões e estações do ano, a média obtida de maçãs 'Eva' sem casca foi de 47 N. O valor médio de pH encontrado, 3,60, está dentro da média definida para maçãs. Para maçãs 'Royal Gala', os valores de acidez titulável situam-se em torno de 0,35% (CORRENT et al., 2005); já a cultivar Eva apresenta-se como um fruto mais ácido, por ter sua acidez em torno de 0,55% de ácido málico.

Os teores de sólidos solúveis totais atestam o grau de maturação das frutas com baixa variabilidade. Para maçãs 'Eva', o valor médio obtido foi de 13,5° Brix; já CORRENT et al. (2005) apresentam valores de 14° Brix para a cultivar Royal Gala. A fim de melhor discriminar a maçã 'Eva', calculou-se a razão entre o teor de sólidos solúveis totais expressos em graus Brix e a acidez total titulável. Essa razão ajuda a separar matérias-primas industriais das frutas de interesse comercial, respeitando-se o valor limite de 20 (CZELUSNIAK et al., 2003). Assim, as maçãs da cultivar Eva apresentaram o valor de 24, mostrando-se interessante do ponto de vista comercial, sendo frutos doces levemente acidulados.

A determinação de açúcares solúveis totais apresentou resultado médio de 10,51 g 100g⁻¹; os açúcares redutores, predominantes na maçã, 6,55 g 100g⁻¹ e os açúcares não redutores em menor quantidade, o que é confirmado por diferentes autores (CZELUSNIAK et al., 2003; PAGANINI et al., 2004; NOGUEIRA et al., 2006).

Com relação à coloração de fundo, as variáveis a* (cores do verde ao vermelho) e b* (cores do azul ao amarelo) mostraram frutos no início do processo de maturação levemente verdes e amarelados. Já o chroma, que avalia a intensidade ou saturação da cor, apresentou valor de 40 e o ângulo Hue confirma a presença de frutos com cor de fundo amarela, pois, quanto mais próximo de 90°, mais o produto é tido como amarelo.

Na Tabela 2 são apresentados os valores obtidos na composição centesimal da maçã cultivar Eva. Observa-se que ela apresenta valor considerável de fibra bruta.

Tabela 2. Composição centesimal de maçãs cultivar Eva.

Análises	Média	Desvio padrão	Erro
Umidade (%)	84,64	0,28	±0,15
Extrato etéreo (%)	0,36	0,05	±0,03
Proteína bruta (%)	0,49	0,009	±0,005
Fibra bruta (%)	1,12	0,08	±0,04
Cinza (%)	0,21	0,044	±0,02
Fração glicídica	13,17	0,20	±0,11

A busca por cultivares que se adaptem bem ao manejo, sejam resistentes a doenças e que tenham boa aceitação em relação a seus atributos sensoriais está em constante desenvolvimento. Por meio dos parâmetros analisados neste trabalho, pode-se sugerir o consumo *in natura* da maçã ‘Eva’ produzida em Minas Gerais, por apresentar alta qualidade e características interessantes capazes de agradar aos consumidores brasileiros.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTRY. Official methods of the Association of the Agricultura Chemists. Washington, DC, 1094p, 1998.

BENDER, R. J.; LUNARDI, R. Perdas qualitativas de maçãs cv. Gala em armazenamento refrigerado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal,

v.23, n.3, p. 563-567, dez. 2001. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v23n3/8026.pdf>> Acesso em 11 mar. doi:
10.1590/S0100-29452001000300023.

CORRENT, A.R.; PARUSSOLO, A.; GIRARDI, C.L.; ROMBALDI, C.V. Uso do 1-metilciclopropeno no controle da maturação de maçãs cv. Royal Gala.

Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.27, n.2, p.207-210, 2005.

Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v27n2/a06v27n2.pdf>>. Acesso em: 15 fev 2011. doi: 10.1590/S0100-29452005000200006.

CZELUSNIAK, C.; OLIVEIRA, M.C.S.; NOGUEIRA, A.; SILVA, N.C.C.; WOSIACKI, G. Qualidade de maçãs comerciais produzidas no Brasil: aspectos físicos-químicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.6, p.25-31, 2003. Disponível em:

<<http://bj.ital.sp.gov.br/artigos/html/busca/PDF/v6nu109p.pdf>>. Acesso em: 12 mar 2010.

HAUAGGE, R.; BRUCKNER, C. H. **Macieria**. In: Claudio H. Bruckner. (Org.). Melhoramento de fruteiras de clima temperado. 1 ed. Viçosa: UFV, 2002, p. 27-88.

HAUAGGE, R.; TSUNETTA, M. “IAPAR 75 – Eva”, “IAPAR 76 – Anabela” e “IAPAR 77 – Carícia” – Novas cultivares de macieira com baixa necessidade em frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.21, n.3, p.239-242, 1999. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scieloOrg/php/reflinks.php?refpid=S0100-29452006000100035&pid=S0100-29452006000100035&Ing=en> > Acesso em 06 abr 2011.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.135, p.136-175, 1944. Disponível em:

<<http://www.jbc.org/content/153/2/375.full.pdf>> Acesso em 06 abr 2011.

NOGUEIRA, A.; BISCAIA, I.; WIECHETECK, F. V. B.; DENARDI, F.; WOSIACKI. Avaliação físico-química e tecnológica do suco de sete cultivares de macieira. **Semina: Ciências Agrárias**, v.27, n.1, p.89-98, 2006. Disponível em: <<http://ri.uepg.br:8080/riuepg/handle/123456789/246>> Acesso em 17 abr 2011.

PAGANINI, C.; NOGUEIRA, A.; DENARDI, F.; WOSIACKI, G. Análise da aptidão industrial de seis cultivares de maçãs, considerando suas avaliações físico-químicas (dados da safra 2001/2002). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 6, p. 1336-1343, Nov/dez, 2004. Disponível em:

<www.scielo.br/pdf/cagro/v28n6/a16v28n6.pdf> Acesso em 04 mai. doi:

10.1590/S1413-70542004000600016

RIZZON, L. A.; BERNARDI, J.; MIELE, A. Características analíticas dos sucos de maçã Gala, Golden delicious e Fuji. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 750-756, Out/Dez. 2005. Disponível em: <

<http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n4/27646.pdf>> Acesso em 06 abr. doi:

10.1590/S0101-20612005000400020.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos órgãos de fomento à pesquisa FAPEMIG e CAPES, pelo apoio financeiro recebido para o desenvolvimento deste trabalho e ao Sítio Camará pelo apoio durante a execução do projeto.

**ARTIGO 1 EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES
DOSES DE 1-METILCICLOPROPENO NO
ARMAZENAMENTO PÓS-COLHEITA DE MAÇÃ CV.
EVA**

Artigo submetido à Revista Brasileira de Fruticultura, sendo apresentado segundo suas normas de publicação.

RESUMO

O estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a eficiência do controle do etileno com o uso de diferentes doses de 1-MCP ao longo do armazenamento refrigerado de maçãs da cultivar Eva. Após a aplicação dos tratamentos com diferentes doses de 1-MCP (0, 10, 50, 100 e 500 mg L⁻¹), os frutos foram armazenados em câmara fria 0,5±0,5°C, por 135 dias. As propriedades físicas e físico-químicas, avaliadas a cada 45 dias de período experimental, foram: atividade respiratória, produção de etileno, firmeza de polpa, perda de massa, relação brix/acidez e coloração de fundo da epiderme (L*, C e h°). O armazenamento refrigerado, juntamente com a aplicação de 1-MCP, resultou em uma menor produção de etileno, principalmente nos frutos tratados com as doses de 10, 50 e 100 mg L⁻¹. A firmeza de polpa apresentou diferença entre os tempos de armazenamento, não se diferenciando entre os tratamentos. O parâmetro C de cor identificou frutos com cor mais intensa aos 135 dias de armazenamento e o ângulo hue mostrou que, quando tratados com a dose de 500 mg L⁻¹, os frutos apresentaram menos amarelados, evidenciado melhor ação do 1-MCP em baixas concentrações. Frutos que não foram submetidos aos tratamentos apresentaram maior relação Brix/acidez, demonstrando, assim, maior atividade metabólica.

Termos para Indexação: qualidade, etileno, armazenamento, coloração

Effect of Application of Different Doses of 1-methylcyclopropene in Post-harvest storage of apple cv. Eva

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the control efficiency for ethylene using different doses of 1-MCP during the cold storage of apple cultivar Eva. After application of treatments with different doses of 1-MCP (0, 10, 50, 100 and 500 mg L⁻¹), fruits were stored in cold 0.5 °C (± 0.5) for 135 days. The physical and physico-chemical data were evaluated at 45 days of experimental period, were: respiratory activity, ethylene production, firmness, weight loss, the brix/acidity and background staining of the epidermis (L *, C, h°). The cold storage together with the application of 1-MCP resulted in a lower production of ethylene in fruits treated with doses of 10, 50 and 100 mg L⁻¹. The firmness was different between the storage times, no difference between treatments. The parameter C identified color fruit with more intense color to the 135 days of storage and hue angle showed that when treated with a dose of 500 mg L⁻¹, the fruits showed more red, evidenced best action of 1-MCP at low concentrations. Were not submitted to treatment showed higher brix/acidity, thus showing high metabolic activity.

Index Terms: quality, ethylene, storage, color

INTRODUÇÃO

Desenvolvida em 1979, a maçã 'Eva' é uma cultivar que tem apresentado um aumento potencial de produtividade, com frutos que pesam em torno de 120-160 g, doces, com acidez equilibrada e de alta qualidade (Hauagge & Tsuneta, 1999). É uma cultura que tem baixa necessidade de períodos de frio (no máximo 350 horas por ano), ideal para áreas subtropicais sendo, por isso, cultivada em microrregiões do sudeste e nordeste do Brasil, como o estado de

Minas Gerais. Por ser uma cultivar precoce, a colheita de maçãs 'Eva', geralmente, ocorre entre os meses de novembro e janeiro, o que facilita a sua comercialização. Com essas características, alternativas de conservação tornam-se imprescindíveis para a manutenção dos atributos de qualidade. Sendo assim, o 1-metilciclopropeno torna-se uma boa alternativa.

O composto volátil 1-MCP, por possuir composição química semelhante à do etileno, liga-se permanentemente aos receptores de etileno do tecido de frutos de forma competitiva (Hall et al, 2000; Brackmann et al., 2010), impedindo a ação do etileno (Sisler & Serek, 1997; Blankenship & Dole, 2003; Watkins, 2006). Com isso, os frutos amadurecem mais lentamente, estendendo a sua vida útil pós-colheita, mantendo, assim, a qualidade dos frutos e produtos hortícolas por períodos mais longos de tempo (Blankenship & Dole, 2003; Sisler & Serek, 1997, 2003; Watkins, 2006; Huber, 2008, Ambaw et al., 2011).

Assim, a aplicação pós-colheita de 1-MCP pode manter a qualidade de maçãs (Brackmann et al., 2004; 2005; Corrent et al., 2004; 2005), inibir o desenvolvimento de algumas desordens fisiológicas que ocorrem durante o armazenamento deste fruto (Argenta et al., 2001), reduzir a incidência de podridões e distúrbios fisiológicos, além de demonstrar seu efeito positivo no potencial de conservação de frutas, provocando atrasos no amadurecimento e melhoria na retenção da firmeza (Watkins et al., 2000; Mir et al., 2001; Fan & Mattheis, 2001; DeEll et al., 2002; Saftner et al., 2003; Corrent et al., 2005). No entanto, estudos indicaram que a resposta ao 1-MCP ocorre em função do tipo de produto, da maturidade, das técnicas de aplicação, do ambiente de exposição e do ambiente de armazenamento (Blankenship & Dole, 2003; Nanthachai et al, 2007; Qiu et al 2009). Variações também foram observadas na capacidade de absorção de diferentes tecidos do mesmo vegetal (Choi & Huber, 2009).

Devido ao fato de o 1-MCP não apresentar toxicidade, ser ativo em concentrações muito baixas, ter seu resíduo desprezível e ser considerado não

nocivo para seres humanos e para o meio ambiente, apresenta-se como uma nova ferramenta para manter a qualidade dos produtos hortícolas (Luo et al., 2007).

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a eficiência do controle do etileno e a extensão da vida útil de maçãs da cultivar Eva com o uso de diferentes doses de 1-MCP ao longo do armazenamento refrigerado.

MATERIAL E MÉTODOS

Maçãs cultivar Eva foram adquiridas em pomar comercial localizado em Barbacena, MG, durante a safra 2009/10. As amostras foram sanitizadas com hipoclorito de sódio 100 mg.L^{-1} , por 10 minutos e, posteriormente, selecionadas quanto à aparência e à ausência de injúrias e podridões.

Para a montagem do experimento, foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 5 repetições por tratamento e unidade experimental composta por 5 frutos. Os tratamentos utilizados envolveram doses de 0, 10, 50, 100 e 500 mg L^{-1} de 1-MCP. Como fonte deste produto foi utilizada uma formulação em pó contendo 0,14% de 1-MCP. Depois de calculada cada concentração necessária para os devidos tratamentos, elas foram solubilizadas individualmente em água à temperatura ambiente em recipientes hermeticamente fechados, nos quais a água foi inserida por seringa e, posteriormente, cada solução foi transferida para tubos de ensaio acondicionados juntamente com os frutos em caixas de isopor com volume de 80 litros, com imediato fechamento. Os frutos ficaram expostos ao tratamento por 12 horas, à temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{ C}$.

Antes da aplicação dos tratamentos, cinco amostras de seis frutos foram analisadas para determinar a condição inicial médias das maçãs, e os frutos apresentavam firmeza de polpa de 47,36 N (sem casca), sólidos solúveis totais de 11,5° Brix, acidez titulável de 0,436% de ácido málico e cor de fundo da

epiderme com valor de L^* igual a 77,29, chroma de 40,3 e ângulo Hue de $99,78^\circ\text{H}$. Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram colocados em bandejas e armazenados em câmara fria à temperatura de $0,5\pm 0,5^\circ\text{C}$, durante 135 dias. As propriedades físicas e físico-químicas foram avaliadas a cada 45 dias do período experimental.

Para análise de atividade respiratória e produção de etileno, em cada período experimental, os frutos foram colocados em frascos de 820 mL, os quais foram hermeticamente fechados durante 1 hora e mantidos na mesma temperatura de armazenamento. Após este período, foram retiradas as amostras de gases para a atividade respiratória e etileno por meio de um septo de silicone existente na tampa do frasco. O teor de CO_2 foi determinado diretamente no frasco com o auxílio de um analisador de gases PBI Dansensor Modelo 9900 e os resultados expressos em $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Para a determinação de etileno, alíquotas do gás foram retiradas em tubos a vácuo de 10 mL. Por meio de uma seringa, retirou-se 1 mL de amostra dos tubos para injeção em cromatógrafo gasoso Modelo Varian Chrompack CP-3800 equipado com detector de ionização de chamas e nas seguintes condições: coluna empacotada Porapak Q; temperatura do injetor 250°C ; temperatura do detector 280°C ; programação da coluna com temperatura inicial de 90°C , sendo a temperatura da coluna acrescida após 4,5 minutos a uma taxa de 100°C a cada minuto até atingir 220°C para limpeza da coluna e gás de arraste nitrogênio, com fluxo e pressão da coluna de 20 mL min^{-1} e 0,1 psi, respectivamente. Os resultados foram expressos em μL de etileno $\text{g}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

A coloração de fundo da epiderme foi medida nos lados opostos do fruto com auxílio de um colorímetro Minolta CR 400, no modo CIE L^*a^*b . A coordenada L^* representa quanto mais clara ou mais escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca); o chroma avalia a intensidade ou a saturação da cor e o ângulo Hue mostra a localização

da cor em um diagrama, em que o ângulo 0° representa vermelho puro, 90° amarelo puro, 180° verde puro e 270° o azul.

A firmeza foi determinada individualmente no fruto inteiro na região equatorial, com auxílio de um penetrômetro Magness-Taylor, com sonda de 5/6 polegadas de diâmetro. Os resultados foram expressos em Newtons (N).

A perda de massa foi avaliada pesando-se os frutos em balança semianalítica. Os resultados foram expressos em porcentagem, considerando-se a diferença entre a massa inicial dos frutos e aquela obtida a cada intervalo de tempo de amostragem.

O marcador de qualidade (Brix/acidez) foi obtido pela divisão dos valores de sólidos solúveis totais em °Brix pelo teor de acidez total titulável expresso em porcentagem do ácido málico.

Os resultados foram submetidos à análise da variância, sendo as médias comparadas entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade respiratória apresentou diferença significativa entre os tempos de armazenamento para todos os frutos submetidos aos tratamentos com diferentes doses de 1-MCP (Tabela 1). Aos 90 dias de armazenamento em câmara refrigerada, os frutos apresentaram maior liberação de CO₂ por quilograma por hora, em relação ao dia 135. Mesmo com uma menor taxa respiratória aos 90 dias de armazenamento, os frutos controle apresentaram elevada produção de etileno, mostrando plena atividade metabólica, que decaiu aos 135 dias pós-colheita, devido, provavelmente, ao fim do climatério e ao início do período de senescência.

Para os frutos tratados com as doses de 10 e 50 mg L⁻¹, a produção de etileno (Tabela 1) aumentou com o período de armazenamento, não apresentando queda característica de frutos climatéricos ao se aproximar do final

do estudo. Este fato evidencia a atividade do 1-MCP que se liga permanentemente aos receptores de etileno, impedindo sua liberação (Hall et al., 2000; Brackmann et al., 2010). Com o passar do tempo, novos sítios de ligação são formados e, dessa forma, há o aumento da produção de etileno e promoção de uma série de reações ligadas ao amadurecimento (Chitarra & Chitarra, 2005).

Tabela 1-Respiração e produção de etileno em maçã cv. Eva, durante 45, 90 e 135 dias de armazenamento refrigerado a 0,5°C, em função da aplicação de 1-MCP em diferentes doses no início do armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Doses de 1-MCP (mg L ⁻¹)	Respiração (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)			Produção de etileno (μL g ⁻¹ h ⁻¹)		
	Dias de armazenamento			Dias de armazenamento		
	45	90	135	45	90	135
0	*ND Aa	14,0 Ba	10,5 Aa	1.476 Ab	12.507 Aa	4.199 Ab
10	ND Ab	35,6 Aa	10,8 Ab	839 Ab	4.152 Cb	6.367 Aa
50	ND Ab	32,2 Aa	10,8 Ab	168 Ab	2.863 Cb	4.402 Aa
100	ND Ab	21,4 Aa	10,8 Ab	72 Aa	699 Ca	ND Ba
500	ND Ab	28,5 Aa	7,3 Ab	156 Ab	6.708 Ba	ND Bb

*ND = não detectado; Letras minúsculas apresentam diferença estatística na linha e maiúsculas na coluna.

As doses de 10 e 50 mg L⁻¹, juntamente com a dose de 100 mg L⁻¹, foram semelhantes aos 90 dias de armazenamento, diferenciando-se do tratamento controle e da dose de 500 mg L⁻¹ que apresentaram maiores concentrações de etileno neste período. Ainda foi possível observar que a dose de 100 mg L⁻¹ não apresentou diferença significativa ao longo do tempo, demonstrando também um bom controle na ação do etileno. Já a dose de 500 mg L⁻¹ apresentou o mesmo comportamento do controle, quando foram analisadas as doses ao longo do tempo. No entanto, ao analisar os diferentes tratamentos em cada tempo, é possível afirmar que a dose de 500 mg L⁻¹ é diferente

estatisticamente do grupo controle nos dias 90 e 135, tendo os frutos que não foram submetidos ao 1-MCP apresentado maior produção de etileno.

Na tabela 2 estão apresentados os valores de firmeza de polpa de maçãs da cultivar Eva submetidas a diferentes doses de 1-MCP e armazenadas em ambiente refrigerado. É possível observar diferença estatística ao longo do período de armazenamento para todos os grupos em estudo. No entanto, apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos, verifica-se que, ao final do período experimental, o grupo controle perdeu 45% de sua firmeza, enquanto os grupos tratados com as doses de 10, 50, 100 e 500 mg L⁻¹ perderam, respectivamente, 36%, 28%, 23% e 20% de sua firmeza, demonstrando que o 1-MCP foi capaz de prevenir o amaciamento dos frutos. Do mesmo modo, em trabalho com maçãs da cultivar Royal Gala, Brackmann et al. (2010) demonstraram que, ao final do estudo, os frutos apresentavam-se menos firmes quando comparados com os outros tempos de conservação

Essa perda da firmeza de polpa ao longo do armazenamento pode ser consequência do amadurecimento normal que envolve diferentes mecanismos, como perda do turgor celular, alterações nas características dos polissacarídeos da lamela média da parede celular, ação de enzimas hidrolíticas ou mecanismos não enzimáticos, devido à ação do etileno (Chitarra & Chitarra 2005; Sisler & Serek 1997). Como se observa na Tabela 1, o 1-MCP é capaz de reduzir a produção de etileno, o que é confirmado por um grande número de trabalhos (Saftner et al., 2003; Corrent et al., 2004, 2005; Brackmann et al., 2004, 2005, 2008; Dal Cin et al., 2006; De Martino et al., 2006; Larrigaudière et al., 2008; Ozkaya & Dündar, 2009; Wei et al., 2010). Desse modo, a perda de firmeza dos frutos neste estudo pode ser devido à avançada maturação (Watkins, et al. 2000) ou pela considerável perda de massa, conforme apresentado na Tabela 2. Ainda, segundo Wei et al (2010), diferentes cultivares apresentam características

1 **Tabela 2-** Firmeza de polpa, perda de massa e relação Brix/acidez em maçã cv. Eva, durante 45, 90 e 135 dias de
 2 armazenamento refrigerado a 0°C, em função da aplicação de 1-MCP em diferentes doses, no início do armazenamento.
 3 UFLA, Lavras, MG, 2011.

Doses de 1-MCP (mg L ⁻¹)	Firmeza (N)			Perda de massa (%)			Brix/Acidez		
	Dias de armazenamento			Dias de armazenamento			Dias de armazenamento		
	45	90	135	45	90	135	45	90	135
0	44,5 Aa	37,6 Aa	24,1 Ab	2,5 Ab	5,0 Bb	8,9 Aa	22,8 Aa	24,0 Aa	38,2 Aa
10	39,2 Aa	37,2 Aa	25,8 Ab	3,8 Ab	4,3 Bb	10,6 Aa	26,3 Aa	17,6 Bb	15,0 Bb
50	40,9 Aa	35,4 Aa	29,2 Ab	2,3 Ab	6,5 Aa	9,4 Aa	26,8 Aa	16,8 Bb	15,8 Bb
100	35,8 Aa	39,1 Aa	27,4 Ab	3,1 Ab	4,3 Bb	9,1 Aa	26,3 Aa	16,2 Bb	20,1 Bb
500	36,2 Aa	38,0 Aa	28,8 Ab	2,1 Ab	5,2 Bb	7,0 Aa	25,8 Aa	16,7 Bb	26,0 Aa

4 Letras minúsculas apresentam diferença estatística na linha e maiúsculas na coluna

5 **Tabela 3-** Cor de fundo da epiderme em maçã cv. Eva, durante 45, 90 e 135 dias de armazenamento refrigerado a 0°C,
 6 em função da aplicação de 1-MCP, em diferentes doses no início do armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Doses de 1-MCP (mg L ⁻¹)	Cor de fundo da epiderme								
	L*			C			h°		
	Dias de armazenamento			Dias de armazenamento			Dias de armazenamento		
	45	90	135	45	90	135	45	90	135
0	75,7 Aa	72,4 Aa	73,7 Aa	41,1 Ab	45,0 Ab	52,0 Aa	98,7 Aa	96,4 Aa	99,0 Aa
10	74,1 Aa	70,9 Aa	66,2 Aa	40,4 Ab	43,8 Ab	50,0 Aa	97,0 Aa	95,7 Aa	99,2 Aa
50	74,1 Aa	72,2 Aa	74,2 Aa	38,0 Ab	42,7 Ab	53,6 Aa	97,3 Aa	96,2 Aa	97,6 Aa
100	73,9 Aa	73,3 Aa	68,8 Aa	39,1 Ab	43,7 Ab	52,6 Aa	99,8 Aa	97,6 Aa	84,9 Bb
500	74,0 Aa	75,0 Aa	74,0 Aa	39,8 Ab	42,2 Ab	53,3 Aa	97,9 Aa	98,6 Aa	88,8 Bb

7 Letras minúsculas apresentam diferença estatística na linha e maiúsculas na coluna

diferentes para o mecanismo de amaciamento e para a variável firmeza, podendo ser encontradas respostas distintas. No entanto, o uso de baixas temperaturas e do 1-MCP desempenham papel importante com relação a este parâmetro.

Os parâmetros de cor L^* , C e h° de maçãs da cultivar Eva durante o armazenamento refrigerado estão apresentados na Tabela 3. O valor de L^* não mostrou diferença estatística entre os tratamentos e no tempo de armazenamento. O parâmetro C de cor, que representa a cromaticidade das amostras, independente do tratamento, apresentou diferença somente no último tempo de armazenamento, quando os frutos apresentavam cor mais intensa.

Já o ângulo hue (h°) mostra que, aos 135 dias de armazenamento, os frutos tratados com as doses de 100 e 500 mg L^{-1} apresentavam uma cor de fundo levemente mais amarela do que os demais, evidenciando, então, frutos mais maduros. De acordo com Larrigaudière et al (2008), a mudança de cor da maçã durante a maturação é dependente de etileno, desse modo, é possível afirmar que, quando em altas doses, o 1-MCP não tem forte ação na inibição do etileno. Brackmann et al (2009, 2010), em estudos com maçãs ‘Gala’ armazenadas por quatro meses na temperatura de 0,5°C e mais sete dias a 20°C, afirmam que a aplicação de 1-MCP não interferiu na cor de fundo da epiderme dos frutos, uma vez que não houve diferença significativa no ângulo hue e no chroma.

Para melhor discriminar a maçã Eva, foi calculada a razão do teor de sólidos solúveis totais expressos em graus Brix com a acidez total titulável com base no ácido málico. Segundo Czelusniak et al (2003), deve-se respeitar o valor limite de 20, em que amostras com valores inferiores são de maior interesse, do ponto de vista industrial, pois apresentam elevado teor de acidez. Como se observa na Tabela 2, as maçãs da cultivar Eva encontravam-se com valor acima de 20 no primeiro dia de avaliação, o que demonstra que os frutos estão aptos para consumo ao natural. No entanto, com o passar do tempo de

armazenamento, a relação Brix/acidez torna-se menor que 20 em frutos submetidos a diferentes doses de 1-MCP, o que é indicativo de frutos próprios para a indústria. É importante observar que os frutos controle apresentaram comportamento diferente dos demais, mantendo a relação Brix/acidez semelhante estatisticamente com o passar do tempo de armazenamento refrigerado, devido, provavelmente, ao processo de maturação. Ainda, frutos tratados com a dose de 500 mg L⁻¹ foram semelhantes ao controle no último dia experimental, confirmando, mais uma vez, a eficiência do 1-MCP em baixas doses. Segundo Corrent (2005), o efeito do 1-MCP na promoção de valores mais elevados de acidez total titulável pode ser explicado pela desaceleração do metabolismo. Assim, do ponto de vista metabólico, esse comportamento pode ser explicado por maior atividade metabólica das maçãs que não receberam o 1-MCP.

CONCLUSÃO

A utilização do 1-MCP é recomendada para o armazenamento pós-colheita de maçãs cultivar Eva e doses de 10 e 50 mg L⁻¹ são eficazes em retardar o incremento da produção de etileno, manter a coloração e fornecer menor relação Brix/acidez, ao final de 135 dias de conservação. Ainda, por meio dos dados de firmeza, produção de etileno e coloração de fundo, pode-se concluir que as doses de 100 e 500 mg L⁻¹ apresentaram o mesmo comportamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos órgãos de fomento à pesquisa FAPEMIG e CAPES, pelo apoio financeiro recebido para o desenvolvimento deste trabalho e à Estação Experimental da Epamig de Lavras, pelo apoio durante a execução do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBAW, A.; BEAUDRY, R.; BULENS, I.; DELETE, M.A.; HO, Q.T.; SCHENK, A.; NICOLAI, B.M.; VERBOVEN, P. Modeling the diffusion-adsorption kinetics of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in apple fruit and non-target materials in storage rooms. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v.102, p.257-265, 2011. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T8J-50YF6C0-1-15&_cdi=5088&_user=686380&_pii=S0260877410004280&_origin=gateway&_coverDate=02%2F28%2F2011&_sk=998979996&view=c&wchp=dGLzVtz-zSkzS&md5=d684116871aa06641d2e97ccb6ed8b3b&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 25 jan 2011.
- ARGENTA, L.C.; MATTHEIS, J.; FAN, X. Retardamento da maturação de maçãs “Fuji” pelo tratamento com 1-MCP e manejo da temperatura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.23, n.2, p.270-273, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v23n2/7963.pdf>>. Acesso em: 24 mar 2011.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, p.1-25, 2003. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TBJ-47WD9G3-3-1&_cdi=5144&_user=686380&_pii=S0925521402002466&_origin=gateway&_coverDate=04%2F30%2F2003&_sk=999719998&view=c&wchp=dGLzVtb-zSkzk&md5=28ae4ffc92036a7af310c688ca4b72f9&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 24 mar 2011.
- BRACKMANN A. Qualidade da maçã ‘Gala’ armazenada em atmosfera controlada associada à absorção e ao controle da síntese e da ação do etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria- RS, v.38, p.2151-2156, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n8/a10v38n8.pdf>>. Acesso em: 23 mar 2011.
- BRACKMANN, A.; SESTARI, I.; STEFFENS, C.A; GIEHL, R.F.H. Qualidade da maçã cv. Gala tratada com 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria,

v.34, p.1415-1420, 2004. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n5/a14v34n5.pdf>>. Acesso em: 15 fev 2011.

BRACKMANN, A.; BOTH, V.; PINTO, J.A.V.; WEBER, A.; PAVANELLO, E.P. Absorção de 1-metilciclopropeno aplicado em maçãs 'Royal Gala' armazenadas em atmosfera refrigerada juntamente com madeira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1676-1681, 2009. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n6/a230cr1209.pdf>>. Acesso em: 17 fev 2011.

BRACKMANN, A.; GIEHL, R.F.H.; FREITAS, S.T.; MELLO, A.M.; ANTES, R.B. O resfriamento rápido e a rápida instalação da atmosfera controlada como substitutos do 1-MCP no armazenamento de maçã 'Gala'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, p.379-382, 2005. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v27n3/27778.pdf>>. Acesso em: 15 fev 2011.

BRACKMANN, A.; ANESE, R.O.; PINTO, J.A.V.; BOTH, V.; VENTURINI, T.L.; SCHORR, M.R.W. Aplicação de 1-metilciclopropeno e absorção de etileno em maçã da cultivar 'Royal Gala' colhida tardiamente. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.10, p.2074-2080, 2010. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/cr/2010nahead/a729cr2849.pdf>>. Acesso em: 25 jan 2011.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA. 2 ed. 2005. 785 p.

CHOI, S.T.; HUBER, D.J. Differential sorption of 1-methylcyclopropene to fruit and vegetable tissues, storage and cell wall polysaccharides, oils, and lignins. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.52, p.62-70, 2009.

Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TBJ-4V87DKR-1-C&_cdi=5144&_user=686380&_pii=S0925521408003049&_origin=search&_zone=rslt_list_item&_coverDate=04%2F30%2F2009&_sk=999479998&_wchp=dGLzVtz-zSkWA&md5=0017c5270bc56725704f044eebf0650f&ie=/sdarticle.pdf>.

Acesso em: 24 mar 2011.

CORRENT, A.R.; PARUSSOLO, A.; GIRARDI, C.L.; ROMBALDI, C.V. Efeito do 1-metilciclopropeno na conservação de maçãs 'Royal Gala' em ar refrigerado e atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.217-221, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v26n2/21810.pdf>>. Acesso em: 15 fev 2011.

CORRENT, A.R.; PARUSSOLO, A.; GIRARDI, C.L.; ROMBALDI, C.V. Uso do 1-metilciclopropeno no controle da maturação de maçãs cv. Royal Gala. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.207-210, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v27n2/a06v27n2.pdf>>. Acesso em: 15 fev 2011.

CZELUSNIAK, C.; OLIVEIRA, M.C.S.; NOGUEIRA, A.; SILVA, N.C.C.; WOSIACKI, G. Qualidade de maçãs comerciais produzidas no Brasil: aspectos físicos-químicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.6, p.25-31, 2003. Disponível em: <<http://bj.ital.sp.gov.br/artigos/html/busca/PDF/v6nu109p.pdf>>. Acesso em: 12 mar 2010.

DAL CIN V.; RIZZINI, F.M.; BOTTON, A.; TONUTTI, P., et al. The ethylene biosynthetic and signal transduction pathways are differently affected by 1-MCP in apple and peach fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.42, p.125-133, 2006. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TBJ-4KYY3R6-2-1&_cdi=5144&_user=686380&_pii=S0925521406001657&_origin=gateway&_coverDate=11%2F30%2F2006&_sk=999579997&view=c&wchp=dGLzVzz-zSkWb&md5=c95dbb8e6e02d1be839b69bf18ffe2dc&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 24 mar 2011.

DE MARTINO G., VIZOVITIS, K.; BOTONDI, R.; BELLINCONTRO, A.; MENCARELLI, F. 1-MCP controls ripening induced by impact injury on apricots by affecting SOD and POX activities. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.39, p.38-47, 2006. Disponível em: <http://www.postharvestlab.eu/public/phl_files/paragfile/parag134.pdf>. Acesso em 24 mar 2011.

DeEll, J.R.; MURR, D.P; PORTEOUS, M.D.; RUPASINGHE, H.P.V. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 24, p. 349–353, 2002. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TBJ-45CBVK7-F-7&_cdi=5144&_user=686380&_pii=S0925521401001363&_origin=gateway&_coverDate=04%2F30%2F2002&_sk=999759996&_view=c&_wchp=dGLzVlz-zSkWA&_md5=df80b19c0cc4e6ee90077aa67fcb8dea&_ie=/sdarticle.pdf>.

Acesso em: 18 mar 2010.

FAN, X., MATTHEIS, J.P. 1-Methylcyclopropene and storage temperature influence responses of ‘Gala’ apple fruit to gamma irradiation. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 23, p. 143–151, 2001. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TBJ-43YPYXK-6-3&_cdi=5144&_user=686380&_pii=S0925521401001193&_origin=gateway&_coverDate=11%2F30%2F2001&_sk=999769997&_view=c&_wchp=dGLbVlz-zSkWb&_md5=f13b66291df5cc2993df0e7beec26b38&_ie=/sdarticle.pdf>.

Acesso em: 18 mar 2010.

HALL, A. E., FINDELL, J. L., SCHALLER, G. E., SISLER, E. C., BLEECKER, A. B. Ethylene perception by the ERS1 protein in Arabidopsis.

Plant Physiology, cidade, v.123, p.1449–1457, 2000. Disponível em:

<<http://www.plantphysiol.org/content/123/4/1449.full.pdf+html>> . Acesso em:

28 mar 2011.

HAUAGGE, R.; TSUNETTA, M. “IAPAR 75 – Eva”, “IAPAR 76 – Anabela” e “IAPAR 77 – Carícia” – Novas cultivares de macieira com baixa necessidade em frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.21, n.3, p.239-242, 1999.

HUBER, D. J. Suppression of ethylene responses through application of 1-methylcyclopropene: a powerful tool for elucidating ripening and senescence mechanisms in climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables.

HortScience, Alexandria, v.43, p.106–111, 2008. Disponível em:

<http://www.avocadosource.com/Journals/HortScience/HortSci_2008_43_1_PG_106-111.pdf> . Acesso em: 28 mar 2011.

LARRIGAUDIÈRE, C.; VILAPIANA, R.; SORIA, Y.; RECASENS, I. Comparative study of the effects of 1-MCP treatment on apple quality by instrumental and multivariate analysis. **J Sc Food Agric**, cidade, v.88, p.1614-1621, 2008. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.3258/pdf>>. Acesso em: 22 mar 2011.

LUO, Z. S., XU, X. L., CAI, Z. Z., YAN, M. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on lignification of postharvest bamboo shoot. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.105, n.2, p.521–527, 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T6R-4NGRRYJ-C-1&_cdi=5037&_user=686380&_pii=S0308814607003433&_origin=gateway&_coverDate=12%2F31%2F2007&_sk=998949997&view=c&wchp=dGLbVzW-zSkWb&md5=3b2250c81dd5525317527e559c1614c5&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 15 fev 2011.

NANTHACHAI, N., RATANACHINAKORN, B., KOSITTRAKUN, M., BEAUDRY, R. Absorption of 1-MCP by fresh produce. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.43, p.291–297, 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TBJ-4MS9R56-1-5&_cdi=5144&_user=686380&_pii=S092552140600278X&_origin=gateway&_coverDate=03%2F31%2F2007&_sk=999569996&view=c&wchp=dGLbVIW-zSkWb&md5=220dc55729e1b7f1b7ed93764a6f0428&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 28 mar 2011.

OZKAYA, O.; DÜNDAR, O. 1-methylcyclopropene effects on quality parameters of long term stored apples cv. Granny Smith. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, v.7, n.1, p.52-55, 2009. Disponível em: <<http://www.world-food.net/scientificjournal/2009/issue1/pdf/food/fl1.pdf>>. Acesso em: 22 mar 2011.

QIU, S.; LU, C.; LI, X.; TOIVONEN, P.M.A. 2009. Effect of 1-MCP on quality and antioxidant capacity of *in vitro* digests from ‘Sunrise’ apples stored at different temperatures. **Food Research International**, v.42, p.337-342, 2009. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T6V-

[4V752P4-4-C&_cdi=5040&_user=686380&_pii=S0963996908002445&_origin=gateway&_coverDate=04%2F30%2F2009&_sk=999579996&view=c&wchp=dGLbVlz-zSkWA&md5=cd405c3dc1b843616332a7259a3eed5f&ie=/sdarticle.pdf](#)>.

Acesso em: 22 mar 2011.

SAFTNER, R. A., BARDEN, C. L., CONWAY, W. S., ABBOTT, J. A. Effects of 1-methylcyclopropene and heat treatments on ripening and postharvest decay in 'Golden Delicious' apples. *Journal of American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.128, p.120–127, 2003. Disponível em:

<<http://ddr.nal.usda.gov/bitstream/10113/46529/1/IND23328858.pdf>>. Acesso

em: 21 mar 2001.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiologia Plantarum*, cidade, v.100, p.577-582, 1997. Disponível em:

<<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.1997.tb03063.x/pdf>>.

Acesso em: 23 mar 2010.

SISLER, E. C., SEREK, M., Compounds interacting with the ethylene receptor in plants. *Plant Biology*, v.5, p.473–480, 2003. Disponível em:

<<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1055/s-2003-44782/abstract>>. Acesso

em: 29 mar 2011.

WATKINS, CB. The use of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.24, p.389-409, 2006. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T4X-4JFGFB4-1-1&_cdi=4986&_user=686380&_pii=S073497500600022X&_origin=gateway&_coverDate=08%2F31%2F2006&_sk=999759995&view=c&wchp=dGLbVtb-zSkzk&md5=440b401e02c90ab1b627dac91d7edc1b&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso

em: 28 mar 2011.

WATKINS, C.B.; NOCK, J.F.; WHITAKER, B.D. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.19, p.17-32, 2000. Disponível em:

<<http://ddr.nal.usda.gov/bitstream/10113/26745/1/IND22304893.pdf>>. Acesso em: 28 mar 2011.

WEI, J.; MA, F.; SHI, S.; QI, X.; ZHU, X.; YUAN, J. Changes and postharvest regulation of activity and gene expression of enzymes related to cell wall degradation in ripening apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.56, p.147-154, 2010. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TBJ-4YBX1N1-1-F&_cdi=5144&_user=686380&_pii=S0925521409002506&_origin=gateway&_coverDate=05%2F31%2F2010&_sk=999439997&_view=c&_wchp=dGLbVtz-zSkzV&_md5=5bac34150d704460f9dde488d7bd264f&_ie=/sdarticle.pdf>.

Acesso em: 22 mar 2011.

**Artigo 2 Eficácia do uso de diferentes filmes na
manutenção da qualidade pós-colheita de frutos da
macieira ‘Eva’**

Artigo submetido ao Journal of Stored Products Research, sendo
apresentado segundo suas normas de publicação.

RESUMO

Com este trabalho, objetivou-se verificar a eficiência de diferentes filmes na modificação da atmosfera e na manutenção da qualidade de frutos da macieira 'Eva' durante o armazenamento pós-colheita. Para isso, frutos selecionados e sanitizados foram separados em três grupos, nos quais cinco frutos de cada grupo foram embalados em filme de polipropileno, polietileno de baixa densidade ou polietileno de alta densidade, em um total de 5 embalagens de cada filme por período de avaliação. Um último grupo de maçãs (controle) não foi submetido à modificação atmosférica. Depois, todos os frutos foram armazenados em câmara fria ($0,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$), por até 225 dias. As análises propostas foram realizadas aos 45, 135 e 225 dias de armazenamento refrigerado, sendo elas: atividade respiratória, produção de etileno, firmeza de polpa, perda de massa, pectina total, pectina solúvel, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e coloração de fundo. O filme de polietileno de alta densidade, quando comparado aos demais tratamentos, não apresentou queda na produção de etileno durante o armazenamento e proporcionou frutos com maior firmeza e menor porcentagem de perda de massa durante todos os períodos de avaliação. Ainda, a concentração dos gases por meio de atmosfera modificada no armazenamento pós-colheita de maçãs da cultivar Eva permitiu a conservação dos frutos com qualidade por até sete meses.

Palavras-chaves: pós-colheita, conservação, polipropileno, polietileno de baixa densidade, polietileno de alta densidade

ABSTRACT

This study aimed to verify the efficiency of different films in atmospheric control and maintenance of fruit quality of apple Eva during the post-harvest storage. For this, selected and cleaned fruits were separated into three groups where each group of five fruits were packed together with polypropylene, low density polyethylene or high density polyethylene film, in a total of five packs of film for each evaluation period. A final group of apples (control) was not submitted to atmospheric change. After all the fruits were stored in cold ($0.5\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) for up to 225 days, and analyzes proposals made at 45, 135 and 225 days of cold storage, they are: respiration, production ethylene, firmness, weight loss, total pectin, soluble pectin, total soluble solids, total acidity and color. The high density polyethylene film, when compared to other treatments, showed no decrease in ethylene production during storage, provided fruits with greater firmness and smaller percentage of mass loss during all periods. Still, the control of gases through modified atmosphere storage on postharvest apple cultivar Eva allowed the preservation of fruit quality for up to seven months.

Keywords: Postharvest, preservation, polypropylene, low density polyethylene, high density polyethylene

1. Introdução

As condições de armazenamento de frutos e os métodos de conservação pós-colheita são baseados no desejo de manter a qualidade em atributos como cor, firmeza, acidez e teor de açúcar, a fim de satisfazer o objetivo de maximizar a vida pós-colheita e otimizar a qualidade comercial (Ayala-Zavala et al., 2004).

A modificação na atmosfera é uma técnica de conservação utilizada para estender a vida pós-colheita e manter a qualidade de produtos vegetais (Kader,

2002), com o objetivo de criar uma atmosfera de equilíbrio ótima na embalagem, suficiente para ser benéfica ao produto e não causar injúrias (Zagory e Kader, 1998). Segundo Rai, (2011) e Sandhya (2010), a atmosfera modificada é utilizada em vários tipos de produtos. Nela, o equilíbrio na atmosfera dentro da embalagem de frutas ou hortaliças depende da taxa de respiração, do peso do produto, das características de permeabilidade do material de embalagem, da temperatura de armazenamento e da umidade relativa.

Uma das técnicas mais eficientes para aumentar a durabilidade de frutos e minimizar as perdas pós-colheita é o armazenamento à baixa temperatura. Geralmente, na ausência do armazenamento a frio, as deteriorações são mais rápidas devido à produção do calor vital e à liberação de dióxido de carbono (CO₂), decorrentes da respiração. Dessa forma, a refrigeração é utilizada principalmente para diminuir a taxa respiratória, reduzir perdas e manter os fatores responsáveis pela qualidade. Entretanto, a taxa metabólica deve ser mantida em um nível mínimo, suficiente para manter as células vivas, mas de forma a preservar a qualidade comestível durante todo o período do armazenamento (Fonseca et al., 2002).

Apesar de o processo de refrigeração ser muito utilizado para retardar o processo de deterioração, muitas vezes é necessário associar este método de conservação a outro para melhor preservar os aspectos de qualidade pós-colheita. Desse modo, pode-se fazer uso da atmosfera modificada (AM), uma técnica muito utilizada por pequenos e médios produtores como alternativa na conservação de produtos perecíveis, uma vez que exige baixo investimento e nível de tecnologia (Flores et al., 2004), além de possibilitar o armazenamento por mais tempo e com manutenção da qualidade (Chen, et al., 2000; Ali et al., 2004; Lurie et al., 2006), formando, ainda, uma barreira para a prevenção de ataque por insetos (Conyers e Bell, 2007; Riudavets et al., 2009).

Esse método de conservação permite a redução da taxa respiratória dos frutos, pois a combinação entre a respiração dos frutos e a permeabilidade do filme plástico aos gases provoca aumento dos níveis de CO₂ e diminuição das concentrações de oxigênio (O₂) no interior da embalagem. Desse modo, ocorre uma modificação nos processos metabólicos (Hertog et al., 2001; Rocha et al., 2004), retardando o amadurecimento dos frutos, o crescimento microbiano (Cantwell, 1992; Caleb et al., 2011), a perda de umidade (Sabir et al., 2011) e o escurecimento enzimático (Guan e Dou, 2010). Entretanto, dependendo da respiração do fruto e da permeabilidade do filme, pode haver um acúmulo na concentração de CO₂, que leva à respiração anaeróbica, ao acúmulo de etanol no produto (Ares et al., 2007) e ao estabelecimento de injúrias fisiológicas. Este processo pode resultar na produção de *off-flavours*, além de deterioração da polpa, tornando o fruto não apto para o consumo (Pesis et al., 2002; Song et al., 2002; Caleb et al., 2011). Devido a este fato, estudos são necessários para a comprovação de qual filme é ideal na manutenção da qualidade durante o armazenamento de cada produto.

A maçã cultivar Eva foi desenvolvida em 1979, a partir do cruzamento entre as cultivares Anna e Gala. Por apresentar baixa necessidade de períodos de frio, é cultivada em microrregiões do sudeste e do nordeste do Brasil por pequenos e médios produtores, sendo capaz de produzir frutos com qualidade, pesando entre 120-160 g, doces e com acidez equilibrada (Hauagge e Tsuneta, 1999). Por ser uma cultivar precoce, é colhida entre os meses de novembro e janeiro e ainda não foi comprovado um método de conservação pós-colheita que possa ser utilizado para armazenar os frutos com qualidade e segurança no período de entressafra. Assim, este estudo foi realizado com o objetivo de verificar a eficiência de diferentes filmes no controle atmosférico e na manutenção da qualidade de frutos da macieira 'Eva', durante o armazenamento pós-colheita.

2. Material e Métodos

2.1 *Preparação das amostras e montagem do experimento*

Maças da cultivar Eva produzidas em Barbacena, MG, região sudeste do Brasil, no ano de 2009, foram colhidas e selecionadas quanto à aparência e à ausência de injúrias e podridões. Posteriormente, foram sanitizadas com hipoclorito de sódio 100 mg.L^{-1} , por 10 minutos e divididas, aleatoriamente, em quatro grupos para a montagem do experimento.

Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado (4x3), sendo quatro tratamentos (polietileno de baixa densidade - $14 \mu\text{m}$, polietileno de alta densidade - $70 \mu\text{m}$, polipropileno - $20 \mu\text{m}$ e não embalado – controle) e três tempos de avaliação (45, 135 e 225 dias de armazenamento) com cinco repetições por tratamento e unidade experimental composta por cinco frutos. Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram armazenados em câmara fria ($0,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$).

Antes da aplicação dos tratamentos, cinco amostras de seis frutos foram analisadas para determinar a condição inicial médias das maçãs. Os frutos apresentavam firmeza de polpa de $47,36 \text{ N}$ (sem casca), sólidos solúveis totais de $11,5^\circ \text{ Brix}$, acidez titulável de $0,436\%$ de ácido málico e cor de fundo da epiderme com valor de L^* igual a $77,29$, chroma de $40,3$ e ângulo Hue de $99,78^\circ \text{ H}$.

2.2 *Atividade respiratória e produção de etileno*

Em cada período experimental, os frutos foram colocados em frascos de 820 mL , os quais foram hermeticamente fechados durante 1 hora e mantidos na mesma temperatura de armazenamento. Após este período, foram retiradas as amostras de gases para a atividade respiratória e etileno por meio de um septo de silicone existente na tampa do frasco. O teor de CO_2 foi determinado

diretamente no frasco com o auxílio de um analisador de gases PBI Dansensor Modelo 9900 e os resultados expressos em $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Para a determinação de etileno, alíquotas do gás foram retiradas em tubos a vácuo de 10 mL. Por meio de uma seringa, retirou-se 1 mL de amostra dos tubos para injeção em cromatógrafo gasoso Modelo Varian Chrompack CP-3800 equipado com detector de ionização de chamas e nas seguintes condições: coluna empacotada Porapak Q; temperatura do injetor 250 °C; temperatura do detector 280 °C; programação da coluna com temperatura inicial de 90 °C, sendo a temperatura da coluna acrescida após 4 min 30 s a uma taxa de 100 °C a cada minuto até atingir 220 °C para limpeza da coluna; gás de arraste nitrogênio, com fluxo e pressão da coluna de 20 mL min^{-1} e 0,1 psi, respectivamente. Os resultados foram expressos em μL de etileno $\text{g}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

2.3 Firmeza

A firmeza foi determinada individualmente no fruto inteiro, sem casca, na região equatorial, com auxílio de um penetrômetro Magness-Taylor, com sonda de 5/6 polegadas de diâmetro. Os resultados foram expressos em Newtons (N).

2.4 Perda de massa

A perda de massa foi avaliada pesando-se os frutos em balança semianalítica. Os resultados foram expressos em porcentagem, considerando-se a diferença entre a massa inicial dos frutos e aquela obtida a cada intervalo de tempo de amostragem.

2.5 Pectina total e pectina solúvel

Pectina total e pectina solúvel foram extraídas de acordo com a técnica de McCready e McComb (1952) e determinadas, espectrofotometricamente, a 520

nm, segundo técnica de Bitter e Muir (1973). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa.

2.6 Sólidos solúveis totais (SST)

Determinaram-se os sólidos solúveis totais por refratometria, conforme as normas (AOAC, 1998), utilizando-se o refratômetro digital e os resultados expressos em °Brix.

2.7 Acidez titulável (AT)

A acidez titulável foi obtida pela técnica preconizada pela AOAC (1998) e expressa em porcentagem do ácido málico predominante.

2.8 Coloração

A coloração de fundo da epiderme foi medida nos lados opostos do fruto, com auxílio de um colorímetro Minolta CR 400, no modo CIE L*a*b. A coordenada L* representa quanto mais clara ou mais escura é a amostra e ângulo Hue mostra a localização da cor em um diagrama, em que o ângulo 0° representa vermelho puro; 90°, amarelo puro; 180°, verde puro e 270°, azul.

2.9 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise da variância, sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

A atividade respiratória e a produção de etileno obtida ao longo do período experimental estão representadas na Tabela 1. É possível verificar que, aos 45 dias de armazenamento refrigerado e atmosfera modificada, não foram detectados níveis de CO₂, tendo a produção de etileno sido evidenciada apenas

nos frutos armazenados em filme de polietileno de baixa densidade (PEBD). No segundo tempo de avaliação (135 dias de armazenamento) foi detectada liberação de CO₂, que diminuiu com o passar dos dias, exceto no tratamento com polipropileno (PP), no qual ocorreu um aumento nos níveis de CO₂ no último dia de avaliação. Este fato pode ser explicado pela baixa permeabilidade do filme ao CO₂ e/ou a manutenção da respiração destes frutos até este período. Do mesmo modo, Rocha et al. (2004), em um trabalho com maçãs 'Bravo de Esmolfe', verificaram que, após os 130 dias de armazenamento a 2°C, as concentrações de CO₂ no interior das embalagens de polipropileno duplicaram.

Tabela 1

Respiração e produção de etileno em maçã cv. Eva durante 45, 135 e 225 dias de armazenamento refrigerado (0,5±0,5°C), juntamente com controle atmosférico utilizando filme de polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa densidade (PEBD) e polipropileno (PP). Frutos controle (C) não foram submetidos ao controle atmosférico. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Atmosfera modificada	Respiração (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)			Produção de etileno (μL g ⁻¹ h ⁻¹)		
	Dias de armazenamento			Dias de armazenamento		
	45	135	225	45	135	225
C	*ND	10,5 C	7,6 C	ND	34.134 A	ND
PEAD	ND	43,1 Ab	32,9 Ba	ND	3.956 Bb	18.046 Aa
PEBD	ND	36,4 Ba	10,6 Cb	3.925 b	45.714 Aa	4.960 Bb
PP	ND	30,5 Bb	59,0 Aa	ND	25.035 Aa	7.516 Bb

*ND = não detectado; Letras minúsculas apresentam diferença estatística na linha e maiúsculas, na coluna

Ainda, ao comparar os frutos que foram submetidos à atmosfera modificada, verifica-se que o filme de polietileno de alta densidade (PEAD) apresentou menor produção de etileno aos 135 dias de armazenamento, possivelmente devido à maior concentração de CO₂ presente no interior das embalagens neste tempo, pois altas concentrações de CO₂ são capazes de reduzir

a biossíntese de etileno, tanto pela menor disponibilidade de ATP (DE WILD et al., 1999) quanto pela inibição da ACC sintase e ACC oxidase (Mathooko, 1996). Dessa forma, percebe-se que este filme foi capaz de retardar o pico climatérico. Ainda verifica-se que, para frutos controle, PEBD e PP, ocorreu um aumento da produção de etileno no segundo período de avaliação que decaiu no dia 225 de armazenamento, o que demonstra comportamento climatérico.

Um dos principais atributos de qualidade, a firmeza (Tabela 2), demonstra que, com o passar do tempo de armazenamento, os tratamentos submetidos à atmosfera modificada apresentaram comportamento semelhante. Já o grupo controle, com maior perda de firmeza a partir do segundo tempo de avaliação, mostrou-se estatisticamente diferente dos demais até o final do período experimental, o que confirma os relatos de Rocha et al., (2004) a respeito dos efeitos benéficos da atmosfera modificada na textura de maçãs.

Tabela 2

Firmeza e perda de massa em maçã cv. Eva durante 45, 135 e 225 dias de armazenamento refrigerado ($0,5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$), juntamente com controle atmosférico utilizando filme de polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa densidade (PEBD) e polipropileno (PP). Frutos controle (C) não foram submetidos ao controle atmosférico. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Atmosfera modificada	Firmeza (N)			Perda de massa (%)		
	Dias de armazenamento			Dias de armazenamento		
	45	135	225	45	135	225
C	44,5 a	34,2 Bb	20,4 Cb	2,51 c	8,97 Ab	15,87 Aa
PEAD	42,4 a	39,3 Aa	32,9 Ab	1,70	3,63 B	4,23 B
PEBD	47,8 a	39,4 Aa	26,9 Bb	2,80	4,82 B	5,99 B
PP	46,1 a	40,8 Aa	25,2 Bb	4,43	6,53 B	7,97 B

Letras minúsculas apresentam diferença estatística na linha e maiúsculas, na coluna.

Em relação à variável perda de massa (Tabela 2), os frutos submetidos à modificação atmosférica foram semelhantes entre si em todos os tempos de

avaliação, tendo o controle apresentado maior perda de massa a partir do dia 135 até o final do período experimental, o que comprova a importância dos filmes no controle da qualidade no armazenamento pós-colheita de frutos. Segundo Rocha et al. (2004), maçãs armazenadas em AM perdem menos peso do que aquelas armazenadas em atmosfera normal. Assim, a perda de massa pode ser uma das causas de deterioração e de perda da qualidade visual dos produtos hortícolas, podendo levar a desidratação, murchamento, perda de firmeza, redução da crocância, na qualidade nutricional e promoção da senescência, reduzindo os processos enzimáticos e reguladores (Ben-Yehoshua e Rodov, 2003).

É importante observar que o filme PEAD, que não apresentou queda na produção de etileno durante o armazenamento (Tabela 1), também apresentou frutos com maior firmeza, quando comparados aos demais tratamentos ao final do período de conservação pós-colheita e menor porcentagem de perda de massa (Tabela 2), durante todos os períodos de avaliação.

Os valores de pectina total e solubilidade são apresentados na Tabela 3. É possível observar, de maneira geral, uma tendência a diminuir a pectina total durante o período experimental, sendo o tratamento controle semelhante ao polipropileno nos dois primeiros tempos de avaliação. Para solubilidade, é possível verificar um acréscimo na porcentagem com o passar do tempo em todos os tratamentos, tendo o filme PEAD apresentado frutos com menor solubilidade a partir do segundo período de avaliação. Ainda, o PP mostrou-se semelhante estatisticamente ao controle durante todo o período experimental. De fato, as pectinas desempenham um papel fundamental no amaciamento dos frutos durante o amadurecimento. Sabe-se ainda que o amaciamento dos tecidos durante o ciclo vital é provocado pelo processo de respiração e pelo etileno, que são capazes de evidenciar uma série de alterações no metabolismo do fruto, sendo o amaciamento de maçãs durante o armazenamento resultante da ação

enzimática sobre as hemiceluloses e pectinas (Hergot, et al., 2001; Gorny et al., 2002).

Tabela 3

Pectina total e solubilidade em maçã cv. Eva durante 45, 135 e 225 dias de armazenamento refrigerado ($0,5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$), juntamente com controle atmosférico utilizando filme de polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa densidade (PEBD) e polipropileno (PP). Frutos controle (C) não foram submetidos ao controle atmosférico. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Atmosfera modificada	Pectina total					
	(mg de ácido galacturônico.100g ⁻¹)			Solubilidade (%)		
	Dias de armazenamento			Dias de armazenamento		
	45	135	225	45	135	225
C	393 Aa	422 Aa	344 Ab	34,7 c	41,2 Ab	54,7 Aa
PEAD	311 Ca	307 BAa	346 Aa	35,1 b	32,7 Bb	40,5 Ba
PEBD	354 Ba	261 Cb	223 Bb	33,3 b	41,8 Aa	44,3 Ba
PP	434 Aa	373 Ab	257 Bc	32,8 c	45,0 Ab	50,9 Aa

Letras minúsculas apresentam diferença estatística na linha e maiúsculas, na coluna.

Na Tabela 4 são apresentados os valores de sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável em maçãs 'Eva', durante o armazenamento pós-colheita. É possível observar que os teores de SST para o tratamento controle foram semelhantes ao longo do período de conservação pós-colheita e diferenciaram-se dos outros tratamentos apenas no dia 225. Neste último dia de avaliação, os tratamentos submetidos à atmosfera modificada apresentaram valores menores para SST, provavelmente pelo uso dos compostos no processo respiratório para manutenção do metabolismo, e perda de massa considerável do tratamento controle, causando acúmulo de sólidos e/ou processo de anaerobiose. No entanto, para Rocha et al. (2004), a atmosfera modificada não mostrou efeito para este parâmetro. Para acidez total titulável (AT) não houve diferença

significativa ao longo do período experimental, como se observa nos dados da Tabela 4.

Tabela 4

Sólidos solúveis totais e acidez total titulável em maçã cv. Eva durante 45, 135 e 225 dias de armazenamento refrigerado ($0,5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$), juntamente com controle atmosférico utilizando filme de polietileno de alta densidade (PEA), polietileno de baixa densidade (PEB) e polipropileno (PP). Frutos controle (C) não foram submetidos ao controle atmosférico. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Atmosfera modificada	Sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$)			Acidez titulável (% ácido málico)		
	Dias de armazenamento			Dias de armazenamento		
	45	135	225	45	135	225
C	13,2	14,8	14,3 A	0,576	0,402	0,469
PEAD	13,0 a	13,2 a	11,5 Bb	0,535	0,424	0,469
PEBD	12,8 a	12,8 a	11,3 Bb	0,554	0,469	0,402
PP	12,8 a	13,0 a	12,2 Bb	0,516	0,424	0,424

Letras minúsculas apresentam diferença estatística na linha e maiúsculas, na coluna.

A variável L^* (Tabela 5) representa o coeficiente de claridade em uma escala que vai de 0 a 100, em que 0 representa a cor preta e 100, a cor branca. Pelos resultados obtidos verifica-se que os valores de L^* apresentaram-se iguais entre os tratamentos no primeiro período de avaliação. A partir do segundo dia de análise, o grupo controle diferiu dos demais tratamentos ao apresentar menor valor. No decorrer do armazenamento, permaneceu este mesmo comportamento, exceto para o tratamento PEAD que se igualou estatisticamente ao controle. Na análise de cada tratamento ao longo do tempo, todos os grupos apresentaram diminuição nos valores de L^* no final do período de conservação. Esta diminuição nos valores de L^* deve-se, possivelmente, ao ligeiro escurecimento sofrido pelas maçãs durante a sua conservação.

O ângulo Hue ($^{\circ}$ h) mostra que, aos 135 dias de armazenamento, os frutos controle e embalados com PEBD apresentavam cor levemente mais amarela do que os demais. Ainda ao analisar o tempo 225, verifica-se que o grupo controle foi o que apresentou a coloração mais próxima ao amarelo.

Tabela 5

Valor L* e ângulo Hue em maçã cv. Eva durante 45, 135 e 225 dias de armazenamento refrigerado ($0,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$), juntamente com controle atmosférico utilizando filme de polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa densidade (PEBD) e polipropileno (PP). Frutos controle (C) não foram submetidos ao controle atmosférico. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Atmosfera modificada	L*			$^{\circ}$ h		
	Dias de armazenamento			Dias de armazenamento		
	45	135	225	45	135	225
C	75 a	71 Ba	67,8 Bb	98	99 B	99 B
PEAD	75 a	73 Aa	68,4Bb	100	103 A	102 A
PEBD	76 a	75 Aa	71 Ab	99	100 B	101 A
PP	75 a	74 Aa	70 Ab	100	101 A	103 A

Letras minúsculas apresentam diferença estatística na linha e maiúsculas, na coluna.

De acordo com Rocha et al. (2004), maçãs armazenadas em atmosfera modificada apresentam melhor coloração do que as armazenadas em atmosfera ambiente, isso porque, após 7 meses e 15 dias de armazenamento, os valores de L* e ângulo Hue apresentavam-se maiores nos frutos submetidos à atmosfera modificada. Steffens et al., (2009) afirmam que frutos armazenados em atmosfera modificada apresentam maior ângulo Hue, caracterizando, assim, menor desenvolvimento de cor vermelha que aqueles armazenados somente sob armazenamento refrigerado. Este fato deve estar relacionado a menor biossíntese e ação do etileno no interior das embalagens, pois a mudança na cor durante o amadurecimento é um processo dependente da ação desse regulador vegetal (Truter e Combrink, 1993; Argenta et al., 2003).

4. Conclusão

A modificação dos gases por meio de atmosfera modificada no armazenamento pós-colheita de maçãs da cultivar Eva permitiu a conservação dos frutos com qualidade por até sete meses. O filme de polietileno de alta densidade com espessura de 70 µm mostrou, para a maioria das variáveis analisadas, os melhores resultados, sendo capaz de retardar o climatério respiratório e apresentar frutos mais firmes e com menor perda de massa.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos órgãos de fomento à pesquisa FAPEMIG e CAPES, pelo apoio financeiro recebido para o desenvolvimento deste trabalho, à Estação Experimental da Epamig de Lavras e ao Sítio Camará, pelo apoio durante a execução do projeto.

Referências

- Ali, Z.M., Chin, L., Marimuthu, M., Lazan, H., 2004. Low temperature storage and modified atmosphere packaging of carambola fruit and their effects on ripening related texture changes, wall modification and chilling injury symptoms. *Postharvest Biology and Technology*, 33(2), 181-192.
- Ares, G., Lareo, C., Lema, P., 2007 Modified atmosphere packaging for postharvest storage of mushrooms. *A review Fresh Produce*, 1 (1), 32-40.
- Argenta, L.C., Krammes, J.G., Megguer, C.A., Amarante, C.V.T., Mattheis, J., 2003. Ripening and quality of 'Laetitia' plums following harvest and cold storage as affected by inhibition of ethylene action. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38, 1139-1148.
- Association of Official Agricultural Chemists, 1998. *Official methods of the Association of the Agricultura Chemists*. Washington, DC, 1094p.
- Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y., Gonzales-Aguilar, G.A., 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Swiss Society of Food Science and Technology* 37, 687-695.

Ben-Yehoshua, S., Rodov, V., 2003. Transpiration and water stress. In: Bartz, J.A.; Brecht, J.K. (Eds.), *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. New York, Marcel Dekker, pp.111–159.

Bitter, T., Muir, H. M., 1973. A modified uronic acid carbazole reaction. *Analytical Biochemistry* 4(4), 330-334.

Caleb, O.J., Opara, U.L., Witthuhn, C.R., 2011. Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: a review. *Food and Bioprocess Technology*.

Cantwell, F.F., 1992. M. Postharvest handling systems. Minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A.A. (Ed.), *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 2. ed. Davis, pp. 277-281.

Chen, X., Hertog, M.L.A.T.M., Banks, N.H., 2000. The effect of temperature on gas relations in MA packages for capsicums (*Capsicum annuum* L., cv. Tasty): an integrated approach. *Postharvest Biology and Technology* 20, 71-80.

Conyers, S.T., Bell, C.H., 2007. A novel use of modified atmospheres: Storage insect population control. *Journal of Stored Products Research* 43, 367-374.

De Wild, H.P.J., Woltering, E.J., Peppelenbos, H.W., 1999. Carbon dioxide and 1-MCP inhibit ethylene production and respiration of pear fruit by different mechanisms. *Journal of Experimental Botany Oxford* 50 (335), 837- 844.

Flores, F.B., Martínez-Madrid, M.C., Amor, M.B., Pech, J.C., Latché, A., Romojaro, F., 2004. Modified atmosphere packaging confers additional chilling tolerance on ethylene-inhibited cantaloupe Charentais melon fruit. *European Food Research Technology* 219, 431-435.

Fonseca, S.C., Oliveira, F.A.R., Brecht, J.K., 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering* 54, 99-119.

Gorny J.R., Hess-Pierce, B., Cifuentes, A., Kader, A.A., 2002. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. *Postharvest Biology and Technology* 24, 271-278.

Guan, J.F., Dou, S., 2010. The effect of MAP on quality and browning of cold-stored plum fruits. *Journal of Food and Agriculture* 8, 113–116.

Hauagge, R., Tsuneta, M., 1999. IAPAR 75 – Eva, IAPAR 76 – Anabela e IAPAR 77 – Carícia – Novas cultivares de Macieira com baixa necessidade em Frio. *Revista Brasileira de Fruticultura* 21(3), 239 – 242.

Hertog, M.L.A.T.M., Nicholson, S.R., Banks, N.H., 2001. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change in ‘Braeburn’ apples. *Postharvest Biology and Technology* 23, 175-184.

Kader, A.A. Modified atmospheres during transport and storage. In: Kader, A.A. (E.d.) *Postharvest technology of horticultural crops*. 3.ed. Davis, California, 2002, Cap. 14, p.135-144.

Lurie, S., Pesis, E., Gadiyeva, O., Feygenberg, O., Ben-Arie, R., Kaplunov, T., Zutahy, Y., Lichter, A., 2006. Modified ethanol atmosphere to control decay of table grapes during storage. *Postharvest Biology and Technology* 42, 222–227.

Mathooko, F.M., 1996. Regulation of ethylene biosynthesis in higher plants by carbon dioxide. *Postharvest Biology and Technology* 7(1), 1-26.

McCready, P.M., McComb, E.A., 1952. Extraction and determination of total pectic material. *Analytical Chemistry* 24(12),1586.

Pesis, E., Dvir, O., Feygenberg, O., Ben-Arie, R., Ackerman, M.; Lichter, A., 2002. Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage of litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology* 26, 157-165.

Rai, D.R., Chadha, S., Kaur, M.P., Jaiswal, P., Patil, R.T. 2011. Biochemical, microbiological and physiological changes in Jamun (*Syzyium cumini* L.) kept for long term storage under modified atmosphere packaging. *Journal of Food Science Technology* 28(3), 357-356.

Riudavets, J., Castañe, C., Alomar, O., Pons, M.J., Gabarra, R., 2009. Modified atmosphere packaging (MAP) as na alternative measure for controlling ten pests that attack processed food products. *Journal of Stored Products Research* 45, 91-96.

Rocha, A.M.C.N., Barreira, M.G., Morais, A.M.M.B., 2004. Modified atmosphere package for apple ‘Bravo de Esmolfe’. *Food Control* 15(1), 61-64.

Sabir, A., Sabir, F.K., Kara, Z., 2011. Effects od modified atmosphere packing and honey dip treatments on quality maintenance of minimally processed grape cv. Razaki (*V. vinifera* L.) during cold storage. *Journal of Food Science and Technology* 48(3), 312-318.

Sandhya. 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: current status and future needs. *Food Science and Technology*, 43,381–392.

Song, Y., Vorsa, N., Yam, K.L., 2002. Modeling respiration-transpiration in a modified atmosphere packaging system containing blueberry. *Journal of Food Engineering* 53, 103-109.

Steffens, C.A., Amarante, C.V.T., Alves, E.O., Tanaka, H., Brackmann, A., Both, V., 2009. Armazenamento de ameixas ‘Laetitia’ em atmosfera modificada. *Ciência Rural*, 39, 2439-2444.

Truter, A.B., Combrink, J.C., 1993. Ethylene levels in commercial CA and low-ethylene CA storage of Golden Delicious, Starking and Granny Smith apples and Packham’s Triumph pears. *Tree Fruit Postharvest Journal* 4, 14-18.

Zagory, D., Kader, A A. 1998. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology* 42, 70-77.

**ARTIGO 3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DURANTE O
ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS 'EVA' SUBMETIDAS A
DIFERENTES DOSES DE IRRADIAÇÃO**

Artigo submetido ao Journal of the Science of Food and Agriculture,
sendo apresentado segundo suas normas de publicação.

Resumo

INTRODUÇÃO: Nas últimas décadas, diversos estudos têm demonstrado o interesse pela conservação de frutas e também pelos benefícios do consumo de alimentos ricos em compostos com atividade antioxidante. Nesse sentido, o presente estudo foi realizado com o objetivo de quantificar os compostos e a atividade antioxidante e analisar fatores físico-químicos durante o armazenamento pós-colheita de maçãs da cultivar Eva submetidas à irradiação gama.

RESULTADOS: A atividade antioxidante obtida pelo método de DPPH mostrou um acréscimo na porcentagem de sequestro de radicais livres (% SRL) com o decorrer do tempo de armazenamento nas maçãs submetidas às doses de 0; 0,5 e 1,5 kGy. No entanto, verifica-se uma diminuição na porcentagem de proteção medida pelo método de β -caroteno/ácido linolênico, para os tratamentos controle e irradiado com a dose de 0,5 kGy, não havendo diferença para as outras doses ao longo do período de armazenamento. Já, os fenólicos totais apresentaram um acréscimo nos frutos submetidos à dose de 0,5 kGy, tendo, para vitamina C, esta dose de irradiação apresentado os maiores teores no último período de avaliação. O parâmetro L* de cor não apresentou diferença estatística, tendo frutos controle apresentado maiores teores de sólidos solúveis ao final do período experimental.

CONCLUSÕES: Por meio dos parâmetros analisados verifica-se que, independente da dose de irradiação, ocorre um aumento da % SRL durante o armazenamento pós-colheita de maçãs 'Eva'. Baixas doses são capazes de preservar os compostos fenólicos, manter os teores de vitamina C e evitar o aumento nos teores de sólidos solúveis.

Palavras-chaves: Irradiação gama; pós-colheita; maçãs Eva; atividade antioxidante

INTRODUÇÃO

A pomicultura tem apresentado crescimento linear e gradativo e a procura por variedades resistentes a doenças e com boas características agronômicas e tecnológicas tem colocado à disposição de produtores uma grande diversidade de cultivares. No entanto, pouco se sabe sobre o comportamento da cultivar Eva, tornando-se necessários estudos para se conhecer melhor esta cultivar que tem baixa necessidade de períodos de frio e, por isso, tem sido cultivada com sucesso em regiões do sudeste brasileiro.

Os compostos antioxidantes estão presentes naturalmente nas frutas, e cada vegetal apresenta altas concentrações de determinados grupos. As maçãs, benéficas à saúde por conterem fibras alimentares e vitaminas, são também uma das melhores fontes de antioxidantes e compostos fenólicos, no entanto, existem variações entre as cultivares¹⁻⁴.

Para frutas e hortaliças, a irradiação emergiu como um método alternativo de conservação sem o uso de conservantes químicos⁵. A irradiação de alimentos é o tratamento por energia, expondo o mesmo a uma quantidade controlada de radiação ionizante, o que implica um tempo específico para obter objetivos desejáveis. Este processo tem sido estudado para melhorar a segurança dos alimentos desde a década de 1950 e, em baixas doses, oferece vantagens para a indústria, os varejistas e consumidores⁶.

A escolha da dose ideal de irradiação para cada produto é particularmente importante. Altas doses causam a morte rápida de pragas, mas aumentam os custos e podem provocar mudanças não favoráveis na qualidade dos produtos irradiados.⁷ A radiação gama é eficaz na redução da contaminação por bactérias e bolores, para inativar patógenos nos produtos frescos e, principalmente, para retardar os processos de amadurecimento e de composição dos frutos⁸⁻¹⁰. Sendo assim, este processo é capaz de prolongar a vida útil inibindo a senescência e garantindo a segurança alimentar^{8, 11-21}. Desse modo, o

método de conservação por irradiação mostra-se eficaz na conservação pós-colheita de muitos produtos perecíveis. Ainda, tratamentos combinados podem resultar em melhorias para o produto. Por exemplo, a irradiação gama juntamente com a refrigeração pode diminuir o nível de contaminação microbiana e, conseqüentemente, melhorar a vida útil²².

Assim, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de quantificar os compostos e a atividade antioxidante e analisar fatores físico-químicos durante o armazenamento pós-colheita de maçãs da cultivar Eva submetidas à irradiação gama após a colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Maçãs 'Eva' foram colhidas, no período ótimo para comercialização, em pomar comercial localizado em Barbacena, MG. Após a colheita, as amostras foram sanitizadas com hipoclorito de sódio 100 mg.L⁻¹, por 10 minutos e selecionadas quanto à aparência e à ausência de injúrias e de podridões.

Configuração Experimental

O experimento foi conduzido com frutos da safra 2009/2010, utilizando-se diferentes doses de irradiação. Para isso, depois de colhidos e sanitizados, os frutos foram divididos, aleatoriamente, em quatro grupos, acondicionados em caixas de isopor higienizadas, à temperatura de aproximadamente 8±3° C e levados ao Centro Nacional de Energia Nuclear (CDTN), em Belo Horizonte, onde cada grupo foi submetido a uma dose diferente de irradiação gama, sendo de 0; 0,5; 1,0 e 1,5 kGy. Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram armazenados em câmara fria (0,5±0,5°C), durante 135 dias, sendo as propriedades antioxidantes avaliadas a cada 45 dias de armazenamento pós-colheita. Dessa forma, utilizou-se um delineamento experimental inteiramente

casualizado (4x3), sendo utilizadas 5 repetições por tratamento e unidade experimental compostas por 5 frutos.

Antes da aplicação dos tratamentos, cinco amostras de seis frutos foram analisadas para determinar a condição inicial médias das maçãs e os frutos apresentavam teor de sólidos solúveis totais de 11,5° Brix, acidez titulável de 0,436% de ácido málico e cor de fundo da epiderme com valor de L* igual a 77,29 e ângulo Hue de 99,78° H

Medições

Para a obtenção do extrato para avaliar a atividade antioxidante total (métodos de DPPH e beta-caroteno/ácido linoleico) e os compostos fenólicos, foram pesados 10 g de cada amostra, às quais foram adicionados 20 mL de álcool metílico 50%. Essa mistura foi homogeneizada e deixada em repouso, por uma hora, à temperatura ambiente. Após este período, a mistura foi centrifugada, a 14.000 rpm, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado e foram adicionados 20 mL de acetona 70% ao resíduo, que foi homogeneizado e deixado em repouso por 1 hora. Em seguida, centrifugou-se, a 14.000 rpm, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado, adicionado ao primeiro sobrenadante e o volume foi completado para 50 mL com água destilada.²³

Para a metodologia empregada na determinação da atividade antioxidante baseada na extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH 60 µM) foi adicionado 0,5 mL de cada extrato das amostras. Para o controle, foram adicionados 0,5 mL de metanol, juntamente ao DPPH, no lugar do extrato. As leituras foram realizadas após 30 minutos, em espectrofotômetro, a 515 nm e os resultados foram expressos em percentual de sequestro de radical livre (%SRL), conforme reação a seguir:

$$\%SRL = (Ac - Am) \times 100 / Ac$$

em que

Ac = absorvância do controle;

Am = absorvância da amostra²³.

A determinação da atividade antioxidante total pelo sistema beta-caroteno/ácido linoleico foi realizada com 0,4 mL do extrato já citado adicionado de 5,0 mL de emulsão composta por ácido linoleico, Tween 40 e beta-caroteno. Mediu-se imediatamente a absorvância em espectrofotômetro a 470 nm. Posteriormente, os tubos foram incubados em banho-maria a 40 °C, para que ocorresse a reação de oxidação e realizada nova leitura aos 120 minutos. Os resultados foram expressos em porcentagem de inibição da oxidação. A redução da absorvância do sistema sem antioxidantes (Eq. 1) é considerada como 100% da oxidação.

$$\text{Redução da absorvância} = Abs_{total} - Abs_{final} \quad (\text{Eq. 1})$$

O decréscimo da leitura da absorvância das amostras foi correlacionado com o sistema e estabeleceu a porcentagem de oxidação (Eq. 2), subtraindo-se a porcentagem de oxidação de cada amostra de 100 (Eq. 3) para se obter a porcentagem de proteção²⁴.

$$\% \text{ Oxidação} = \frac{[(\text{Redução Abs})_{amostra} \times 100]}{(\text{Redução Abs})_{sistema}} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\% \text{ Proteção} = 100 - (\% \text{ Oxidação}) \quad (\text{Eq. 3})$$

O teor de fenólicos totais foi determinado empregando-se o reagente de Folin-Ciocalteu, em que 0,5 mL de extrato de cada amostra foram adicionados aos tubos contendo 2,5 mL de solução de Folin-Ciocalteu 10%. Em seguida, foram adicionados 2 mL de solução de carbonato de sódio 4%. Os tubos foram agitados e deixados em repouso por 2 horas, ao abrigo da luz. A cor azul produzida pela redução do reagente Folin-Ciocalteu pelos fenólicos foi medida

espectrofotometricamente, na faixa de absorção de 750 nm. O cálculo do teor de fenólicos foi realizado a partir da equação da reta obtida da curva padrão do ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g da amostra (mg EAG. 100 g⁻¹).²⁵

O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4 dinitrofenil-hidrazina. A leitura foi realizada em espectrofotômetro Beckman 640 B, com sistema computadorizado e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico por 100g⁻¹ de polpa²⁶.

A coloração de fundo da epiderme foi medida nos lados opostos do fruto, com auxílio de um colorímetro Minolta CR 400, no modo CIE L*a*b, em que a coordenada L* representa quanto mais clara ou mais escura é a amostra. Os sólidos solúveis foram determinados por refratometria, utilizando-se o refratômetro digital e os resultados expressos em °Brix.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os alimentos que possuem naturalmente em sua composição substâncias com caráter antioxidante atraem interesse devido aos possíveis efeitos nutricionais e terapêuticos associados ao seu consumo²⁷.

Como se observa na Tabela 1, a atividade antioxidante obtida pelo método de DPPH mostrou um acréscimo significativo na porcentagem de sequestro de radicais livres com o decorrer do tempo de armazenamento nas maçãs da cultivar Eva em todos os tratamentos testados, com exceção da dose de 1,0 kGy que não mostrou diferença significativa ao longo do período experimental. No entanto, verifica-se uma diminuição na porcentagem de

proteção medida pelo método de β -caroteno/ácido linolênico, para os tratamentos controle e submetido a dose de 0,5 kGy e, para as outras doses testadas, não houve diferença significativa para este parâmetro, ao longo do período de armazenamento.

Tabela 1. Valores médios da atividade antioxidante total (AAT) obtida por dois métodos diferentes em maçã cv. Eva durante 45, 90 e 135 dias de armazenamento refrigerado ($0,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$), em função da aplicação de diferentes doses de irradiação gama no início do armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Doses de irradiação (kGy)	AAT – DPPH (% SRL)			AAT - β -caroteno/ácido linolênico (% proteção)		
	Dias de armazenamento			Dias de armazenamento		
	45	90	135	45	90	135
0	45,4 Ab	57,6 Aa	59,0 Aa	73,7 Aa	70,7 Ab	68,0 Abc
0,5	27,6 Bb	31,9 Dab	36,2 Ba	70,1 Ba	67,9 Ba	65,7 Bb
1,0	41,3 A	42,7 C	37,0 B	71,6 A	67,5 B	69,2 A
1,5	38,5 Ac	48,1 Bb	58,9 Aa	67,5 C	69,1 AB	68,5 A

Letras minúsculas apresentam diferença estatística na linha e maiúsculas, na coluna

Pode-se sugerir, então, que, durante o período de armazenamento, ocorre um aumento do percentual de sequestro de radicais livres em maçãs cultivar Eva, independente de ela ter sido submetida ao tratamento com irradiação ou não. Em estudo com amendoins, a cultivar IAC-Tatu não apresentou diferença entre grupos irradiados ou não, no entanto, a cultivar IAC-Runner 886 apresentou maior atividade antioxidante quando submetida à dose de 15 kGy²⁸. Ao avaliar a atividade antioxidante em estudo com suco irradiado nas doses de 1, 3 e 5 kGy, os autores perceberam um aumento significativo ou manutenção dos antioxidantes, o que é essencial para sua preservação²⁹. Da mesma forma, em estudo com sementes de alfafa irradiadas, concluiu-se que a irradiação não

teve efeito no valor nutritivo, mas foi capaz de aumentar a capacidade e a atividade antioxidante³⁰. Por outro lado, o armazenamento não afetou essa variável em estudo com mudanças nos compostos bioativos e capacidade antioxidante de caju³¹.

Ao analisar o comportamento da atividade antioxidante nas diferentes doses em cada tempo de avaliação, é possível observar que, aos 45 dias de armazenamento, os frutos controle apresentaram a maior porcentagem de sequestro de radicais livres, juntamente com as maiores doses de irradiação e a maior proteção pelo método de β -caroteno/ácido linolênico. Aos 90 dias de conservação pós-colheita, permaneceu este mesmo padrão; no último período de avaliação, aos 135 dias de armazenamento refrigerado, o grupo controle e as maiores doses de irradiação testadas apresentaram os melhores resultados ao se tratar de % SRL e % proteção.

A avaliação da atividade antioxidante pelo sistema β -caroteno/ácido linoleico mensura a atividade de uma amostra em proteger um substrato lipídico da oxidação, ou seja, determina o quanto ela é capaz de inibir radicais livres gerados durante a peroxidação do ácido linoleico. Essa metodologia diferencia-se do método de inibição de radicais DPPH, pois este se baseia na transferência de elétrons de uma substância antioxidante para uma oxidante³².

Em estudo de determinação da capacidade antioxidante de frutos brasileiros, a ameixa e o umbu foram classificados como frutos que apresentam níveis intermediários de inibição da oxidação pelo método β -caroteno/ácido linoleico.³³ Do mesmo modo, maçãs 'Eva' podem ser classificadas no nível intermediário, pois apresentam proteção por este método entre 60% e 73%.

A atividade antioxidante de um alimento é resultado da ação de cada um de seus componentes antioxidantes que podem interagir, podendo produzir efeitos sinérgicos ou inibitórios^{34,35}. Dentre os vários compostos com capacidade antioxidante do alimento, destacam-se os compostos fenólicos e a vitamina C.

Os compostos fenólicos, ou polifenóis, constituem um grupo heterogêneo de substâncias encontradas nos alimentos vegetais em variadas concentrações, que despertam grande interesse pelo potencial antioxidante que apresentam³⁶.

Os teores de compostos fenólicos estão apresentados na Tabela 2. É possível observar que, para a dose de 1,0 kGy, houve um decréscimo dos fenólicos totais, comportamento semelhante ao do tratamento controle. Já os frutos submetidos à dose de 0,5 kGy apresentaram um aumento no teor de fenólicos totais ao longo do armazenamento e a maior dose testada, 1,5 kGy, não mostrou diferença significativa para este parâmetro. No entanto, frutos não tratados com irradiação gama tendem a apresentar uma queda mais acentuada nos teores de fenólicos totais ao final do período de conservação pós-colheita e quanto menor a dose de irradiação melhor a resposta dos frutos ao final do armazenamento.

Em geral, as concentrações de fenólicos totais se mantêm relativamente estáveis durante o armazenamento, mas alguns compostos individuais podem variar^{37, 38}. Ainda, o processamento e o armazenamento prolongados promovem oxidação enzimática e química dos compostos fenólicos, contribuindo para a sua redução³⁵. Em estudo sobre compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos, os autores afirmam que tanto o açaí quanto a jabuticaba são frutos com valor intermediário destes compostos, pois contêm entre 100 e 500 mg EAG por 100 g de polpa³³. Dessa forma, é possível afirmar que as maçãs da cultivar Eva apresentam quantidade intermediária de compostos fenólicos.

Tabela 2. Valores médios dos compostos fenólicos e da vitamina C em maçã cv. Eva, durante 45, 90 e 135 dias de armazenamento refrigerado ($0,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$), em função da aplicação de diferentes doses de irradiação gama no início do armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Doses de irradiação (kGy)	Fenólicos totais (mg EAG.100g ⁻¹)			Vitamina C (mg.100g ⁻¹ de polpa)		
	Dias de armazenamento			Dias de armazenamento		
	45	90	135	45	90	135
0	206 Aa	177 Ab	130 Dc	26,5 Ba	24,7 Bab	22,9 ABb
0,5	145 Db	142 Cb	175 Aa	25,4 B	25,0 B	24,5 A
1,0	180 Ba	181 Aa	141 Cb	31,2 Aa	24,1 Bb	16,6 BCc
1,5	165 C	161 B	160 B	30,1 Aa	30,6 Aa	21,9 Bb

Letras minúsculas apresentam diferença estatística na linha e maiúsculas, na coluna

Já para vitamina C (Tabela 2), verificou-se um decréscimo ao longo do período experimental, exceto para a dose de 0,5 kGy, para a qual não houve diferença estatística entre os tempos de armazenamento. Com relação às diferentes doses no mesmo dia de análise, é possível observar que a maior dose em estudo apresentou os maiores teores de vitamina C nos tempos 45 e 90, sendo que no primeiro dia foi semelhante à dose de 1,0 kGy. No entanto, no último período de avaliação, a dose de 0,5 kGy e o grupo controle apresentaram os maiores valores de vitamina C, demonstrando que, com o decorrer do armazenamento pós-colheita, menores doses de irradiação são mais eficazes na manutenção dos teores de vitamina C. Em estudo com buriti, o teor de ácido ascórbico apresentou-se maior nas amostras submetidas à irradiação.³⁹ Embora o ácido ascórbico possa contribuir para os efeitos benéficos causados pela maçã à saúde humana, o composto representa uma pequena parte da atividade antioxidante do fruto^{35,40}.

A eficiência antioxidante de compostos bioativos em alimentos de origem vegetal depende de sua estrutura e da sua concentração no alimento. Por

sua vez, a quantidade dessas substâncias em vegetais é amplamente influenciada por fatores genéticos, grau de maturação, variedade da planta, condições ambientais, tipo de processamento, tempo de armazenamento e modo de acondicionamento, dentre outros fatores^{41-43, 31, 39}.

Na Tabela 3 estão expressos os valores de coloração de fundo por meio do parâmetro L* e os teores de sólidos solúveis (SS). É possível observar que os valores de L* não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos realizados e entre os diferentes tempos de armazenamento.

Tabela 3. Valores médios de coloração de fundo (L*) e sólidos solúveis em maçã cv. Eva, durante 45, 90 e 135 dias de armazenamento refrigerado ($0,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$), em função da aplicação de diferentes doses de irradiação gama no início do armazenamento. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Doses de irradiação (kGy)	L*			Sólidos solúveis (°Brix)		
	Dias de armazenamento			Dias de armazenamento		
	45	90	135	45	90	135
0	74,6	73,6	73,0	13,0 a	14,0 Aab	14,6 ABa
0,5	73,4	74,3	73,2	12,5	12,8 B	13,2 B
1,0	73,8	74,5	72,4	12,8	12,0 B	13,0 B
1,5	73,5	73,3	71,8	13,3 ab	12,3 Ba	14,0 Ba

Letras minúsculas apresentam diferença estatística na linha e maiúsculas, na coluna

Com relação aos sólidos solúveis, é possível observar um leve aumento em frutos controle e submetidos à dose de 1,0 kGy; para as outras doses não houve diferença significativa. No entanto, analisando-se os diferentes tratamentos em cada tempo de avaliação, verifica-se que frutos irradiados apresentaram os menores teores de SS a partir dos 90 dias de armazenamento refrigerado, o que indica uma menor atividade metabólica nestes frutos, devido, provavelmente, ao tratamento aplicado.

Conclusões

Independente da dose de irradiação, ocorre um aumento do porcentual de sequestro de radicais livres em maçãs da cultivar Eva com o decorrer do armazenamento refrigerado. No entanto, este método de conservação foi capaz de preservar os compostos fenólicos, manter os teores de vitamina C e manter a qualidade dos frutos percebida pelos menores teores de sólidos solúveis, sendo que quanto menor a dose de irradiação melhor é a resposta dos frutos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos órgãos de fomento à pesquisa FAPEMIG e CAPES, pelo apoio financeiro recebido para o desenvolvimento deste trabalho, ao Sítio Camará e ao Centro de Desenvolvimento de Energia Nuclear e Centro Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN), pelo apoio durante a execução do projeto.

REFERÊNCIAS

1. Padayatty SJ, Katz A, Wang Y, Eck P, Kwon O, Lee J H, Chen S, Corpe C, Dutta A, Dutta SK and Levine M, Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. *J Am College Nutr* **22**:18–35 (2003).
2. Napolitano A, Cascone A, Graziani G, Ferracane R, Scalfi L, DiVaio C, Ritieni A and Fogliano V, Influence of variety and storage on the polyphenol composition of apple flesh. *J Agric Food Chem* **52**: 6525–6531 (2004).
3. Lata B, Przerdzka M and Binkowska M, Great differences in antioxidant properties exist between 56 apple cultivars and vegetation seasons. *J Agric Food Chem* **53**: 8970–8978 (2005).

4. Vanzani P, Rossetto M, Rigo A, Vrhovsek U, Mattivi F, D'Amato E and Scarpa M, Major phytochemicals in apple cultivars: contribution to peroxy radical trapping efficiency. *J Agric Food Chem* **53**: 3377–3382 (2005).
5. Hussain PR, Meena RS, Dar MA and Wani AM, Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of Red delicious apple. *J Food Sci Technol* DOI10.1007/s13197-011-0289-0 (2011).
6. Park JG, Yoon Y, Park JN, Han IJ, Song BS, Kim JH, Kim WG, Hwang HJ, Han SB and Lee JW, Effects of gamma irradiation and electron beam irradiation on quality, sensory, and bacterial populations in beef sausage patties. *Meat Science* **85**: 368-372 (2010).
7. Azelmat K, Elgarrouj D, Mouhib M and Sayah F, Irradiation of 'Boufeggous' dates: Effects on chemical composition during storage. *Postharvest Biol Technol* **39**: 217-222 (2006).
8. Prakash A, Inthajak P, Huibregste H, Caporaso F and Foley DM, Effect of low dose gamma irradiation and conventional treatments on shelf life and quality characteristics of diced celery. *J Food Sci* **65**: 1070–1075 (2000).
9. Niemira BA, Fan X, Sokoria KJB and Sommers CH, Ionizing radiation sensitivity of *Listeria monocytogenes* and *L. innocua* inoculated on endive (*Cichorium endive*). *J Food Protect* **66**: 993–998 (2003).
10. Baskaran R, Devi AU and Nayak CA, Effect of low dose gamma irradiation on the shelf life and quality characteristics of minimally processed potato cubes under modified atmosphere packaging. *Radiat Phys Chem* **76**: 1042–1049 (2007).
11. Thomas P, Radiation preservation of foods of plant origin. Part V. Temperate fruits: pome fruits, stone fruits, and berries. *Crit Rev Food Sci Nutr* **24**: 357–400 (1986).

12. Farkas J, Irradiation as a method for decontaminating food: a review. *Int J Food Microbiol* **44**: 89–204 (1998).
13. Fan X, Argenta L and Mattheis JP, Impact of ionizing radiation on volatile production by ripening Gala apple fruit. *J Agric Food Chem* **49**: 254–262 (2001).
14. Deruiter FE and Dwyer J, Consumer acceptance of irradiated foods: dawn of a new era? *Eur Food Res Technol* **2**: 47–58 (2002).
15. Kamat A, Pingulkar K, Bhushan B, Gholap A and Thomas P, Potential application of low dose gamma irradiation to improve the microbiological safety of fresh coriander leaves. *Food Control* **14**: 529–37 (2003).
16. Bari ML, Al-Haq MI, Kawasaki T, Nakauma M, Todoriki S, Kawamoto S and Isshiki K, Irradiation to kill *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on ready-to-eat radish and mung beans prouts. *J Food Protect* **67**: 2263–8 (2004).
17. Kamat AS, Ghadge N, Ramamurthy MS and Alur MD, Effect of low-dose irradiation on shelf life and microbiological safety of slice carrot. *J Sci Food Agric* **85**: 2213–9 (2005).
18. Zhang L, Lu Z and Wang H, Effect of gamma irradiation on microbial growth and sensory quality of fresh-cut lettuce. *Int J Food Microbiol* **106**: 348–51 (2006).
19. Cia P, Pascholati SF, Benato EA, Camili EC and Santos CA, Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. *Postharvest Biol Technol* **43**: 366-373 (2007).
20. Shashidhar R, Dhokane VS, Hajare SN, Sharma A and Bandekar JR, Effectiveness of radiation processing for elimination of *Salmonella* Typhimurium from minimally processed pineapple (*Ananas comosus* Merr.). *J Food Sci* **72**: M98–101 (2007).

21. Niemira BA, Irradiation compared with chlorination for elimination of *Escherichia coli* O157:H7 internalized in lettuce leaves: influence of lettuce variety. *J Food Sci* **73**: 208–13 (2008).
22. Hussain PR, Meena RS, Dar MA and Wani AM, Carboxymethyl cellulose coating and low-dose gamma irradiation improves storage quality and shelf life of pear (*Pyrus Communis* L. Cv. Bartlett/William). *J Food Sci* **75**:86-96 (2010).
23. Rufino MSM, Alves RE, Morais SM, Sampaio CG, Perez-Jimenez J and Saura-Calixto FD, *Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH*. Fortaleza: Embrapa, “Não paginado” (2007).
24. Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Mancini Filho J and Moreira AVB, *Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β -caroteno/Ácido Linoléico*. Fortaleza: Embrapa, “Não paginado” (2006).
25. Waterhouse AL, Polyphenolics: Determination of total phenolics in *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, ed. by Wrolstad RE. John Wiley & Sons, New York, pp. 1111-1118 (2002).
26. Strohecker RL and Henning HM, *Análisis de vitaminas: métodos comprobados*. Paz Montalvo, Madri, p.428 (1967).
27. Rufino MSM, Fernandes FAN, Alves RE, Brito ES, Free radical-scavenging behavior of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system. *Food Chem* **114**: 693-695 (2009).
28. Camargo AC, Canniatti-Brazaca SG, Mansi DN, Domingues MAC, Arthur V. Efeitos da radiação gama na cor, capacidade antioxidante e perfil de ácidos graxos em amendoim (*Arachis hypogaea* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **31**: 11-15 (2011).

29. Lee JW, Kim JK, Srinivasan P, Choi J, Kim JH, Han SB, Kim D and Byun MW, Effect of gamma irradiation on microbial analysis, antioxidant activity, sugar content and color of ready-to-use tamarind juice during storage. *Food Sci Technol* **42**: 101-105 (2009).
30. Fan X, Thayer DW and Sokorai KJB, Changes in growth and antioxidant status of alfalfa sprouts during sprouting as affected by gamma irradiation of seeds. *J Food Prot* **67**: 561–566 (2004).
31. Queiroz C, Lopes MLM, Fialho E, Valente-Mesquita VL, Changes in bioactive compounds and antioxidant capacity of fresh-cut cashew apple. *Food Res Int* **44**: 1459-1462 (2011).
32. Duarte-Almeida JM, Santos RJ, Genovese MI, Lajolo FM, Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **26**: 446-452 (2006).
33. Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto F, Mancini-Filho J, Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chem* **121**: 996-1002 (2010).
34. Kuskoski EM, Asuero AG, Troncoso AM and Mancini-Filho J, Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **25**: 726-732 (2005).
35. Lee KW, Kim YJ, Kim DO, Lee HJ, Lee CY, Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity. *J Agric Food Chem* **51**: 6516–6520 (2003).
36. Scalbert A, Williamson G, Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Journal of Nutrition* **130**: 2073-2085 (2000).
37. Awad MA and de Jager A, Flavonoid and chlorogenic acid concentrations in skin of ‘Jonagold’ and ‘Elstar’ apples during and after regular and ultra low oxygen storage. *Postharvest Biol Technol* **20**: 15–24 (2000).

38. Awad MA and de Jager A, Influences of air and controlled atmosphere storage on the concentration of potentially healthful phenolics in apples and other fruits. *Postharvest Biol Technol* **27**: 53–58 (2003).
39. Lima ALS, Lima KSC, Coelho MJ, Silva JM, Godoy RLO, Pacheco S, Avaliação dos efeitos da radiação gama nos teores de carotenóides, ácido ascórbico e açúcares do fruto buriti do brejo (*Mauritia flexuosa* L.). *Acta Amazonica* **39**: 649-654 (2009).
40. Boyer J, Brown D, Liu RH, Uptake of quercetin and quercetin3-glucoside from whole onion and apple peel extracts by caco-2 cell monolayers. *J Agric Food Chem* **52**: 7172–7179 (2004).
41. Amakura, Y, Umino Y, Tsuji S, Tonogai Y, Influence of jam processing on the radical scavenging activity and phenolic content in berries. *J Agric Food Chem* **48**: 6292-6297 (2000).
42. Kaur C and Kapoor HC, Anti-oxidant activity and total phenolic – the millennium's health. *Intern J Sci Tech* **36**: 703-725 (2001).
43. Kiralp S, Toppare L, Polyphenol content in selected Turkish wines, an alternative method of detection of phenolics. *Process Biochemistry* **41**: 236-239 (2006).