

CRIZANE HACKBARTH

**INFLUÊNCIA DO PRÉ-RESFRIAMENTO E DO TRATAMENTO
COM 1-MCP NA QUALIDADE DE MAÇÃS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano André Steffens

Co-orientadores: Prof. Dr. Cassandro Vidal Talamini do Amarante
Prof. Dr. David José Miquelutti

**LAGES –SC
2014**

H118i

Hackbarth, Crizane

Influência do pré-resfriamento e do tratamento com 1-MCP na qualidade de maçãs / Crizane Hackbarth - Lages, 2014.

75 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Cristiano André Steffens

Coorientador: Cassandro Vidal Talamini do Amarante

Coorientador: David José Miquelutti

Bibliografia: p. 70-75

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveteinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2014.

1. Calor de campo. 2. Pré-resfriamento. 3. Etileno.

I. Hackbarth, Crizane. II. Steffens, Cristiano André. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título

CDD: 634.11 - 20.ed.

CRIZANE HACKBARTH

**INFLUÊNCIA DO PRÉ-RESFRIAMENTO E DO TRATAMENTO
COM 1-MCP NA QUALIDADE DE MAÇÃS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca Examinadora:

Orientador:

Dr. Cristiano André Steffens
UDESC/Lages-SC

Membro:

Dr. Cassandro Vidal Talamini do Amarante
UDESC/ Lages-SC

Membro

Dr. Ivan Sestari
UFSC /Curitibanos-SC

Lages, 17 de julho de 2014.

AGRADECIMENTOS

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

Sou grata a esta força infinita que me impulsiona e acompanha no dia-a-dia, guia meus passos e concede proteção.

A minha família, meus tios e avós, pela ajuda e por compartilhar comigo dos momentos vividos, em especial minha irmã Daiana, minha mãe Luiza e meu pai Horst.

Ao Dr. Cristiano A. Steffens, por ter me orientado nos últimos anos, por conversar, indicar caminhos, soluções, incentivar, dividir o seu tempo e conhecimento comigo, sempre paciente e justo.

Ao Dr. Cassandro V. T. do Amarante, pela oportunidade de conhecer esta área da pesquisa, pela prestatividade e ajuda.

A colega Mayara, por ter me acompanhado desde o início dos experimentos, e juntamente comigo, liderado nas análises, sempre responsável e organizada.

Aos demais amigos e colegas do laboratório, por serem companheiros de disciplinas, por toda a ajuda fornecida, pelos bons momentos e prestatividade. A ajuda de vocês foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho. A companhia de vocês foi maravilhosa e inesquecível! Em especial, Thalita, Aline, Milton, Jeferson, Bruno, Mariuccia, Marcos, Amanda, Marcelo, Generoso, Marília, Diego, Renan, Vinício, Fran, Eloisa, João Paulo, Daniel, João Henrique, Roger, Cleber e Angélica.

A Josiane, colega da pós-graduação, que auxiliou em algumas análises, e tornou o ambiente de trabalho mais divertido.

A UDESC e aos professores e demais profissionais, sou grata pela minha formação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

A empresa Schio e ao Eng. Agrônomo Andrei, por fornecer os frutos para este trabalho.

Muito obrigada!

“Transportai um punhado de terra
todos os dias e fareis uma
montanha.”

(Confúcio)

RESUMO

HACKBARTH, Crizane. **Influência do pré-resfriamento e do tratamento com 1-MCP na qualidade de maçãs**. 2014. 75 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Fisiologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2014.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes formas de pré-resfriamento dos frutos, associado ao calor de campo, e do uso do 1-MCP, combinado com o retardo do resfriamento, sobre a qualidade de maçãs armazenadas sob refrigeração. No primeiro experimento foi avaliado o efeito do pré-resfriamento em ar e em água, em maçãs ‘Galaxy’ e ‘Fuji Kiku 8’. Os tratamentos foram: sem pré-resfriamento; pré-resfriamento em ar; e pré-resfriamento em água até 15°C, 10°C e 5°C. No experimento 2 foi avaliado o efeito do calor de campo simulado e do pré-resfriamento em água, na qualidade de clones de maçã ‘Gala’ (‘Imperial Gala’ e ‘Galaxy’) e ‘Fuji Kiku 8’. Os tratamentos constituíram-se na simulação do calor de campo de 25°C, 31°C e 37°C na cv. Gala, e 20°C, 25°C e 30°C na cv. Fuji Kiku 8, associado ao pré-resfriamento em água ou não. No terceiro experimento, o objetivo foi avaliar o efeito da aplicação de 1-MCP e de diferentes períodos de resfriamento dos frutos sobre a qualidade de maçãs ‘Galaxy’. Neste experimento buscou-se verificar até que tempo de retardo do resfriamento não ocorre perda de qualidade dos frutos, e se o 1-MCP pode substituir a necessidade do resfriamento rápido dos frutos. Os tratamentos originaram-se da combinação entre os fatores 1-MCP (com ou sem) e tempos de resfriamento (24 h, 96 h, 144 h, 192 h e 240 h). Maçãs ‘Gala’ foram armazenadas a $1^{\circ}\text{C}\pm 0,5^{\circ}\text{C}/\text{UR}$ de $92\pm 5\%$, durante três e quatro meses no primeiro experimento, dois meses nas safras 2009/10 e 2011/12, e quatro meses na safra 2012/13, no segundo experimento, e quatro meses no terceiro experimento. As maçãs ‘Fuji Kiku 8’ foram armazenadas a $0,5^{\circ}\text{C}\pm 0,5^{\circ}\text{C}/\text{UR}$ de $92\pm 5\%$, durante cinco meses e meio. Foram avaliados os atributos de firmeza de polpa, textura (forças para ruptura da epiderme e penetração da polpa), acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis (SS), taxas respiratória e de produção de etileno e incidência de podridões e de polpa farinácea. No

primeiro experimento, maçãs ‘Galaxy’ pré-resfriadas até 10°C apresentaram os menores valores de textura. Maçãs ‘Fuji Kiku 8’ pré-resfriadas até 10°C e 5°C apresentaram os menores valores de firmeza de polpa, textura e teor de SS, comparado ao controle. No segundo experimento, o aumento do calor de campo diminuiu a incidência de podridões em ‘Fuji Kiku 8’ e não influenciou nos demais atributos avaliados. Maçãs ‘Gala’ pré-resfriadas apresentaram maior força para penetração da polpa, em dois anos avaliados, e maior força para ruptura da casca, menor síntese de etileno, maior teor de SS e maior retenção da coloração verde da epiderme em um dos anos de experimentação. No terceiro experimento, a aplicação de 1-MCP proporcionou frutos com maiores valores de firmeza de polpa, atributos de textura, AT e menor incidência de polpa farinácea, independente do tempo de resfriamento. O pré-resfriamento não apresenta efeito consistente na manutenção da qualidade de maçãs ‘Imperial Gala’, ‘Galaxy’ e ‘Fuji Kiku 8’. O 1-MCP é eficaz na manutenção da qualidade das maçãs ‘Galaxy’, mesmo com o retardo do resfriamento de até 240h. O retardo do resfriamento compromete os atributos de textura e diminui a AT de maçãs ‘Galaxy’ sem aplicação de 1-MCP.

Palavras-chave: Calor de campo. Pré-resfriamento. Etileno.

ABSTRACT

HACKBARTH, Crizane. **Influence of precooling and treatment with 1-MCP on apples fruit quality**. 2014. 75 f. Dissertation (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Fisiologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2014.

The aim of this study was to evaluate the effect of different methods of precooling, associated with the field heat and the use of 1-MCP, combined with the delay of cooling on the quality of apples stored under refrigeration. In the first experiment, the objective was to evaluate the effects of precooling in air and in water of ‘Galaxy’ and ‘Fuji Kiku 8’ apples. The treatments were: no precooling (control); precooling in air; and hydrocooling to 15 °C, 10 °C and 5 °C. In second experiment, the objective was to evaluate the effects of field simulated heat and hydrocooling on fruit quality of clones of ‘Gala’ (‘Imperial Gala’ and ‘Galaxy’) and ‘Fuji Kiku 8’. The treatments consisted of field simulated heat of 25 °C, 31 °C and 37 °C in cv. Gala, and 20 °C, 25 °C and 30 °C at cv. Fuji Kiku 8, associated or not with hydrocooling. In the third experiment, the objective was to evaluate the effects of 1-MCP and different periods of cooling on the quality of ‘Galaxy’ apples. In this experiment, it was assessed the time of cooling delay that does not impair fruit quality, and if 1-MCP can replace the need for fast cooling of fruits. The treatments comprised combination of 1-MCP treatment (with or without) and cooling times (24 h, 96 h, 144 h, 192 h, and 240 h). ‘Gala’ apples were stored at 1 °C±0.5 °C/RH 92±5% during three and four months in the first experiment, two months (in 2009/10 and 2011/12) and four months (in 2012/13 season) in the second experiment, and four months in the third experiment. ‘Fuji Kiku 8’ apples were stored at 0.5 °C±0.5 °C/RH 92±5%, during five and a half months in all experiments. Fruit were assessed in terms of flesh firmness, texture (force to rupture the skin and to penetrate the pulp), titratable acidity (TA), soluble solids content (SSC), rates of respiration and ethylene production, and incidence of decay and mealy pulp. In the first experiment, ‘Galaxy’ apples hydrocooled to 10 °C had the lowest

texture. 'Fuji Kiku 8' apples hydrocooled to 10 °C and 5 °C showed the lowest values of firmness, texture and SSC, compared to the control. In the second experiment, the increase of the field heat decreased the incidence of decay in 'Fuji Kiku 8' and did not affect the other quality attributes. 'In Gala' apples, precooling increased the force to penetrate the pulp in two years, and increased the force to rupture the skin, reduced the synthesis of ethylene, increased the SSC and improved the retention of green color of the epidermis in one year of experimentation. In the third experiment, the treatment with 1-MCP provided higher values of flesh firmness, texture attributes and AT, and lower incidence of mealy pulp, independent of the cooling time. Precooling has no consistent effect in maintaining the quality of 'Imperial Gala', 'Galaxy' and 'Fuji Kiku 8' apples. 1-MCP is effective in maintaining the quality of the 'Galaxy' apples, even with a cooling delay of up to 240 h. The cooling delay impairs texture attributes and decreases AT in 'Galaxy' apples not treated with 1-MCP.

Key-words: Field heat. Precooling. Ethylene.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Firmeza da polpa e força para ruptura da epiderme em maçãs ‘Galaxy’, submetidas a diferentes manejos de pré-resfriamento (PR), avaliadas após três e quatro meses de armazenamento refrigerado (AR), seguido por mais sete dias em condições ambiente..... 30
- Tabela 2 - Firmeza da polpa e atributos de textura em maçãs ‘Fuji Kiku 8’, submetidas a diferentes manejos de pré-resfriamento (PR), após cinco meses de armazenamento refrigerado e após mais sete dias em condições ambiente.... 31
- Tabela 3 - Sólidos solúveis, acidez titulável, incidência de podridões e polpa farinácea em maçãs ‘Galaxy’ submetidas a diferentes manejos de pré-resfriamento (PR), após três e quatro meses de armazenamento refrigerado, seguido por mais sete dias em condições ambiente. 32
- Tabela 4 - Sólidos solúveis, acidez titulável e incidência de podridões em maçãs ‘Fuji Kiku 8’ submetidas a diferentes manejos de pré-resfriamento (PR), após cinco meses de armazenamento refrigerado e após mais sete dias em condições ambiente..... 33
- Tabela 5 - Atributos de cor da epiderme em maçãs ‘Galaxy’ e ‘Fuji Kiku 8’, e taxa respiratória em maçãs ‘Fuji Kiku 8’, submetidas a diferentes manejos de pré-resfriamento (PR), após o armazenamento refrigerado e após mais sete dias em condições ambiente..... 35
- Tabela 6 - Análise inicial das maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’, realizada após a colheita, para caracterizar os frutos quanto aos atributos de maturação, realizada em diferentes anos agrícolas..... 41

Tabela 7 - Taxa respiratória ($\text{nmol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e de produção de etileno ($\text{nmol C}_2\text{H}_4 \text{ Kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) de clones de maçãs ‘Gala’, nos anos agrícolas de 2009/10 e 2011/12, submetidas a diferentes temperaturas de calor de campo e pré-resfriamento em água.....	43
Tabela 8 - Taxa respiratória ($\text{nmol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) de maçãs ‘Fuji Kiku 8’ submetidas a diferentes temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.....	44
Tabela 9 - Firmeza da polpa (N) em clones de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’ submetidas a três temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.....	45
Tabela 10 - Força para a penetração da polpa (N) em clones de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’ submetidas a três temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.	47
Tabela 11 - Força para a ruptura da epiderme (N) em maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’ submetidas a três temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.....	48
Tabela 12 - Acidez titulável (% de Ac. málico) de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’ submetidas a diferentes temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água..	49
Tabela 13 - Teor de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) de clones de maçã ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’ submetidas a diferentes temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.....	50
Tabela 14 - Cor da epiderme (ângulo <i>hue</i>) de clones de maçã ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’ submetidas a diferentes temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.	51
Tabela 15 - Incidência de podridão (%) em clones de maçã ‘Gala’ e ‘Fuji kiku 8’ submetidas a diferentes temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.....	53

Tabela 16 -Firmeza de polpa e incidência de polpa farinácea de maçãs ‘Galaxy’ após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condições ambiente em função do retardo do resfriamento dos frutos e a aplicação de 1-MCP.	61
Tabela 17 -Forças para ruptura da epiderme e para penetração da polpa de maçãs ‘Galaxy’ após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condições ambiente em função do retardo do resfriamento dos frutos e a aplicação de 1-MCP.....	63
Tabela 18 -Acidez titulável e teor de sólidos solúveis de maçãs ‘Galaxy’ após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condições ambiente em função do retardo do resfriamento dos frutos e a aplicação de 1-MCP.	65
Tabela 19 -Cor da epiderme e incidência de podridões de maçãs ‘Gala’ após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condições ambiente em função do retardo do resfriamento dos frutos e a aplicação de 1-MCP..	67

ABREVIATÖES

° Brix	graus Brix
° C	graus Celsius
1-MCP	1-metilciclopropeno
AR	armazenamento refrigerado
AT	acidez titulável
CaCl ₂	cloreto de cálcio
Cm	Centímetros
CO ₂	dióxido de carbono
CV	coeficiente de variação
H	Hora
<i>hº, hue</i>	ângulo 'hue'
Kg	Quilograma
kPa	quilo Pascal
L	Litro
M	Metro
MG	Miligrama
mL	Mililitro
Mm	Milímetro
Min	Minuto
m ³	metro cúbico

N	Newton (unidade de firmeza de polpa)
N	Normal (concentração de solução química)
N ₂	Nitrogênio
ηmol	Nanomolar
NaOH	hidróxido de sódio
O ₂	Oxigênio
p	Probabilidade
pH	potencial hidrogeniônico
PGs	Poligalacturonases
ppb	partes por bilhão
RS	Rio Grande do Sul
S	Sul
SC	Santa Catarina
s	Segundo
SS	sólidos solúveis
t	Toneladas
UR	umidade relativa do ar
W	Oeste

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	21
2 PRÉ-RESFRIAMENTO EM AR E EM ÁGUA NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE MAÇÃS 'GALAXY' E 'FUJI KIKU 8'	24
2.1 RESUMO	24
2.2 ABSTRACT	24
2.3 INTRODUÇÃO	25
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
2.6 CONCLUSÕES.....	35
3 QUALIDADE DE MAÇÃS 'GALA' E 'FUJI' SUBMETIDAS A DIFERENTES TEMPERATURAS DE CALOR DE CAMPO E PRÉ-RESFRIADAS EM ÁGUA	36
3.1 RESUMO	36
3.2 ABSTRACT	36
3.3 INTRODUÇÃO	37
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
3.6 CONCLUSÕES.....	53
4 QUALIDADE DE MAÇÃS 'GALAXY' TRATADAS COM 1 -MCP E COM RETARDO NO RESFRIAMENTO.....	54
4.1 RESUMO	54
4.2 ABSTRACT	54
4.3 INTRODUÇÃO	55
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	57
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.6 CONCLUSÕES.....	68
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

1 INTRODUÇÃO GERAL

A maçã é um organismo vivo e sua vida pós-colheita é limitada por processos bioquímicos, os quais desencadeiam o amadurecimento do fruto, culminando na sua senescência (STEFFENS *et al.*, 2008). A respiração e a transpiração são evidências de que os frutos continuam vivos após a colheita. O fruto, que continua vivo, deve manter o metabolismo com suas próprias reservas, o que leva à deterioração. Deste modo, há necessidade de reduzir a velocidade da deterioração através do manuseio adequado das condições de armazenamento, para aumentar o período de conservação.

As cultivares de maçã Gala e Fuji são as mais produzidas e consumidas no Brasil, e apresentam metabolismo diferenciado. Enquanto a ‘Gala’ apresenta um rápido amadurecimento e uma alta produção autocatalítica de etileno, devido à alta sensibilidade a este fitormônio e à alta taxa respiratória (BRACKMANN, 1992), a ‘Fuji’ apresenta pouca resposta, ou até mesmo nenhuma resposta ao etileno e uma menor taxa respiratória, já que é uma cultivar mais tardia (SAQUET & STREIFF, 2002). A cultivar Fuji e seus mutantes ‘Fuji Kiku’ e ‘Fuji Suprema’ ganharam espaço no mercado por suas características organolépticas, como textura, alto conteúdo de suco e “flavor”. A cultivar Fuji apresenta um alto potencial de armazenamento, sem que aconteçam perdas sensíveis da qualidade. Porém, se as condições de armazenamento não forem adequadas, ocorre uma redução acentuada nos conteúdos de ácidos e a manifestação de distúrbios fisiológicos. A cultivar Gala, em decorrência de seu metabolismo acelerado em pós-colheita, apresenta acentuada redução de firmeza de polpa e acidez titulável e aumento na ocorrência de distúrbios fisiológicos e podridões (BRACKMANN & SAQUET, 1999).

Considerando o contínuo aumento da produção e a necessidade de suprir a demanda de maçãs durante todos os meses do ano, bem como a exigência por frutos de qualidade, os produtores brasileiros têm feito investimentos para ampliação e aperfeiçoamento do seu sistema de armazenagem. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), a produção nacional estimada é de 1,3 milhão de toneladas de maçãs em 2014, concentrando cerca de 96% dessa produção nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em Santa Catarina, 409 mil toneladas de maçãs são armazenadas e no Rio Grande do Sul cerca de 390 mil toneladas (AGAPOMI, 2013). No Rio Grande do Sul, 63% do armazenamento é realizado em atmosfera controlada,

enquanto que 37% dos frutos são armazenados em frio convencional (AGAPOMI, 2013).

A maçã apresenta um excelente potencial de conservação comparado a outras frutíferas (STEFFENS *et al.*, 2008). Contudo, vários fatores afetam este potencial, dentre eles a cultivar que será armazenada, as condições climáticas durante o desenvolvimento do fruto, a condição nutricional da planta, o estágio de maturação do fruto, o manejo pós-colheita e as condições de armazenamento. A velocidade em que ocorrem os principais processos metabólicos nos frutos em pós-colheita depende principalmente da temperatura (CHITARRA, 1998; STEFFENS *et al.*, 2007). Entretanto, a frigoconservação, isoladamente, não é capaz de reduzir suficientemente o metabolismo dos frutos durante o armazenamento.

Algumas técnicas são adotadas para melhorar ainda mais o potencial de conservação, como o pré-resfriamento dos frutos após a colheita e o manejo do etileno no ambiente de armazenamento.

O rápido resfriamento dos frutos em pós-colheita é um paradigma consolidado e indicado para várias espécies, sendo uma importante etapa pós-colheita, que consiste na remoção rápida do calor de campo dos frutos antes do armazenamento, processamento ou comercialização. Em maçãs, o pré-resfriamento pode ser realizado em água e em ar. O pré-resfriamento em água tem a vantagem de eliminar rapidamente o calor dos frutos, sem que estes percam muita água por transpiração, como ocorre no pré-resfriamento realizado em ar. O pré-resfriamento em água pode causar ganho de peso pela absorção de água, aumentando a incidência de distúrbios internos e acelerando o amadurecimento dos frutos. O pré-resfriamento realizado em ar tem a vantagem de evitar a contaminação dos frutos com esporos causadores de podridões presentes na água do pré-resfriador (BRACKMANN *et al.*, 2001b). Apesar disto, existem dúvidas entre os produtores e armazenadores de maçãs a respeito dos benefícios desta prática.

No Brasil, a maioria das câmaras de armazenagem não possui suficiente capacidade de refrigeração e nem o movimento de ar com velocidade suficiente para efetuar um resfriamento rápido dos produtos recém-armazenados. Desta forma, o pré-resfriamento geralmente é uma operação separada e que necessita de equipamentos de maior capacidade de refrigeração (LOUZADA *et al.*, 2003). Devido ao grande volume de frutos durante a safra, o pré-resfriamento em água, quando feito, geralmente é realizado de forma parcial, até temperaturas de 8 °C ou

mais, para não atrasar o enchimento das câmaras e acumular frutos no “packing house”.

Em maçãs, o pré-resfriamento por imersão em água reduziu a perda de peso e o murchamento dos frutos, e não afetou o teor de sólidos solúveis totais e a acidez titulável (BRACKMANN *et al.*, 1994a; BRACKMANN *et al.*, 1996). Contudo, houve um aumento na incidência de podridões em frutos com ferimentos. O benefício do pré-resfriamento na manutenção da firmeza de polpa em maçãs é contraditório, e dependente de outros fatores. Brackmann *et al.* (1996) verificaram que em maçãs ‘Fuji’ e ‘Golden Delicious’, o pré-resfriamento diminuiu a firmeza de polpa dos frutos.

Além do uso da refrigeração na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças, técnicas de manejo do etileno no ambiente de armazenamento têm sido empregadas, como o uso do gás 1-metilciclopropeno (1-MCP). O 1-MCP, ao ligar-se ao sítio receptor do etileno na célula, interfere na ação do etileno endógeno ou exógeno, diminuindo assim sua ação (ARGENTA *et al.*, 2001). É apresentado na forma de pó e, com a adição de solução neutra ou água, libera o ingrediente ativo na forma de gás (BRACKMANN *et al.*, 2004).

O uso do 1-MCP na pós-colheita de maçãs foi eficaz na manutenção da firmeza de polpa e da acidez titulável, diminuiu a taxa respiratória e de produção de etileno e retardou o amarelecimento da epiderme nos frutos após o armazenamento (ARGENTA *et al.*, 2001; BRACKMANN *et al.*, 2004b; CORRENT *et al.*, 2004). Desta forma, a aplicação de 1-MCP poderia dispensar o rápido resfriamento dos frutos, sem comprometer o potencial de conservação e de armazenamento das maçãs em pós-colheita.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do pré-resfriamento em ar e em água e do pré-resfriamento em água, associado com diferentes simulações de calor de campo, sobre a manutenção da qualidade de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’. Objetivou-se também avaliar o efeito da aplicação de 1-MCP e do retardo do resfriamento sobre a qualidade de maçãs ‘Galaxy’, bem como verificar até que tempo de retardo do resfriamento não ocorre perda de qualidade dos frutos.

As hipóteses deste trabalho são: 1) pode ocorrer perda na qualidade de frutos pré-resfriados após o AR; 2) o pré-resfriamento em água pode aumentar a incidência de podridões e distúrbios fisiológicos; 3) o uso de 1-MCP é eficaz para manter a qualidade dos frutos após o AR, eliminando a necessidade de um resfriamento rápido.

2 PRÉ-RESFRIAMENTO EM AR E EM ÁGUA NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE MAÇÃS ‘GALAXY’ E ‘FUJI KIKU 8’

2.1 RESUMO

A conservação pós-colheita de frutos depende principalmente da diminuição da temperatura, já que esta afeta as taxas respiratória e de produção de etileno. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do pré-resfriamento em água e em ar sobre a manutenção da qualidade de maçãs ‘Galaxy’ e ‘Fuji kiku 8’. Os frutos foram provenientes de um pomar comercial de Vacaria, RS, na safra 2012/2013. Os tratamentos avaliados foram: sem pré-resfriamento (testemunha); pré-resfriamento em ar na câmara de armazenamento; e pré-resfriamento em água até 15 °C 10°C e 5 °C. As maçãs ‘Galaxy’ foram armazenadas a $1\pm 0,5$ °C/UR de $92\pm 5\%$, durante três e quatro meses, e as maçãs ‘Fuji kiku 8’ a $0,5\pm 0,5$ °C/UR de $92\pm 5\%$ durante cinco meses e meio. Após três meses de armazenamento, na maçã ‘Galaxy’, os frutos pré-resfriados até 10 °C apresentaram os menores valores para os atributos de textura. Não se observou efeito do pré-resfriamento sobre o teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), cor da epiderme e incidência de frutos podres e de polpa farinácea. Este resultado se manteve após quatro meses de armazenamento. Maçãs ‘Fuji kiku 8’ pré-resfriadas em água até 5°C apresentaram os menores valores de firmeza de polpa e força para penetração da polpa, na saída da câmara. Após sete dias em condições ambiente, o pré-resfriamento em água até 5 °C e 10 °C reduziu a firmeza de polpa, a força para ruptura da epiderme e o teor de SS dos frutos, comparado ao controle. Nos demais atributos avaliados não foram observadas diferenças entre tratamentos. O pré-resfriamento não apresenta benefícios na manutenção da qualidade de maçãs ‘Galaxy’ e ‘Fuji kiku 8’.

Palavras-chave: Temperatura. Conservação Pós-Colheita. Etileno.

2.2 ABSTRACT

The postharvest fruit conservation depends mainly on the temperature decrease, since it affects the respiratory and ethylene production rates.

The aim of this study was to evaluate the effect of hydrocooling and precooling in air over the maintenance of the quality of 'Galaxy' and 'Fuji Kiku 8' apples. The fruits were harvested from a commercial orchard in Vacaria, RS, in the 2012/2013 season. The treatments were: no precooling (control); precooling in air; and hydrocooling to 15 °C, 10 °C and 5 °C. 'Galaxy' apples were stored at 1 ± 0.5 °C/RH $92\pm 5\%$ for three-four months, and 'Fuji Kiku 8' apples to 0.5 ± 0.5 °C/RH $92\pm 5\%$ over five months and a half. After three months of storage, 'Galaxy' apples hydrocooled to 10 °C showed the lowest values for the texture attributes. No effect of precooling on the content of soluble solids (SS), titratable acidity (TA), skin color and rotten fruit and mealy pulp was observed. This result remained after four months of storage. 'Fuji Kiku 8' apples hydrocooled to 5 °C showed the lowest values of firmness and strength to penetrate the pulp off the camera. After seven days at ambient conditions, the hydrocooling to 5 °C and 10 °C reduced firmness and strength to break the epidermis and the SS content of the fruits compared to control. In the other attributes evaluated, no differences were observed between treatments. Precooling no benefits in maintaining the quality of 'Galaxy' and 'Fuji Kiku 8' apples.

Key-words: Temperature. Conservation. Postharvest. Ethylene.

2.3 INTRODUÇÃO

O segmento de fisiologia e tecnologia pós-colheita tem apresentado avanços no setor de pomicultura, visando à redução de perdas quantitativas e qualitativas dos frutos durante o transporte, classificação, armazenamento e comercialização (AMARANTE e STEFFENS, 2009). Diversas tecnologias retardam o amadurecimento e preservam a qualidade dos frutos, sendo que o principal objetivo destas técnicas é diminuir a atividade metabólica dos frutos, principalmente a taxa respiratória. Dentre estas tecnologias, pode-se citar o armazenamento refrigerado, a atmosfera modificada e/ou controlada, o pré-resfriamento, além de substâncias químicas, como o 1-MCP, um inibidor da ação do etileno (ALVARÉS, 2006). Isoladamente, a temperatura é o fator individual mais importante na manutenção da qualidade dos frutos durante o armazenamento, já que as taxas de muitos processos metabólicos são dependentes da mesma.

O pré-resfriamento tem como função a rápida remoção do calor

de campo dos produtos recém colhidos. Em maçãs, o pré-resfriamento com água fria ou *hidrocooling* é uma prática adotada por algumas empresas do setor. O pré-resfriamento com ar forçado também pode ser utilizado. Ao diminuir a carga térmica do produto, as câmaras de armazenamento podem ter o sistema de refrigeração dimensionado para capacidade de refrigeração menor, podendo contribuir para a diminuição dos custos de resfriamento e do custo final do produto (TERUEL, 2008). O ideal seria resfriar e armazenar os frutos imediatamente após a colheita, pois o abaixamento imediato da temperatura promove benefícios, como maior retenção da firmeza de polpa em maçãs (BRACKMANN *et al.*, 2000).

Brackmann *et al.* (1994) observaram uma firmeza de polpa mais elevada e redução na perda de peso e murchamento, em maçãs ‘Golden Delicious’ e ‘Fuji’ pré-resfriadas até 4,5 °C e armazenados em atmosfera controlada. Entretanto, ao pré-resfriar maçãs ‘Golden Delicious’ e ‘Fuji’ até 4,5 °C, e armazenar os frutos em armazenamento convencional houve uma menor retenção da firmeza de polpa (BRACKMANN *et al.*, 1996). O pré-resfriamento, realizado antes do armazenamento em maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’, pode propiciar uma boa qualidade dos frutos, porém pode tornar o fruto mais sensível a podridões (BRACKMANN *et al.*, 1996; BRACKMANN *et al.*, 2001a). Sestari *et al.* (2007) verificaram, em maçãs ‘Gala’, que o pré-resfriamento, associado com a aplicação de cloreto de cálcio, resultou em maiores valores de firmeza de polpa e acidez titulável, sem aumentar a incidência de podridão, comparado ao controle.

Os resultados em relação ao benefício do pré-resfriamento na manutenção da qualidade dos frutos são contraditórios, e existem dúvidas entre os produtores e armazenadores quanto às vantagens do pré-resfriamento em água. Além disso, nas grandes empresas produtoras e armazenadoras de maçã, esta prática nem sempre é utilizada e, quando feita, normalmente é aplicada de forma isolada (SESTARI *et al.*, 2007). O grande volume de frutos colhidos durante o dia também dificulta a realização deste procedimento, e para não atrasar o enchimento das câmaras e nem acumular frutos no “packing house”, o pré-resfriamento em água é realizado parcialmente, até temperaturas iguais ou superiores a 10 °C.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do pré-resfriamento em água e em ar, sobre a manutenção da qualidade de maçãs ‘Galaxy’ e ‘Fuji Kiku 8’ armazenadas sob refrigeração.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos utilizando maçãs ‘Galaxy’ e ‘Fuji kiku 8’, provenientes de um pomar localizado no município de Vacaria, RS (28°30'44"S de latitude, 50°56'02"W de longitude e 970 m de altitude). Os experimentos foram realizados com frutos colhidos em maturação comercial, na safra 2012/2013. Após a colheita, os frutos foram transportados ao laboratório, onde se efetuou a seleção dos frutos e a homogeneização das amostras experimentais, sendo eliminados os frutos com podridões, lesões, defeitos ou de baixo calibre. Após separação das amostras, foi simulado um calor de campo de 28 °C, durante 12 h, em BOD, para a homogeneização da temperatura.

Os tratamentos avaliados foram: sem pré-resfriamento (testemunha); pré-resfriamento em ar na câmara de armazenamento; e pré-resfriamento em água até 15 °C (20 min), 10 °C (27 min) e 5 °C (51 min). O pré-resfriamento em ar foi realizado em câmara B.O.D, marca Eletrolab, com redução gradual da temperatura do fruto até a polpa do mesmo atingir, ao final de 48 h, 5 °C. O pré-resfriamento em água foi realizado em cubas contendo água com gelo, na temperatura de 1,5 °C, e todos os frutos ficaram submersos até a polpa atingir a temperatura desejada. Os frutos sem pré-resfriamento e aqueles após o pré-resfriamento em água (até 15 e 10 °C) permaneceram em câmaras B.O.D., marca Eletrolab, durante 168, 96 e 48 h, respectivamente, com redução gradual da temperatura até que a polpa dos frutos, ao final do período, atingisse 5 °C. Ao atingir a temperatura de 5 °C, os frutos foram armazenados em câmara frigorífica, sendo que as maçãs ‘Galaxy’ foram armazenadas a $1\pm 0,5$ °C e UR de $92\pm 5\%$ durante três e quatro meses, e as maçãs ‘Fuji Kiku 8’ a $0,5\pm 0,5$ °C e UR de $92\pm 5\%$ durante cinco meses e meio.

A avaliação da qualidade dos frutos ocorreu ao final do armazenamento e após mais sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente, simulando o período de comercialização dos frutos. Os frutos foram analisados quanto à firmeza de polpa, atributos de textura (forças para penetração da polpa e ruptura da casca), taxa respiratória, cor da epiderme, acidez titulável, teor de sólidos solúveis, incidência de podridões e de polpa farinácea.

A firmeza da polpa foi determinada na região equatorial do fruto, em dois lados opostos, onde foi previamente removida uma pequena porção da epiderme e posteriormente, com auxílio de um penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltd., África do Sul) com

ponteira de 11 mm de diâmetro, determinando a firmeza de polpa que foi expressa em Newton (N).

Os atributos de textura foram analisados com um texturômetro eletrônico TAXT-plus[®] (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido), em termos de forças necessárias para a ruptura da casca e para a penetração na polpa, tendo-se utilizado ponteira modelo PS2 com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 10 mm. Os resultados foram expressos em Newton (N).

A taxa respiratória foi quantificada colocando-se frutos de cada amostra em um recipiente de plástico, com o volume de 4100 mL, que permite fechamento hermético. A taxa respiratória foi obtida pela diferença da concentração de CO₂ no interior do recipiente, imediatamente após o seu fechamento e depois de vinte minutos, sendo expressa em $\eta\text{mol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Alíquotas de gás (1 mL) foram retiradas dos recipientes através de um septo e injetadas em um cromatógrafo a gás Varian[®], modelo CP-3800, equipado com uma coluna Porapak N[®] de 3 m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 70, 130, 380 e 250 °C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e 300 mL min⁻¹, respectivamente. Esta análise foi feita apenas para frutos de ‘Fuji Kiku 8’ devido a problemas técnicos do aparelho durante o período de análises das maçãs ‘Galaxy’.

A cor da epiderme foi determinada através de um colorímetro eletrônico Minolta[®], modelo CR400, sendo as medições de coloração expressas em termos de ângulo *hue* (mostra a localização da cor em um diagrama, em que o ângulo 0° representa vermelho; 90° o amarelo; 180°, o verde e 270°, o azul).

A acidez titulável (AT; % ácido málico) foi determinada através de uma amostra de 10 mL de suco, extraído de fatias retiradas da porção distal dos frutos, em uma centrífuga. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1. Para titulação foi utilizado um titulador automático TitroLine[®] easy, da Schott Instruments.

O teor de sólidos solúveis (SS; °Brix) foi obtido por refratometria, utilizando uma alíquota do suco extraído para a quantificação de AT. Para as determinações, foi utilizado um refratômetro digital modelo PR201 α (Atago, Japão).

A incidência de podridões foi medida através da contagem de frutos com lesão de podridão causada por fungos fitopatogênicos, sendo os resultados expressos em %.

A incidência de polpa farinácea foi determinada pela contagem dos frutos que apresentavam pouca suculência e firmeza de polpa inferior a 44,5 N, sendo os resultados expressos em %.

Antes da aplicação dos tratamentos, quatro amostras de 15 frutos foram avaliadas para determinação da qualidade inicial. Os frutos apresentavam, respectivamente, para ‘Galaxy’ e ‘Fuji Kiku 8’, firmeza de polpa de 75,9 N e 70,7 N, AT de 0,36% e 0,37% de ácido málico, cor da epiderme (h°) de 59,1 e 76,6, e SS de 11,1°Brix e 13,2°Brix.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições de 40 frutos para a ‘Galaxy’ e quatro repetições de 30 frutos para a ‘Fuji kiku 8’. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), sendo que valores em % foram previamente transformados pela fórmula arco seno $[(x+0,5)/100]^{1/2}$ e as médias dos tratamentos foram comparadas com o controle pelo teste de Dunnett ($p<0,05$).

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pré-resfriamento até a temperatura da polpa atingir 10 °C, diminuiu a firmeza da polpa em maçãs ‘Galaxy’ (7,5%) após quatro meses de armazenamento em comparação à testemunha (Tabela 1). A força necessária para a ruptura da epiderme também apresentou os menores valores com o pré-resfriamento até 10 °C, após três (13,4%) e quatro meses (18%) de armazenamento refrigerado, comparativamente à testemunha. Brackmann *et al.* (2001a) encontraram maior firmeza de polpa em maçãs ‘Gala’, na saída do armazenamento, quando houve um período maior de retardo no pré-resfriamento. Todavia, estes autores, após sete dias de prateleira, encontraram frutos mais firmes quando se efetuou um pré-resfriamento rápido (6 h).

Para maçãs ‘Fuji Kiku 8’, observou-se que o pré-resfriamento em água até a polpa atingir 5 °C apresentou frutos com menor valor para a firmeza da polpa, tanto na saída do armazenamento (9,3%) quanto após sete dias de exposição em condições ambiente (7,8%), em comparação à testemunha (Tabela 2). Os frutos pré-resfriados até 5 °C, em comparação aos não pré-resfriados, apresentaram menor resistência à penetração da polpa (12%) nas duas avaliações, e menor força para a

ruptura da epiderme (2,7%), após sete dias de exposição em condições ambiente. Brackman *et al.* (1996) encontrou resultado semelhante quando pré-resfriou maçãs ‘Fuji’ e ‘Golden Delicious’ até 4,5°C. Segundo este autor, a baixa firmeza de polpa pode estar relacionada com a absorção de água pelos frutos durante o processo de pré-resfriamento. O resfriamento dos frutos de forma rápida pode ter ocasionado um estresse nas maçãs ‘Fuji Kiku 8’ logo no início do armazenamento, e possibilitado maior produção de etileno. Segundo Little e Barrand (1989), o resfriamento gradativo diminui a susceptibilidade à baixa temperatura, pois o estresse por baixa temperatura é mais crítico no início do armazenamento. A atividade das enzimas responsáveis pela redução da firmeza de polpa nos frutos, como as poligalacturonases (PGs), é induzida pelo etileno (PAYASI *et al.*, 2009).

Tabela 1 - Firmeza da polpa e força para ruptura da epiderme em maçãs ‘Galaxy’, submetidas a diferentes manejos de pré-resfriamento (PR), avaliadas após três e quatro meses de armazenamento refrigerado (AR), seguido por mais sete dias em condições ambiente.

Manejo pós-colheita	3 meses de AR		4 meses de AR	
	Firmeza (N)	Força p/ ruptura da epiderme (N)	Firmeza (N)	Força p/ ruptura da epiderme (N)
s/PR (testemunha)	50,0 ^{ns}	10,5	47	8,9
PR em ar	49,1	9,8	47,1	8,9
PR em água 15°C	48,8	9,6	44,9	8,6
PR em água 10°C	46,6	9,1**	43,5**	7,3**
PR em água 5°C	49,9	10,2	46,4	8,9
Média	48,9	9,9	45,8	8,5
CV (%)	4,4	6,2	3,6	6,2

Médias seguidas por ** diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

^{ns}: não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 2 - Firmeza da polpa e atributos de textura em maçãs ‘Fuji Kiku 8’, submetidas a diferentes manejos de pré-resfriamento (PR), após cinco meses de armazenamento refrigerado e após mais sete dias em condições ambiente.

Manejo Pós-colheita	Firmeza (N)	Força para ruptura da epiderme (N)	Força para penetração da polpa (N)
s/PR (testemunha)	56,8	10,4 ^{ns}	2,5
PR em ar	60,4	11,2	2,6
PR em água 15°C	58,5	11,4	2,5
PR em água 10°C	56,9	11,1	2,5
PR em água 5°C	51,5**	10,8	2,2**
Média	56,8	10,9	2,5
CV (%)	3,6	6,4	4,2
Após sete dias em condições ambiente			
s/PR (testemunha)	58,7	11,2	2,5
PR em ar	60,8	11,5	2,5
PR em água 15°C	58,2	11,6	2,4
PR em água 10°C	54,1**	11,3	2,3
PR em água 5°C	50,1**	10,9**	2,2**
Média	56,4	11,3	2,4
CV (%)	3,6	2,5	4,3

Médias seguidas por ** diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

^{ns}: não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

A incidência de polpa farinácea na maçã ‘Galaxy’ não diferiu entre testemunha e os manejos de pré-resfriamento, apesar de que os frutos pré-resfriados até 10°C tiveram os maiores percentuais absolutos, tanto após três meses quanto após quatro meses de armazenamento (Tabela 3). Para todos os tratamentos observou-se um acentuado índice deste distúrbio, que aumentou após quatro meses de armazenamento. Este resultado deve-se ao prolongado período de armazenamento. Brackmann (1991) atribuiu o acelerado processo de amadurecimento da maçã ‘Gala’ à sua alta taxa respiratória e aos altos índices de produção de etileno. SESTARI *et al.* (2007), trabalhando com pré-resfriamento e doses de cálcio e boro, não observaram diferença na incidência de polpa farinácea em maçãs ‘Gala’, corroborando com os resultados do presente trabalho. Segundo este autor, isto está relacionado ao fato de que no

resfriamento pode ocorrer absorção de água, afetando a degradação da parede celular e anulando o efeito do abaixamento da temperatura sobre a manutenção da mesma.

Tabela 3 - Sólidos solúveis, acidez titulável, incidência de podridões e polpa farinácea em maçãs ‘Galaxy’ submetidas a diferentes manejos de pré-resfriamento (PR), após três e quatro meses de armazenamento refrigerado, seguido por mais sete dias em condições ambiente.

Manejo pós-colheita	Sólidos solúveis (°Brix)	Acidez titulável (% ác. málico)	Incidência de podridões (%)	Incidência de polpa farinácea (%)
Três meses de armazenamento refrigerado				
s/PR (testemunha)	12,1 ^{ns}	-	1,2 ^{ns}	36,9 ^{ns}
PR em ar	12,1	-	0	39,1
PR em água 15°C	12,2	-	0	35,9
PR em água 10°C	11,9	-	3,3	51,6
PR em água 5°C	12,1	-	0	30,3
Média	12,1	-	0,9	38,7
CV (%)	2,6	-	57,2	27,4
Quatro meses de armazenamento refrigerado				
s/PR (testemunha)	11,8 ^{ns}	0,269 ^{ns}	12,0 ^{ns}	53,1 ^{ns}
PR em ar	12,1	0,293	1,3	47,3
PR em água 15°C	11,7	0,218	2,7	63,2
PR em água 10°C	11,6	0,221	12,0	73,0
PR em água 5°C	11,9	0,221	12,0	50,8
Média	11,8	0,245	0,8	57,5
CV (%)	3,6	21,9	66,7	19,8

Médias seguidas por ** diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

^{ns}: não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

O método de pré-resfriamento não influenciou a acidez titulável (AT) de maçãs ‘Galaxy’ após três e quatro meses de armazenamento (Tabela 3), e em maçãs ‘Fuji Kiku 8’ após cinco meses e meio de armazenamento (Tabela 4), em comparação à testemunha. Este resultado está de acordo com outros trabalhos, em que não é reportado efeito do pré-resfriamento na AT de maçãs (BRACKMANN *et al.*, 2001a; BRACKMANN *et al.*, 1996; BRACKMANN *et al.*, 1994). Todavia, Seibert *et al.* (2007), em pêssegos ‘Chimarrita’ e ‘Chiripa’, e Brackmann *et al.* (2011), em melões, observaram maior AT em frutos pré-resfriados. Sestari *et al.* (2007) observaram maior AT em maçãs

‘Gala’ submetidas ao pré-resfriamento em água associado a 2% CaCl₂ na água de resfriamento. Porém, a 1% de CaCl₂ não houve efeito do pré-resfriamento em relação aos frutos não pré-resfriados, o que evidencia que possivelmente a maior AT seja decorrente do efeito do CaCl₂ e não do pré-resfriamento.

Tabela 4 - Sólidos solúveis, acidez titulável e incidência de podridões em maçãs ‘Fuji Kiku 8’ submetidas a diferentes manejos de pré-resfriamento (PR), após cinco meses de armazenamento refrigerado e após mais sete dias em condições ambiente.

Manejo pós-colheita	Sólidos solúveis (°Brix)	Acidez titulável (% de ác. málico)	Incidência de podridões (%)
Saída da câmara			
s/PR (testemunha)	13,2 ^{ns}	0,159 ^{ns}	7,5 ^{ns}
PR em ar	13,0	0,131	10,8
PR em água 15°C	12,6	0,155	15,0
PR em água 10°C	12,9	0,161	5,8
PR em água 5°C	12,4	0,143	8,3
Média	12,8	0,149	9,4
CV (%)	3,6	9,9	26,1
Após sete dias em condições ambiente			
s/PR (testemunha)	13,2	0,137 ^{ns}	3,4 ^{ns}
PR em ar	13,4	0,155	9,4
PR em água 15°C	12,7	0,132	1,8
PR em água 10°C	12,5**	0,132	9,2
PR em água 5°C	12,4**	0,144	12,2
Média	12,8	0,139	7,3
CV (%)	2,3	11,4	75,7

Médias seguidas por ** diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).
^{ns}: não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

Na avaliação do teor de SS, em relação à testemunha, não se observou efeito dos diferentes manejos de pré-resfriamento para a cv. Galaxy (Tabela 3), tanto após três meses quanto após quatro meses de armazenamento. Brackmann *et al.* (1996) e Sestari *et al.* (2007) também não observaram efeito do pré-resfriamento em maçãs sobre o teor de SS, comparativamente a frutos não pré-resfriados. Para a cv. Fuji, o teor de SS foi menor após sete dias em condições ambiente em frutos pré-resfriados em água até 10 °C (5,3%) e 5 °C (6,1%) (Tabela 4). Estes tratamentos também apresentaram maiores valores de taxa respiratória

(Tabela 5). Estes resultados sugerem que os açúcares foram mais oxidados pelo processo respiratório nestes tratamentos.

Não foi observado efeito dos diferentes manejos de pré-resfriamento sobre a incidência de podridões em ambas as cultivares (Tabelas 3 e 4). Este resultado deve-se, possivelmente, à baixa umidade relativa do ar durante o armazenamento ($92\pm 5\%$), que não propiciou condições adequadas para um maior desenvolvimento de podridões. SESTARI *et al.* (2007) observaram que maçãs ‘Gala’ pré-resfriadas com diferentes doses de boro não diferiram da testemunha na incidência de podridões, e que o pré-resfriamento com cloreto de cálcio aumentou a incidência de podridões, na saída dos frutos da câmara. No entanto, após sete dias, esta diferença não foi mais observada. O pré-resfriamento em água de maçãs ‘Fuji’ e ‘Golden Delicious’ até a temperatura de 10°C e $4,5^{\circ}\text{C}$ aumentou a incidência de podridões nos frutos após o armazenamento refrigerado (BRACKMANN *et al.*, 1996). Os autores sugeriram que este resultado ocorreu pela contaminação da água do pré-resfriador com esporos de fungos.

Com relação à coloração da epiderme, para as cv. Galaxy e Fuji Kiku 8, não houve influência dos diferentes manejos de pré-resfriamento nos valores de ângulo *hue*, em relação à testemunha (Tabela 5). Vale ressaltar, que os resultados encontrados para a cor de epiderme são considerados baixos para maçãs, estando na faixa do vermelho, porém são plausíveis, pois no momento da colheita, os frutos encontravam-se com uma coloração vermelho intensa em toda a superfície do fruto. Brackmann *et al.* (2001a) não observaram, em maçãs ‘Gala’, diferenças para a cor da epiderme, quando comparou períodos de pré-resfriamento. A taxa respiratória foi maior em maçãs ‘Fuji kiku 8’ pré-resfriadas até 10°C (28,5%), em relação à testemunha (Tabela 5). Apesar de o pré-resfriamento até 5°C não diferir significativamente da testemunha, nota-se que este tratamento também apresentou maiores valores de respiração. Este resultado, em conjunto com a menor firmeza de polpa e menor teor de SS, indicam que o pré-resfriamento não foi eficaz em reduzir o metabolismo dos frutos, e pode apresentar prejuízos na manutenção da qualidade em maçãs ‘Fuji kiku 8’. Segundo Steffens *et al.* (2007), quanto mais alta a taxa respiratória de um fruto, menor é a vida de prateleira, pois estes frutos tendem a entrar em senescência mais rapidamente.

Tabela 5 - Atributos de cor da epiderme em maçãs ‘Galaxy’ e ‘Fuji Kiku 8’, e taxa respiratória em maçãs ‘Fuji Kiku 8’, submetidas a diferentes manejos de pré-resfriamento (PR), após o armazenamento refrigerado e após mais sete dias em condições ambiente.

Manejo pós-colheita	Maçãs ‘Fuji Kiku 8’		Maçãs ‘Galaxy’	
	5 meses		3 meses	4 meses
	Cor da epiderme (h°)	Respiração ($\eta\text{mol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$)	Cor da epiderme (h°)	Cor da epiderme (h°)
	Saída da câmara			
s/PR (testemunha)	70,1 ^{ns}	16,8	58,6 ^{ns}	62,0 ^{ns}
PR em ar	69,4	18,7	54,0	60,5
PR em água 15°C	70,5	15,6	61,6	59,2
PR em água 10°C	70,7	23,4**	61,4	65,8
PR em água 5°C	71,3	20,9	62,9	68,4
Média	70,4	19,1	59,7	63,2
CV (%)	3,5	14,1	8,1	7,5
	Após sete dias em condição ambiente			
s/PR (testemunha)	73,6 ^{ns}	69,3 ^{ns}	58,1 ^{ns}	68,8 ^{ns}
PR em ar	72,7	66,2	53,3	71,2
PR em água 15°C	71,0	69,5	61,9	64,6
PR em água 10°C	77,4	57,8	63,6	66,9
PR em água 5°C	76,2	58,9	60,1	66,4
Média	74,2	64,3	59,4	67,4
CV (%)	4,2	11,2	7,4	6,3

Médias seguidas por ** diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).
^{ns}: não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

2.6 CONCLUSÕES

O pré-resfriamento não apresenta benefícios na manutenção da qualidade de maçãs ‘Galaxy’ e ‘Fuji Kiku 8’. Em maçãs ‘Galaxy’, o pré-resfriamento em água até 10 °C compromete os atributos de textura dos frutos. O pré-resfriamento de maçãs ‘Fuji Kiku 8’ até 10 °C e 5 °C aumenta a taxa respiratória, reduz a acidez titulável e diminui a firmeza de polpa dos frutos.

3 QUALIDADE DE MAÇÃS ‘GALA’ E ‘FUJI KIKU 8’ SUBMETIDAS A DIFERENTES TEMPERATURAS DE CALOR DE CAMPO E PRÉ-RESFRIADAS EM ÁGUA

3.1 RESUMO

Durante a colheita a polpa dos frutos pode atingir altas temperaturas ainda no campo. Este calor de campo pode comprometer a qualidade dos frutos durante o armazenamento. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do calor de campo simulado e do rápido pré-resfriamento em água sobre a qualidade de clones de maçã ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’ armazenadas sob refrigeração. Os frutos foram colhidos em pomar comercial localizado em Vacaria/RS, nas safras 2009/10, 2011/12 e 2012/2013 para a cv. Gala e 2012/13 para a cv. Fuji kiku 8. Os tratamentos constituíram na simulação do calor de campo de 25 °C, 31 °C e 37 °C na cv. Gala, e 20 °C, 25 °C e 30 °C na cv. Fuji kiku 8, combinados ou não com o pré-resfriamento em água. Os frutos foram avaliados quanto às taxas de produção de etileno e respiratória, atributos de textura, cor da epiderme (h°), acidez titulável, sólidos solúveis e incidência de podridões. O pré-resfriamento, em maçãs ‘Gala’, proporcionou: maior resistência à penetração da polpa, em dois anos avaliados; maiores valores de força para ruptura da casca e teor de sólidos solúveis; maior retenção de cor verde da epiderme; e menor síntese de etileno, em apenas uma safra. Em maçãs ‘Fuji Kiku 8’, o pré-resfriamento manteve os atributos de textura apenas na saída do armazenamento. O aumento na temperatura de calor de campo simulado reduziu a ocorrência de podridões em ‘Fuji Kiku 8’. O pré-resfriamento em água mantém a textura da polpa, mas não apresenta efeito consistente na manutenção dos demais atributos de qualidade e sobre o metabolismo de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji kiku 8’ armazenadas sob refrigeração, independente da temperatura do calor de campo simulado.

Palavras-chave: Pré-resfriamento. Armazenamento, Refrigeração.

3.2 ABSTRACT

During harvest the fruit pulp can reach high temperatures still in the field. This heat field can compromise the quality of the fruit during storage. The aim of this study was to evaluate the effect of heat

simulated field and hydrocooling on the quality of clones of 'Gala' ('Imperial Gala' and 'Galaxy') and 'Fuji Kiku 8' apple stored under refrigeration. The fruits were harvested from a commercial orchard in Vacaria/RS, in 2009/10, 2011/12 season and 2012/2013 for cv. Gala and 2012/13 for cv. Fuji Kiku 8. Simulation The treatments in the field of heat of 25 °C, 31 °C and 37 °C cv. Gala, and 20 °C, 25 °C and 30 °C cv. Fuji Kiku 8, combined or not with hydrocooling. The fruits were evaluated for production rates of ethylene and respiratory, texture attributes, skin color (h°), titratable acidity, soluble solids and decayed. Hydrocooling in 'Gala' apples, provided: high resistance to penetration of the pulp in two years evaluated; higher values of force to break the shell and soluble solids content: increased retention of green color of the skin; and lower ethylene synthesis, in just one season. In 'Fuji Kiku 8' apples, hydrocooling kept the texture attributes in the output of storage only. The increase in temperature of heat simulated field reduced the decay incidence in 'Fuji Kiku 8'. Hydrocooling keeps the texture of the flesh, but has no consistent effect on the maintenance of quality and other attributes on the metabolism of 'Gala' and 'Fuji Kiku 8' apples stored under refrigeration, independent of the temperature field heat simulated.

Key-words: Pre-cooling. Storage. Refrigeration.

3.3 INTRODUÇÃO

No momento da colheita, os frutos podem ficar expostos a altas temperaturas no campo, que pode comprometer a qualidade pós-colheita. Estudos mostram que a temperatura da polpa de maçãs expostas à luz solar pode ser até 15 °C acima da temperatura do ar (PARCHOMCHUK e MEHERIUK, 1996; FERGUSON *et al.*, 1998). O resfriamento é fortemente afetado pela temperatura inicial do produto, e esta pelo horário e condições no momento da colheita e pelo tempo de espera antes do resfriamento. Muitas vezes, o produto é colhido pela manhã, mas se aquece no campo ou no galpão de embalagem, no decorrer do dia (KLUCH *et al.*, 2003).

Existe pouca informação a respeito da influência do calor de campo no amadurecimento dos frutos. Segundo Brackmann *et al.* (2001), altas temperaturas aceleram o metabolismo dos frutos, causando um rápido amadurecimento, diminuindo o tempo de armazenamento,

sendo necessário o pré-resfriamento dos frutos para a rápida retirada do calor de campo. Diversas desordens fisiológicas são causadas ou incrementadas pela exposição dos frutos a altas temperaturas em pré-colheita ou durante a colheita (WOOLF e FERGUSON, 2000). Entretanto, sabe-se que os frutos submetidos ao aquecimento em pós-colheita, como nos tratamentos térmicos, apresentam um amadurecimento mais lento do que os frutos não expostos ao calor, sugerindo que o aquecimento dos frutos em pré-colheita pode apresentar um efeito semelhante no amadurecimento (WOOLF e FERGUSON, 2000). O rápido pré-resfriamento é indicado para diversas culturas, como uma etapa importante na pós-colheita. Esta prática teve sua eficácia comprovada em muitas espécies de frutas perecíveis, como peras e pêssegos (BECKER e FRICKE, 2002; BRACKMANN *et al.*, 2009) e maçãs (BRACKMANN *et al.*, 1994).

O pré-resfriamento em água até 4,5 °C reduziu a perda de peso e o murchamento em maçãs, além de manter a firmeza da polpa em valores mais elevados (BRACKMANN *et al.*, 1994). Entretanto, Brackmann *et al.* (1996) verificaram que o pré-resfriamento até 4,5 °C, realizado em duas cultivares de maçã, proporcionou os menores valores de firmeza da polpa, em comparação a frutos sem pré-resfriamento. Sestari *et al.* (2007) observaram que o pré-resfriamento, com posterior aplicação de cloreto de cálcio e boro, não teve influência na firmeza da polpa na saída do armazenamento, porém manteve a firmeza de polpa em valores mais elevados após sete dias de exposição das maçãs a 20 °C, quando foi associado à aplicação de cloreto de cálcio.

Em maçãs, as pesquisas realizadas sobre o pré-resfriamento em água apresenta resultados contraditórios, e há dúvidas entre os produtores e armazenadores sobre a eficácia desta prática. Além disso, não há trabalhos que relacionem a eficácia de sua aplicação com diferentes temperaturas de calor de campo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do calor de campo simulado e do pré-resfriamento em água, na qualidade de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’, armazenadas sob refrigeração.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nas safras 2009/10 e 2011/12, com maçãs ‘Imperial Gala’ e 2012/13 com maçãs ‘Galaxy’ e ‘Fuji Kiku 8’. As maçãs utilizadas foram colhidas em pomar comercial localizado em Vacaria, RS (28°30'44"S de latitude, 50°56'02"W de

longitude e 970 m de altitude). Após o transporte dos frutos ao laboratório, os frutos com defeitos foram excluídos e após procedeu-se a homogeneização das unidades experimentais.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial 3 x 2 (temperaturas de calor de campo x pré-resfriamento). No ano agrícola 2009/10 utilizaram-se quatro repetições com 10 frutos, e nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/13 quatro repetições de 30 frutos. Os tratamentos originaram-se a partir da combinação de diferentes simulações de calor de campo (25 °C, 31 °C e 37 °C para maçã ‘Gala’, e 20 °C, 25 °C e 30 °C para maçã ‘Fuji Kiku 8’) e com ou sem pré-resfriamento em água. O calor de campo foi simulado em BOD, durante doze horas. O pré-resfriamento foi realizado em cubas contendo água com gelo picado, com os frutos submersos em água na temperatura de 1,5 °C, até que a polpa dos frutos atingisse uma temperatura de 5 °C. O tempo médio de imersão foi de 50 minutos. A temperatura foi controlada com termômetros de bulbo de mercúrio inseridos na polpa dos frutos, até próximo ao carpelo. Os frutos dos tratamentos em que não se efetuou o pré-resfriamento foram levados imediatamente para a câmara de armazenamento. A polpa dos frutos pré-resfriados em água atingiu a temperatura de armazenamento em aproximadamente 36 horas após o pré-resfriamento. Os frutos não pré-resfriados em água demoraram em média 72 horas para a polpa atingir a temperatura de armazenamento.

As maçãs ‘Gala’ foram armazenadas por dois meses no ano 2009/10 e 2011/12 e por quatro meses no ano 2012/13, em atmosfera do ar a $1\pm 0,5$ °C/UR de $92\pm 5\%$. As maçãs ‘Fuji Kiku 8’ foram armazenadas por cinco meses e meio em atmosfera do ar a $0,5\pm 0,5$ °C/UR de $92\pm 5\%$, no ano 2012/13. Os frutos foram analisados na saída do armazenamento e após sete dias de exposição à temperatura ambiente, simulando o período de comercialização. As características analisadas foram: taxas respiratória e de produção de etileno, cor da epiderme, firmeza de polpa, textura da casca e da polpa, acidez titulável, sólidos solúveis e incidência de podridões. As análises de taxas respiratória e de produção de etileno não foram realizadas em maçãs ‘Gala’, bem como a taxa de produção de etileno em maçãs ‘Fuji Kiku 8’, no ano agrícola de 2012/13, devido ao equipamento não estar operando corretamente. No ano 2009/10 não foram avaliados a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis de maçãs ‘Gala’.

As taxas de produção de etileno ($\text{nmol de C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e respiratória ($\text{nmol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) foram quantificadas por

cromatografia gasosa. Oito a dez frutos de cada amostra foram colocados em recipiente de plástico, com o volume de 4100 mL, que permite fechamento hermético. Alíquotas de gás (1 mL) foram retiradas dos recipientes através de um septo e injetadas em um cromatógrafo a gás (Varian®, modelo CP-3800) equipado com uma coluna Porapak N® de 3 m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 70, 130, 380 e 250 °C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e 300 mL min⁻¹, respectivamente.

A determinação da cor da epiderme (ângulo *hue*) foi efetuada com um colorímetro Minolta, modelo CR 400. As determinações foram realizadas na região equatorial dos frutos, sendo os resultados expressos em ângulo de cor (*h*°). O *h*° define a coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde.

A firmeza de polpa (N) foi determinada na região equatorial dos frutos, em dois lados opostos, após remoção de uma pequena porção da epiderme, com o auxílio de um penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltd., África do Sul), equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro.

Os valores da acidez titulável (AT; % de ácido málico) foram obtidos por meio de uma amostra de 10 mL de suco, extraído de fatias transversais retiradas da região equatorial dos frutos, por meio de uma centrífuga. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1.

Os teores de sólidos solúveis (SS; °Brix) foram determinados por refratometria, utilizando-se suco extraído para a quantificação de AT, através de um refratômetro digital modelo PR201α (Atago, Japão).

A incidência de podridão (%) foi avaliada pela contagem dos frutos afetados, que apresentaram lesões externas maiores do que 5 mm de diâmetro, com características de infecção de patógenos, tecido mole, aquoso e de coloração bege.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo que valores em % foram previamente transformados pela fórmula arco seno $[(x+0,5)/100]^{1/2}$, e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Antes da aplicação dos tratamentos, efetuou-se uma análise para a determinação da qualidade inicial dos frutos (Tabela 6).

Tabela 6 - Análise inicial das maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’, realizada após a colheita, para caracterizar os frutos quanto aos atributos de maturação, realizada em diferentes anos agrícolas.

Atributos de maturação	-----Maçãs ‘Gala’-----			Maçãs ‘Fuji Kiku 8’
	2009/10	2011/12	2012/13	2012/13
Acidez titulável (% ác. málico)	0,341	-	0,357	0,369
Sólidos solúveis (°Brix)	10,8	-	11,1	13,2
Cor da epiderme (<i>hue</i>)	98,4	-	59,1	76,6
Firmeza da polpa (N)	69,1	64,6	75,9	70,7

Fonte: Produção do autor.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em maçãs ‘Gala’, após o armazenamento refrigerado, houve interação entre os fatores calor de campo simulado e resfriamento na taxa respiratória, no ano 2009/10, e na força para ruptura da epiderme, no ano 2011/12, após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente (Tabelas 7 e 11). Em maçãs ‘Fuji Kiku 8’, no ano 2012/13, houve interação entre os fatores estudados para a taxa respiratória, após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente (Tabela 8).

No primeiro ano avaliado (2009/10), na saída da câmara, maçãs ‘Gala’ com simulação de calor de campo de 37 °C, pré-resfriadas ou não, e com calor de campo de 25 °C pré-resfriadas, apresentaram as menores taxas respiratórias (Tabela 7). Após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente, maçãs ‘Gala’ submetidas ao calor de campo de 37 °C sem pré-resfriamento, apresentaram menor respiração, sem diferir de maçãs ‘Gala’ submetidas ao calor de campo de 31°C sem pré-resfriamento. Segundo Chitarra (1998), o aumento na produção de etileno durante o amadurecimento dos frutos, desencadeia um aumento na taxa respiratória. Este mesmo autor cita que o aumento de 10 °C na temperatura amplia de duas a quatro vezes a taxa respiratória dos frutos. Não foram verificadas diferenças na taxa respiratória de maçãs ‘Gala’ no segundo ano avaliado (2011/12), o que novamente pode ter sido influenciado pelo estádio mais avançado de maturação dos frutos.

Em maçãs ‘Gala’, o pré-resfriamento em água, no ano 2009/10, reduziu a produção de etileno, tanto na saída da câmara quanto após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente (Tabela 7). A rápida redução da temperatura proporcionada pelo pré-resfriamento diminuiu a produção de etileno, já que a maçã é um fruto climatérico e

apresenta pico de produção de etileno e respiração, as quais são reduzidas em baixas temperaturas. Porém, esta diferença na taxa de produção de etileno não foi verificada no ano 2011/12. Os frutos colhidos no ano 2011/12 estavam em um estágio mais avançado de maturação (menor firmeza de polpa) (Tabela 6), e após iniciado este processo, o pré-resfriamento não se mostrou eficaz em diminuir o metabolismo das maçãs. Maçãs ‘McIntosh’ resfriadas em um dia apresentaram menor síntese de etileno, comparadas com maçãs resfriadas em quatro dias (FICA *et al.*, 1985). Brackmann *et al.* (2009) verificaram que pêssegos pré-resfriados em água apresentaram maior síntese de etileno após 35 dias de armazenamento e mais quatro dias de prateleira, em comparação a frutos pré-resfriados em ar e sem pré-resfriamento, contrariando os resultados do presente trabalho com maçã ‘Gala’.

O calor de campo simulado não teve efeito na taxa de produção de etileno dos frutos nos anos avaliados (Tabela 7). Conforme Abeles *et al.* (1997), a temperatura ótima para a produção de etileno situa-se entre 28 e 30°C. Temperaturas acima de 30°C podem reduzir a produção de etileno, devido à inativação temporária da ACC sintase e ACC oxidase, enzimas-chave na biossíntese do etileno. Todavia, este efeito esperado da temperatura na produção de etileno não persistiu após o armazenamento refrigerado.

Em maçãs ‘Fuji Kiku 8’, na saída da câmara, verificou-se uma menor taxa respiratória nos frutos com calor de campo de 20°C e sem pré-resfriamento (Tabela 8). Nas simulações de calor de campo de 25 °C e 30 °C, não houve influência do método de resfriamento na taxa respiratória. Porém, na ausência do pré-resfriamento em água, a simulação de calor de campo de 25°C nos frutos desencadeou uma maior taxa respiratória em comparação a 20 °C e 30 °C. Após sete dias de exposição em condições ambiente, não foi observado diferenças na taxa respiratória de maçãs ‘Fuji Kiku 8’ entre os tratamentos. É importante observar que frutos que apresentam taxas respiratórias mais elevadas tendem a apresentar um menor potencial de armazenamento (STEFFENS *et al.*, 2007).

Tabela 7 - Taxa respiratória ($\text{nmol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e de produção de etileno ($\text{nmol C}_2\text{H}_4 \text{ Kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) de clones de maçãs 'Gala', nos anos agrícolas de 2009/10 e 2011/12, submetidas a diferentes temperaturas de calor de campo e pré-resfriamento em água.

Respiração ($\text{nmol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$)								
Temperaturas de calor de campo simulado								
Pré-resfriamento	25 °C	31 °C	37 °C	Média	25 °C	31 °C	37 °C	Média
2009/10								
	Saída da câmara				Sete dias de prateleira			
Sem	111,8 Aa	111,1 Aa	76,9 Ab	99,6	396,4 Aa	339,4 Aab	255,3 Ab	330,4
Com	75,6 Bb	93,1 Ba	70,5 Ab	79,7	336,3 Aa	265,8 Aa	288,6 Aa	296,9
Média	93,7	102,1	73,3	–	366,4	302,6	271,9	–
CV		7,8%				13,7%		
2011/12								
	Saída da câmara				Sete dias de prateleira			
Sem	159,7	170,5	142	157,4	104,9	111,4	122	110,5 ^{ns}
Com	151,1	142,8	155	149,5 ^{ns}	103,8	105,8	104	106,8
Média	155,4 ^{ns}	156,7	148	–	104,3 ^{ns}	108,6	113	–
CV		14,9%		–		14,4%		–
Etileno ($\text{nmol C}_2\text{H}_4 \text{ Kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$)								
2009/10								
	Saída da câmara				Sete dias de prateleira			
Sem	0,41	0,58	0,24	0,41 A	1,12	1,58	1,02	1,24 A
Com	0,18	0,05	0,04	0,09 B	0,58	0,54	0,97	0,70 B
Média	0,31 ^{ns}	0,32	0,17	–	0,85 ^{ns}	1,06	0,99	
CV		39,6%		–		85,5%		
2011/12								
	Saída da câmara				Sete dias de prateleira			
Sem	0,43	0,62	0,43	0,49	1,51	1,94	1,77	1,74 ^{ns}
Com	0,48	0,38	0,33	0,40 ^{ns}	1,62	1,61	1,89	1,71
Média	0,45 ^{ns}	0,50	0,38	–	1,57 ^{ns}	1,77	1,83	–
CV		28,8%		–		20,1%		–

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 8 - Taxa respiratória (nmol CO₂ kg⁻¹ s⁻¹) de maçãs 'Fuji Kiku 8' submetidas a diferentes temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.

Temperaturas de calor de campo simulado				
Pré-resfriamento	20 °C	25 °C	30 °C	Média
Saída da câmara				
Sem	21,2 Ba	27,1 Ab	24,7 Aab	24,4
Com	26,4 Aa	23,9 Aa	24,3 Aa	24,8
Média	23,8	25,5	24,5	–
CV		8,6%		–
Após sete dias em condições ambiente				
Sem	63,6	61,9	58,9	61,5
Com	65,1	68,3	70,7	67,9 ^{ns}
Média	64,3 ^{ns}	64,9	64,8	–
CV		15,5%		–

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

^{ns}: Não significativo (p>0,05).

Fonte: Produção do próprio autor.

O calor de campo e o pré-resfriamento em água não apresentaram efeito na manutenção da firmeza de polpa nos frutos da cv. Gala, nos anos avaliados (Tabela 9). Contudo, maçãs 'Fuji Kiku 8' apresentaram maior firmeza de polpa (5,5%) na saída do armazenamento, quando pré-resfriadas em água (Tabela 9). Esta diferença não se manteve após sete dias da saída da câmara. O calor de campo simulado não apresentou efeito na manutenção da firmeza de polpa de maçãs 'Fuji Kiku 8'. Com o pré-resfriamento, a remoção rápida do calor, provavelmente reduziu as atividades enzimáticas dos frutos, o que contribuiu para a manutenção da firmeza de polpa mais elevada (BRACKMANN *et al.*, 1994). Brackmann *et al.* (1996) encontraram resultado diferente ao pré-resfriar maçãs 'Fuji' até 4,5 °C, onde o pré-resfriamento reduziu a firmeza de polpa dos frutos frigoconservados. Sestari *et al.* (2007) ao pré-resfriar maçãs 'Gala' e aplicar doses de CaCl₂ e B, não encontraram diferenças entre os

tratamentos e o controle nos valores de firmeza de polpa na saída do armazenamento. Apenas após sete dias de prateleira verificaram que os frutos com aplicação de CaCl_2 e B estavam mais firmes, o que evidencia que este efeito na firmeza de polpa pode ser decorrente da aplicação de cálcio e boro, e não apenas do pré-resfriamento. Este efeito contraditório do pré-resfriamento na manutenção da firmeza de polpa foi verificado no presente trabalho, pois no capítulo anterior, maçãs ‘Fuji Kiku 8’ pré-resfriadas até 10°C e 5°C apresentaram menor firmeza de polpa.

Tabela 9 - Firmeza da polpa (N) em clones de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’ submetidas a três temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.

Temperaturas de calor de campo simulado								
Pré-resfriamento	25°C	31°C	37°C	Média	25°C	31°C	37°C	Média
Maçãs 'Gala' 2009/10				Maçãs 'Gala' 2011/12				
Após sete dias em 20°C				Após sete dias em 20°C				
Sem	49,6	54	55,4	53	47,7	48,2	46,6	47,5
Com	54,1	55,1	53	54,1 ^{ns}	49,3	48,5	43,4	47 ^{ns}
Média	51,8 ^{ns}	54,6	54,2	–	48,5 ^{ns}	48,3	45	–
CV		6,5%		–		5,8%		–
Maçãs 'Gala' 2012/13				Maçãs 'Fuji Kiku 8' 2012/13				
Saída da câmara				Após sete dias em 20°C				
Sem	48,4	47,6	50,5	48,8	43,1	42,6	43,5	43,1
Com	49,3	49,6	51,4	50,1 ^{ns}	44,8	44,1	44,2	44,4 ^{ns}
Média	48,9 ^{ns}	48,6	52,8	–	43,9 ^{ns}	43,4	43,9	–
CV		4,0%		–		4,3%		–
20°C				20°C				
Saída da câmara				Após sete dias em 20°C				
Sem	52,4	50,7	50,9	51,3 B	50,3	51,4	50,3	50,6
Com	54,3	54,1	54,6	54,3 A	50,6	51,2	50,2	50,7 ^{ns}
Média	53,3 ^{ns}	52,4	52,8	–	50,5 ^{ns}	51,3	50,2	–
CV		3,6%		–		4,2%		–

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

O pré-resfriamento proporcionou maior força para penetração da polpa em maçãs ‘Gala’, nos anos de 2009/10 e 2012/13, após remoção do armazenamento refrigerado e mais sete dias em 20°C

(Tabela 10). Efeito semelhante foi constatado em maçãs ‘Fuji Kiku 8’ no ano de 2012/13, porém apenas na saída da câmara (Tabela 10).

Nos anos 2009/10 e 2011/12 em maçãs ‘Gala’, e em 2012/13 em maçãs ‘Fuji Kiku 8’ não foi verificado efeito do calor de campo nos valores de força para penetração da polpa (Tabela 10). Todavia, no ano 2012/13, na saída da câmara, maçãs ‘Gala’ submetidas ao calor de campo simulado de 37 °C apresentaram maiores valores. Contudo, este efeito do calor de campo não se manteve após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente. A maior resistência à penetração da polpa e maior firmeza de polpa na saída do armazenamento sugerem que a temperatura de 37 °C diminuiu a síntese de etileno, pois conforme discutido anteriormente, temperaturas acima de 30 °C podem inibir temporariamente a ação de enzimas-chave na biossíntese de etileno. Além disso, o resultado obtido em 2012/13 pode estar associado ao estágio de maturação dos frutos na colheita, pois observa-se que os frutos estavam em estágio de maturação menos avançado que nos anos anteriores, com maior valor de firmeza de polpa (Tabela 1).

A força para ruptura da epiderme não apresentou diferenças entre os métodos de resfriamento dos frutos no ano 2009/10 (Tabela 11). Já o calor de campo simulado na temperatura de 37 °C proporcionou maçãs ‘Gala’ com maiores valores de força pra ruptura da epiderme em comparação ao calor de campo de 31 °C. No segundo ano de avaliação (2011/12), em frutos submetidos ao calor de campo simulado de 31 °C observou-se maior força para ruptura da epiderme em frutos pré-resfriados em água, em comparação aos frutos não pré-resfriados. No ano 2012/13, maçãs ‘Gala’ sem pré-resfriamento em água apresentaram maiores valores de força para ruptura da epiderme. Quanto ao calor de campo simulado, não foi verificado efeito sobre essa variável em maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’.

Apesar de haver diferença significativa entre tratamentos para os atributos de textura em algumas avaliações, houve uma pequena variação entre os valores observados (em média 0,1 e 0,2 N na força para penetração da polpa de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’, respectivamente, e 0,5 e 0,3 N na força para ruptura da epiderme de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’, respectivamente). Além disso, observa-se uma inconstância nos resultados, pois em alguns anos avaliados houve efeito e em outros não. Este comportamento diferenciado entre anos pode ser dependente de outros fatores.

Tabela 10 - Força para a penetração da polpa (N) em clones de maçãs 'Gala' e 'Fuji Kiku 8' submetidas a três temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.

Temperaturas de calor de campo simulado								
Pré-resfriamento	25°C	31°C	37°C	Média	25°C	31°C	37°C	Média
Maçãs 'Gala' 2009/10				Maçãs 'Gala' 2011/12				
Após sete dias em 20°C				Após sete dias em 20°C				
Sem	1,8	1,8	1,7	1,8 B	1,9	1,9	1,9	1,9
Com	1,9	1,9	2	2,0 A	1,9	2	1,8	1,9 ^{ns}
Média	1,8 ^{ns}	1,9	2	–	1,9 ^{ns}	1,9	1,8	–
CV	7,4%			–	4,6%			–
Maçãs 'Gala' 2012/13								
Saída da câmara				Após sete dias em 20°C				
Sem	1,9	1,9	2,1	1,9	1,7	1,7	1,7	1,7 B
Com	1,9	1,9	2	1,9 ^{ns}	1,8	1,8	1,9	1,8 A
Média	1,9 a	1,9 a	2,1 b	–	1,8 ^{ns}	1,8	1,8	–
CV	4,3%			–	3,9%			–
Maçãs 'Fuji Kiku 8' 2012/13								
	20°C	25°C	30°C	Média	20°C	25°C	30°C	Média
Sem	2,3	2,3	2,2	2,3 B	2,2	2,3	2,2	2,2
Com	2,6	2,4	2,5	2,5 A	2,2	2,3	2,3	2,3 ^{ns}
Média	2,4 ^{ns}	2,4	2,4	–	2,2 ^{ns}	2,3	2,2	–
CV	4,1%			–	5,1%			–

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 11 - Força para a ruptura da epiderme (N) em maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’ submetidas a três temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.

Temperaturas de calor de campo simulado								
Pré-resfriamento	25°C	31°C	37°C	Média	25°C	31°C	37°C	Média
Maçãs ‘Gala’ 2009/10				Maçãs ‘Gala’ 2011/12				
Após sete dias em 20°C				Após sete dias em 20°C				
Sem	8,8	8,9	9,6	9,1	10,1 Aa	10,1 Ba	10,6 Aa	10,3
Com	9,3	8,9	9,9	9,4 ^{ns}	9,9 Ab	10,9 Aa	11,1 Aa	10,6
Média	9,1 ab	8,9 b	9,7 a	–	9,9	10,5	10,8	
CV	6,0%			–	3,2%			
Maçãs ‘Gala’ 2012/13								
Saída da câmara				Após sete dias em 20°C				
Sem	9,4	9,4	9,1	9,3	8,4	8,4	8,8	8,6 B
Com	9,2	9,5	9,5	9,4 ^{ns}	7,7	7,7	7,2	7,5 A
Média	9,3 ^{ns}	9,5	9,0	–	8,1 ^{ns}	8,1	8,0	–
CV	8,4%			–	4,9%			–
Maçãs ‘Fuji Kiku 8’ 2012/13								
	20°C	25°C	30°C	Média	20°C	25°C	30°C	Média
Sem	10,6	10,4	10,2	10,4	10,6	10,8	10,7	10,7
Com	9,7	10,4	10,3	10,1 ^{ns}	10,9	10,9	10,4	10,7 ^{ns}
Média	10,2 ^{ns}	10,4	10,2	–	10,7 ^{ns}	10,9	10,6	–
CV	4,7%			–	3,3%			–

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

A AT foi menor em maçãs ‘Gala’ com simulação de calor de campo de 25°C, no ano agrícola 2011/12 (Tabela 12). Este efeito não foi observado no ano agrícola 2012/13. O pré-resfriamento dos frutos não influenciou na AT nos anos avaliados. Para maçãs ‘Fuji Kiku 8’ não se verificou efeito do calor de campo e do pré-resfriamento na AT. Para os teores de SS, maçãs ‘Gala’ pré-resfriadas em água apresentaram maior valor no ano agrícola 2012/13. No ano 2011/12, não foi observado efeito do calor de campo e do modo de resfriamento no teor de SS. Maçãs ‘Fuji Kiku 8’ pré-resfriadas em água tiveram maiores teores de SS

(3,9%) apenas na saída da câmara (dados não apresentados), porém esta diferença não se manteve após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente (Tabela 13).

Em outros trabalhos reportados pela literatura, os teores de SS e a AT de maçãs não foram influenciados pelo pré-resfriamento (BRACKMANN *et al.*, 1994; BRACKMANN *et al.*, 1996; WIJERWARDANE e GULERIA, 2009). De maneira geral, os resultados do presente trabalho estão de acordo com os resultados obtidos por esses autores.

Tabela 12 - Acidez titulável (% de Ac. málico) de maçãs 'Gala' e 'Fuji Kiku 8' submetidas a diferentes temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.

Temperaturas de calor de campo simulado								
	25°C	31°C	37°C	Média	25°C	31°C	37°C	Média
Maçãs 'Gala' 2011/12				Maçãs 'Gala' 2012/13				
Após sete dias em 20°C				Após sete dias em 20°C				
Sem	0,236	0,275	0,277	0,263	0,236	0,25	0,217	0,234
Com	0,193	0,29	0,287	0,257 ^{ns}	0,272	0,237	0,253	0,254 ^{ns}
Média	0,215 b	0,283 a	0,282 a	–	0,254 ^{ns}	0,244	0,235	–
CV	9,6%			–	10,7%			–
Maçãs 'Fuji Kiku 8' 2012/13								
Saída da câmara				Após sete dias em 20°C				
	20°C	25°C	30°C	Média	20°C	25°C	30°C	Média
Sem	0,137	0,14	0,156	0,144	0,137	0,139	0,14	0,139
Com	0,163	0,145	0,151	0,153 ^{ns}	0,144	0,131	0,129	0,134 ^{ns}
Média	0,15 ^{ns}	0,142	0,153	–	0,141 ^{ns}	0,135	0,135	–
CV	10,3%			–	8,4%			–

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 13 - Teor de sólidos solúveis (°Brix) de clones de maçã 'Gala' e 'Fuji Kiku 8' submetidas a diferentes temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.

Temperaturas de calor de campo simulado								
Pré-resfriamento	25°C	31°C	37°C	Média	25°C	31°C	37°C	Média
	Maçãs 'Gala' 2011/12				Maçãs 'Gala' 2012/13			
	Após sete dias em 20°C				Após sete dias em 20°C			
Sem	13,2	13,1	13	13,1	12,7	12,3	12,1	12,3 B
Com	13,5	13,3	12,7	13,2 ^{ns}	12,8	12,9	12,9	12,9 A
Média	13,4 ^{ns}	13,2	12,9	–	12,8 ^{ns}	12,6	12,5	–
CV		3,7%		–		2,9%		–
Maçãs 'Fuji Kiku 8' 2012/13								
	Saída da câmara				Após sete dias em 20°C			
	20°C	25°C	30°C	Média	20°C	25°C	30°C	Média
Sem	12,3	11,9	12,5	12,2 B	12,6	12,6	12,4	12,5
Com	13	12,7	12,4	12,7 A	12,7	12,3	12,9	12,6 ^{ns}
Média	12,7 ^{ns}	12,3	12,4	–	12,7 ^{ns}	12,4	12,6	–
CV		3,7%		–		3,7%		–

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

O calor de campo teve influência sobre a coloração da epiderme das maçãs 'Gala' apenas na saída da câmara e no experimento realizado no ano 2009/10, onde os frutos submetidos à simulação de calor de campo de 31 °C apresentaram os menores valores de ângulo *hue* comparado aos frutos com calor de campo de 25 °C (Tabela 14). O pré-resfriamento apenas apresentou efeito na avaliação realizada após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente, no experimento realizado em 2012/13, onde maçãs 'Gala' pré-resfriadas em água, independente da temperatura de calor de campo, apresentaram menor ângulo *hue*. Este resultado indica que estes frutos tiveram menor retenção da coloração verde. Com relação à cor da epiderme da cv. Fuji Kiku 8, não foi evidenciado efeito do calor de campo e do pré-resfriamento (Tabela 14). Sestari *et al.* (2007) não encontrou efeito do

pré-resfriamento e aplicação de CaCl_2 e B na coloração da epiderme de maçãs 'Gala' após sete meses de armazenamento refrigerado, tanto na saída da câmara quanto após sete dias de prateleira.

Tabela 14 - Cor da epiderme (ângulo *hue*) de clones de maçã 'Gala' e 'Fuji Kiku 8' submetidas a diferentes temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.

Temperaturas de calor de campo simulado								
Maçãs 'Gala' 2009/10								
Pré-resfriamento	25°C	31°C	37°C	Média	25°C	31°C	37°C	Média
-----Saída da câmara-----				----Após sete dias em 20°C----				
Sem	85,5	78,9	83,5	82,6	82,1	78,3	82,4	80,9
Com	89,1	81,5	82,8	84,4 ^{ns}	84,1	81	79,3	81,5 ^{ns}
Média	87,3 a	80,2 b	83,2 ab	—	83,1 ^{ns}	79,7	80,9	—
CV	6,4%		—		5,3%		—	
Maçãs 'Gala' 2011/12								
-----Saída da câmara-----				----Após sete dias em 20°C----				
Sem	91	92,5	92,5	92,1	91,7	90,8	91,6	91,4
Com	91,9	92,8	93	92,6 ^{ns}	92,1	91,8	90,9	91,6 ^{ns}
Média	91,5 ^{ns}	92,7	92,8	—	91,9 ^{ns}	91,3	91,3	—
CV	2,6%		—		1,5%		—	
Maçãs 'Gala' 2012/13								
-----Saída da câmara-----				----Após sete dias em 20°C----				
Sem	60,8	62,2	63,5	62,2	70,1	68,2	69,9	69,4 B
Com	63,4	59,8	63,7	62,2 ^{ns}	67,8	63,3	64,3	65,1 A
Média	62,1 ^{ns}	60,81	63,6	—	68,9 ^{ns}	65,7	67,1	—
CV	4,7%		—		7,3%		—	
Maçãs 'Fuji Kiku 8' 2012/13								
	20°C	25°C	30°C	Média	20°C	25°C	30°C	Média
sem	81,9	82,5	83,4	82,2	76,1	72,3	80	76,1
com	82,9	84,4	84,6	84,0 ^{ns}	76,8	77,1	78,8	77,6 ^{ns}
Média	82,4 ^{ns}	83,4	84,1	—	76,4 ^{ns}	74,7	79,4	—
CV	4,3%		—		4,8%		—	

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

Com relação à incidência de podridões, não foi constatado efeito do pré-resfriamento para ambas as cultivares, nos anos avaliados (Tabela 15). Isto se deve possivelmente a ausência de condições de desenvolvimento de patógenos no armazenamento (baixa umidade

relativa, de $92\pm 5\%$). A água do pré-resfriamento pode disseminar esporos de patógenos entre os frutos e aumentar a incidência de podridões. O pré-resfriamento em maçãs ‘Fuji’ e ‘Golden Delicious’, em sistema com reaproveitamento de água, aumentou a incidência de podridões em frutos com ferimentos (BRACKMANN *et al.*, 1996). Todavia, no presente trabalho a água do pré-resfriamento não foi reaproveitada, não havendo aumento de fonte de inóculo.

O aumento da temperatura do calor de campo simulado reduziu gradativamente a incidência de podridões em maçãs ‘Fuji Kiku 8’ (Tabela 15). Os frutos expostos a 30 °C apresentaram menor incidência de podridão comparada a frutos expostos a 20 °C, após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente. A exposição dos frutos a uma maior temperatura pode ter ocasionado mudanças na camada mais externa, a cutícula, preenchendo as rachaduras com cera, evitando a penetração de patógenos. SCHIRRA *et al.* (1997) observaram que a exposição dos frutos a 38 °C pode ocasionar a fusão parcial de ceras epicuticulares, selando pequenas lesões e rachaduras em frutos de cactus. Montero *et al.* (2010), ao realizar tratamento térmico de 58 °C por 30s em maçãs ‘Fuji’ e ‘Gala’, verificaram que o efeito de derretimento da cera e cobertura de rachaduras foi mais evidente na cv. Fuji que na Gala, isto porque, na cutícula dos frutos de ‘Gala’ as rachaduras não são tão evidentes quanto em ‘Fuji’.

O pré-resfriamento de maçãs ‘Gala’ proporcionou maior força para penetração da polpa em dois anos avaliados, maior força para ruptura da casca, menor síntese de etileno, maior teor de SS e maior retenção da coloração verde da epiderme em apenas uma safra. O calor de campo simulado apresentou efeito na cor da epiderme, na força para ruptura da casca e na taxa respiratória em apenas uma safra. Este efeito em determinados anos de avaliação na mesma cultivar sugere que fatores pré-colheita e outros fatores pós-colheita possam estar envolvidos nos resultados destas variáveis.

Tabela 15 - Incidência de podridão (%) em clones de maçã ‘Gala’ e ‘Fuji kiku 8’ submetidas a diferentes temperaturas de calor de campo simulado e pré-resfriamento em água.

Temperaturas de calor de campo								
Pré-resfriamento	25 °C	31 °C	37 °C	Média	25 °C	31 °C	37 °C	Média
	Saída da câmara				Após sete dias em 20 °C			
Maçãs ‘Gala’ 2009/10								
Sem	5,0	12,5	5	7,5	13,3	4,2	12,7	10,1
Com	0,0	0,0	2,5	0,8 ^{ns}	34,9	38,8	24,7	32,8 ^{ns}
Média	2,5 ^{ns}	6,3	3,7		24,1 ^{ns}	21,5	18,7	
CV (%)		97,2				88,9		
Maçãs ‘Gala’ 2012/13								
Sem	1,7	4,2	3,3	3,1	9,9	6,7	5	7,2
Com	2,5	0,8	4,2	2,5 ^{ns}	0,0	3,3	9,9	4,4 ^{ns}
Média	2,1 ^{ns}	2,5	3,8		4,9 ^{ns}	5,0	12,4	
CV (%)		102,9				114,2		
	20 °C	25 °C	30 °C	Média	20 °C	25 °C	30 °C	Média
Maçãs ‘Fuji Kiku 8’ 2012/13								
sem	9,2	9,2	6,7	8,3	9,9	9,0	3,1	7,4
com	8,3	7,5	10,0	8,6 ^{ns}	15,4	4,8	4,7	8,3 ^{ns}
Média	8,7 ^{ns}	8,3	8,3		12,6 a	6,9 ab	3,9 b	
CV (%)		30,7				72,6		

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

3.6 CONCLUSÃO

O pré-resfriamento em água não apresenta benefícios consistentes na manutenção da qualidade de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’. Maiores temperaturas de calor de campo simulado, em maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji Kiku 8’ submetidas ou não ao pré-resfriamento em água, não apresentam comprometimento na qualidade após o armazenamento, podendo até reduzir a incidência de podridões pós-colheita em maçãs ‘Fuji Kiku 8’.

4 QUALIDADE DE MAÇÃS 'GALAXY' TRATADAS COM 1-MCP E COM RETARDO NO RESFRIAMENTO

4.1 RESUMO

O rápido resfriamento dos frutos e a utilização de inibidores da ação do etileno, como o 1-metilciclopropeno (1-MCP), são utilizados em pós-colheita para prolongar a qualidade de maçãs. Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da aplicação de 1-MCP, associado com diferentes períodos de retardo do resfriamento dos frutos, sobre a manutenção da qualidade de maçãs 'Galaxy'. Objetivou-se ainda verificar até que tempo de retardo do resfriamento não ocorre perda de qualidade dos frutos, e se o 1-MCP pode substituir a necessidade do rápido resfriamento dos frutos. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 2x5, combinando os fatores aplicação de 1-MCP (com ou sem) e diferentes períodos de resfriamento (24 h, 96 h, 144 h, 192 h e 240 h). As maçãs 'Galaxy' foram armazenadas a $1\pm 0,5$ °C/UR de $92\pm 5\%$ durante quatro meses. A avaliação da qualidade dos frutos foi realizada na saída da câmara e após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente. As maçãs tratadas com 1-MCP apresentaram maiores valores de firmeza de polpa, textura, acidez titulável e menor incidência de polpa farinácea em comparação a maçãs não tratadas com 1-MCP. Observou-se maior incidência de podridões, na saída da câmara, ao retardar o resfriamento dos frutos em 192 h e 240 h, comparado ao tempo de retardo de resfriamento em 24 h. O 1-MCP foi eficaz em manter a qualidade dos frutos mesmo com o retardo do resfriamento em até 240 h. O retardo do resfriamento de 192 h e 240 h deve ser evitado, pois diminui os valores dos atributos de textura e da acidez titulável de maçãs 'Galaxy', sem a aplicação de 1-MCP.

Palavras-chave: Pós-colheita; Etileno; Manutenção da qualidade.

4,2 ABSTRACT

The fast cooling in fruits and the use of inhibitors of ethylene action, such as 1-methylcyclopropene (1-MCP), are used to extend postharvest quality of apples. The aims of this study were to evaluate the effect of 1-MCP, associated with different periods of fruit cooling delay on

maintaining the quality of ‘Galaxy’ apples. Aimed to further verify until time of cooling delay does not occur loss of fruit quality, and if 1-MCP can replace the need for rapid cooling of fruits. The treatments were arranged in a 2x5 factorial scheme, combining the factors of 1-MCP application (with or without) and different periods of cooling (24 h, 96 h, 144 h, 192 h and 240 h). ‘Galaxy’ apples were stored at 1 ± 0.5 °C/RH 92 \pm 5% for four months. Evaluation of quality of fruits was carried off the camera and after seven days of shelf at ambient conditions. Apples treated with 1-MCP showed higher firmness, texture, acidity and lower incidence of mealy pulp compared to apples not treated with 1-MCP. Observed a higher incidence of decay at the exit of the chamber to slow the cooling of fruit in 192 h and 240 h, compared to the cooling time delay within 24 h. The 1-MCP was effective in maintaining fruit quality even with the delay of cooling up to 240 h. The delay of the cooling 192 h and 240 h should be avoided as it decreases the values of the attributes of texture and acidity of ‘Galaxy’ apples, without the application of 1-MCP.

Key-words: Postharvest. Ethylene. Extend quality.

4.3 INTRODUÇÃO

A vida pós-colheita de maçãs é considerada longa em comparação a outras espécies de frutos, podendo ser armazenadas por longos períodos (STEFFENS *et al.*, 2008). As maçãs ‘Gala’ e seus clones têm um metabolismo mais acelerado, e devido às suas altas taxas respiratórias e de biossíntese de etileno, apresentam uma rápida perda de firmeza de polpa, amarelecimento da epiderme e redução da acidez titulável durante o armazenamento (BRACKMANN *et al.*, 2005). Para prolongar a manutenção da qualidade, recomenda-se o rápido resfriamento das maçãs. Entretanto, durante a safra, o “packing house” recebe um grande volume de frutos diariamente, o que impossibilita o rápido resfriamento dos mesmos, podendo levar algumas horas até vários dias para que as maçãs atinjam a temperatura adequada de armazenamento (LUNARDI *et al.*, 2004). Este problema se agrava em grandes empresas, que possuem grande volume de frutos a ser armazenado, ou até mesmo em empresas menores que não possuem sistema específico de pré-resfriamento. Nestas situações, a redução da temperatura do fruto é realizada na própria câmara de armazenamento,

sendo comum demorar de oito a dez dias para o fruto atingir a temperatura de armazenamento (LUNARDI *et al.*, 2004). O resfriamento lento apresenta algumas vantagens e desvantagens. Como benefício pode-se citar a redução da susceptibilidade dos frutos a injúria por frio. No entanto, o atraso no resfriamento dos frutos pode ocasionar perdas qualitativas (LAU e LOONEY, 1982).

Brackmann *et al.* (2000) obtiveram maçãs ‘Gala’ com melhor manutenção da firmeza de polpa quando resfriadas em três dias, em comparação ao retardo do armazenamento de oito dias. Em maçãs ‘Gala’ frigoconservadas, o resfriamento rápido de três dias proporcionou maior firmeza de polpa e retenção da coloração verde da epiderme em comparação ao resfriamento lento de oito dias, associado ou não à aplicação de 1-MCP, evidenciando um maior efeito do resfriamento rápido dos frutos (BRACKMANN *et al.*, 2005).

Segundo Liu (1986), o retardo no resfriamento dos frutos causa um aumento na síntese de etileno em maçãs. Este fitormônio está diretamente ligado à indução do processo de amadurecimento dos frutos, com conseqüente redução na firmeza de polpa. A remoção do etileno das câmaras de armazenamento ou o uso de inibidores da ação do etileno são práticas adotadas por diversas empresas do setor pomicultor. O tratamento com inibidores é indicado para retardar os efeitos do etileno. O composto volátil 1-metilciclopropeno (1-MCP), por se ligar ao receptor de etileno, é um potente inibidor da ação do etileno (BLANKENSHIP e DOLE, 2003).

A aplicação de 1-MCP em maçãs reduziu a síntese de etileno dos frutos e manteve a acidez titulável e a firmeza de polpa após o armazenamento em atmosfera controlada e refrigerada (WATKINS *et al.*, 2000). Em maçãs ‘Gala’, ‘Delicious’ e ‘Jonagold’, a aplicação de 1-MCP manteve uma firmeza de polpa superior (em 10 N) em relação ao controle. Além de diminuir a síntese de etileno, a taxa respiratória dos frutos diminuiu com a aplicação de 1-MCP (FAN *et al.*, 1999). Assim, a aplicação do 1-MCP pode dispensar o rápido resfriamento dos frutos e possibilitar um certo retardo na redução da temperatura do fruto, sem comprometer a qualidade e o potencial de armazenamento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de 1-MCP, associada a períodos de retardo do resfriamento (24 h, 96 h, 144 h, 192 h e 240 h), sobre a manutenção da qualidade de maçãs ‘Galaxy’ armazenadas sob refrigeração, bem como verificar até que tempo de retardo do resfriamento não ocorre perda de qualidade dos frutos, e se o 1-MCP pode substituir a necessidade de rápido resfriamento dos frutos.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de pesquisa foi conduzido com maçãs ‘Galaxy’ provenientes de pomar comercial localizado em Vacaria, RS (28°30'44"S de latitude, 50°56'02"W de longitude e 970 m de altitude), colhidas na safra 2012/2013. Após a colheita e transporte ao laboratório, procedeu-se a seleção dos frutos, eliminando aqueles com danos, podridões e baixo calibre. Posteriormente, procedeu-se a homogeneização das amostras experimentais. Para homogeneizar a temperatura, as amostras foram acondicionadas durante doze horas em câmara B.O.D. marca Eletrolab, na temperatura de 28 °C.

O experimento foi conduzido em esquema bifatorial 2x5. Os tratamentos originaram-se da combinação entre a aplicação de 1-MCP (com e sem) com diferentes períodos de resfriamento dos frutos (24 h, 96 h, 144 h, 192 h e 240 h) até a polpa diminuir a temperatura de 28 °C para 1 °C . A aplicação do 1-MCP foi realizada após a homogeneização da temperatura dos frutos em 28 °C. Os frutos foram submetidos aos diferentes tempos de resfriamento após a aplicação de 1-MCP. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento, e a unidade experimental composta de 20 frutos.

Como fonte de 1-MCP, foi utilizado o produto Smart Fresh® (0,14% de 1-MCP na formulação pó). A dose de 1-MCP foi de 1000 ppb. O produto foi solubilizado em água a temperatura ambiente em um recipiente hermético e, posteriormente, a solução foi transferida para uma placa de Petri dentro de uma câmara, com imediato fechamento desta. Os frutos ficaram expostos ao tratamento por 24 horas. O retardo do armazenamento refrigerado foi realizado em câmara B.O.D. marca Eletrolab, com redução gradual da temperatura todos os dias, até que a polpa dos frutos atingisse a temperatura de 1 °C ao final de cada período (24 h, 96 h, 144 h, 192 h e 240 h).

As maçãs ‘Galaxy’ foram frigoconservadas por quatro meses a $1\pm 0,5$ °C/UR de $92\pm 5\%$. Foram realizadas duas avaliações da qualidade dos frutos, na saída da câmara, após o armazenamento refrigerado, e após mais sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente.

As variáveis analisadas foram firmeza de polpa, forças necessárias para a penetração da polpa e para rompimento da casca, acidez titulável, sólidos solúveis, cor da casca (ângulo *hue*), incidência de polpa farinácea e incidência de podridões.

A firmeza de polpa foi determinada na região equatorial dos frutos, medida em dois lados opostos, após remoção de uma pequena porção da casca, com o auxílio de um penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltd., África do Sul) equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro, sendo os resultados expressos em N.

Os atributos de textura foram analisados com um texturômetro eletrônico TAXT-plus® (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido), em termos de forças necessárias para o rompimento da casca e para a penetração na polpa, utilizando-se ponteira modelo PS2 com 2 mm de diâmetro, que foi introduzida na polpa a uma profundidade de 10 mm. Os resultados foram expressos em N.

Os valores de acidez titulável (AT; % de ácido málico) foram obtidos por meio de uma amostra de 10mL de suco dos frutos, previamente extraído de fatias transversais retiradas da região equatorial das maçãs e trituradas em uma centrífuga elétrica. Esta amostra foi diluída em 90mL de água destilada e titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1.

Os teores de sólidos solúveis totais (SS; °Brix) foram determinados por refratometria, com refratômetro digital modelo PR201α (Atago, Japão). O suco foi extraído conforme descrito para a acidez titulável, sendo realizada a correção do efeito da temperatura (20 °C).

A determinação da cor da casca (ângulo *hue*) foi efetuada com um colorímetro Minolta, modelo CR 400. As leituras foram realizadas na região equatorial dos frutos. O ângulo *hue* define a coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde.

A incidência de polpa farinácea (%) foi determinada pela quantificação dos frutos que apresentavam pouca suculência e firmeza de polpa inferior a 44,5N. A incidência de podridões (%) foi avaliada por meio da contagem dos frutos afetados, interna e externamente, com lesões maiores do que 5mm de diâmetro, causadas por patógenos.

Antes da aplicação dos tratamentos, quatro amostras com 15 frutos foram avaliadas para a determinação da qualidade inicial das maçãs, que apresentavam firmeza de polpa de 76,1 N, acidez titulável de 0,33% de ácido málico, teor de sólidos solúveis de 11,9 °Brix e cor da epiderme (ângulo *hue*) de 71,9.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo que valores em % foram previamente transformados pela fórmula $\arcsin [(x+0,5)/100]^{1/2}$ e as médias dos tratamentos foram comparadas com o controle pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se interação significativa entre os fatores período de resfriamento dos frutos e aplicação de 1-MCP para as variáveis incidência de polpa farinácea, na saída do armazenamento refrigerado e após mais sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente, e força para penetração da polpa e incidência de podridões, na saída do armazenamento refrigerado.

A firmeza de polpa manteve-se em valores mais elevados em frutos tratados com 1-MCP do que em frutos não tratados (Tabela 16). Tanto na saída da câmara como após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente, a firmeza de polpa foi aproximadamente 21 N maior que os frutos não tratados com 1-MCP. O efeito do 1-MCP sobre a manutenção da firmeza de polpa de maçãs ‘Gala’ tem sido encontrado em diversos trabalhos (FAN *et al.*, 1999; BRACKMANN *et al.*, 2004b; CURRENT *et al.*, 2004; LUNARDI *et al.*, 2004; HENDGES *et al.*, 2011), corroborando com os resultados do presente trabalho. Este efeito do 1-MCP na manutenção da firmeza de polpa deve-se à inibição da ação do etileno, que por sua vez diminui a atividade de enzimas pectolíticas (LUNARDI *et al.*, 2004). No entanto, Brackmann *et al.* (2005), em maçãs ‘Gala’ armazenadas em atmosfera do ar por seis meses, não verificaram manutenção da firmeza de polpa com a aplicação de 1-MCP. Este resultado discorda dos obtidos no presente trabalho e daqueles obtidos por outros autores (FAN *et al.*, 1999; BRACKMANN *et al.*, 2004b; LUNARDI *et al.*, 2004; HENDGES *et al.*, 2011). Possivelmente, esta discordância está relacionada com o maior tempo de armazenamento dos frutos no trabalho realizado por Brackmann *et al.* (2005).

O retardo do resfriamento não teve influência na manutenção da firmeza de polpa, na saída do armazenamento refrigerado e após mais sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente (Tabela 16). Contudo, observa-se que na saída da câmara houve um leve decréscimo nos valores de firmeza de polpa, conforme aumentou o atraso para o resfriamento dos frutos, embora esta diferença não seja significativa. Brackmann *et al.* (2005), após sete dias de exposição dos frutos a 20 °C, observaram maior firmeza de polpa em maçãs ‘Gala’ submetidas ao resfriamento rápido (três dias) em comparação ao resfriamento lento (oito dias), embora na saída da câmara não tenham encontrado diferenças.

Não houve efeito sinérgico entre o resfriamento rápido e a aplicação de 1-MCP sobre a manutenção da firmeza de polpa (Tabela 16). Todavia, os frutos tratados com 1-MCP e que levaram 240 h para atingir a temperatura de armazenamento apresentaram firmeza de polpa maior (16,9 N) do que os frutos não tratados com 1-MCP e rapidamente resfriados (24 h). Este resultado evidencia que o 1-MCP apresenta maior efetividade na manutenção da firmeza de polpa do que o rápido resfriamento dos frutos.

Em frutos tratados com 1-MCP, a incidência de polpa farinácea não foi detectada em maçãs 'Galaxy' na saída da câmara (Tabela 16). Porém, após sete dias a 20 °C, houve uma baixa incidência (< 3%) nos frutos com 24 e 96 h de resfriamento, mas sem diferenças entre os tempos de resfriamento. Em ambas as avaliações, a incidência do distúrbio foi elevada em frutos sem aplicação de 1-MCP, independente do tempo de resfriamentos dos frutos (Tabela 16). Isso confirma resultados publicados por outros autores, mostrando redução na ocorrência de distúrbios fisiológicos relacionados com a senescência dos frutos por meio da aplicação de 1-MCP (BRACKMANN *et al.*, 2004b; CURRENT *et al.*, 2005; WATKINS *et al.*, 2006). A eficiência do 1-MCP em reduzir este distúrbio fisiológico ocorre pela inibição da ação do etileno, já que o etileno que aumenta a incidência de polpa farinácea por acelerar a senescência dos frutos (STEFFENS *et al.*, 2008).

Em frutos tratados com 1-MCP, não houve efeito do tempo de resfriamento sobre a incidência de polpa farinácea, na saída do armazenamento refrigerado e após mais sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente (Tabela 16). Todavia, em frutos sem aplicação de 1-MCP, na saída da câmara, os frutos resfriados por 192 h apresentaram maior incidência de polpa farinácea, diferindo dos tratamentos 24 e 96 h de resfriamento. Ainda em frutos sem aplicação de 1-MCP, após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente, os frutos resfriados em 24 h apresentaram maior incidência de polpa farinácea, diferindo apenas dos frutos resfriados em 96 h, que apresentaram menor incidência (Tabela 16). Estes resultados sugerem que o retardo do resfriamento dos frutos pode ocasionar maior incidência de polpa farinácea em frutos não tratados com 1-MCP. Todavia, o rápido resfriamento, pode ocasionar um estresse por baixa temperatura nos frutos, induzindo a manifestação do distúrbio durante o período de comercialização. O resfriamento em 96 h apresentou, de maneira geral, os melhores resultados no controle da incidência de polpa farinácea.

Tabela 16 - Firmeza de polpa e incidência de polpa farinácea de maçãs ‘Galaxy’ após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condições ambiente em função do retardo do resfriamento dos frutos e a aplicação de 1-MCP.

Tratamento de 1-MCP	Tempo de resfriamento					Média
	24 h	96 h	144 h	192 h	240 h	
Firmeza de polpa (N)						
Saída da câmara						
Sem	52	50,5	49,6	46,1	46,7	49,0 B
Com	72,9	67,9	70,3	70,8	68,9	70,6 A
Média	62,4 ^{ns}	59,2	59,9	59,5	57,8	–
CV			5,6%			–
Após sete dias em condições ambiente						
Sem	45,9	50,3	48,8	48,6	47,8	48,3 B
Com	70,2	67,4	71,7	70,9	69,1	69,8 A
Média	58,1 ^{ns}	58,5	60,3	59,8	58,5	–
CV			4,3%			–
Incidência de polpa farinácea (%)						
Saída da câmara						
Sem	30,2 Ab	27,5 Ab	43,3 Aab	65 Aa	40,2 Aab	41,2
Com	0 Ba	0 Ba	0 Ba	0 Ba	0 Ba	0
Média	15,1	13,8	21,7	32,5	20,1	–
CV			26,4%			–
Após sete dias em condições ambiente						
Sem	60,2 Aa	28,2 Ab	47,5 Aab	50,5 Aab	51,8 Aab	47,6
Com	2,5 Ba	1,9 Ba	0 Ba	0 Ba	0 Ba	0,7
Média	31,3	15,1	23,75	25,3	25,9	
CV			21,8%			

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

Em relação aos atributos de textura, foi evidente o efeito do 1-MCP na manutenção das forças para ruptura da epiderme e para penetração da polpa (Tabela 17), sendo esse resultado similar ao obtido para firmeza de polpa (Tabela 16).

Na saída da câmara, o retardo do resfriamento diminuiu a força necessária para a ruptura da epiderme. O resfriamento rápido dos frutos (24 h) manteve os valores de força para ruptura da epiderme mais elevados quando comparado ao resfriamento lento de 144 h e 240 h. Após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente, os frutos resfriados em 24 h apresentaram maior força para ruptura da epiderme em comparação aos frutos com resfriamento de 240 h.

A força para penetração da polpa, na saída da câmara, apresentou maiores valores nos frutos rapidamente resfriados (24 h) quando comparado aos frutos resfriados por 192 e 240 h, quando não foi realizada a aplicação de 1-MCP (Tabela 17). Possivelmente, esse resultado esteja relacionado ao aumento do metabolismo no início do armazenamento, pelo maior período necessário para o resfriamento dos frutos. Todavia, quando foi aplicado o 1-MCP, o retardo do resfriamento não teve efeito na força necessária para a penetração da polpa das maçãs, pois como discutido anteriormente, o 1-MCP bloqueia a ação do etileno, reduzindo o metabolismo dos frutos e degradação dos constituintes de paredes celulares.

Apesar de não haver diferenças entre tempos de resfriamento para a firmeza de polpa, conforme descrito anteriormente, a variável força para a penetração da polpa apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, em frutos não tratados com 1-MCP. Segundo Guillermin *et al.* (2006), pode ocorrer comportamento diferenciado entre os atributos firmeza de polpa e força para a penetração da polpa. Isso resulta do fato de que a determinação da firmeza de polpa desconsidera a resistência exercida pelo tecido epidérmico e pela camada de células hipodérmicas, tecidos considerados na avaliação da força para penetração da polpa.

Tabela 17 - Forças para ruptura da epiderme e para penetração da polpa de maçãs ‘Galaxy’ após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condições ambiente em função do retardo do resfriamento dos frutos e a aplicação de 1-MCP.

Tratamento de 1-MCP	Tempo de resfriamento					Média
	24 h	96 h	144 h	192 h	240 h	
Força para ruptura da epiderme (N)						
Saída da câmara						
Sem	9,3	9,6	8,8	8,8	8,3	8,9 B
Com	13,4	12,4	12	12,5	12	12,5 A
Média	11,4 a	11 ab	10,4 b	10,6 ab	10,2 b	–
CV			5,5%			–
Após sete dias em condições ambiente						
Sem	8,6	8,5	8,3	8,5	8,2	8,4 B
Com	12,6	12	12,6	12,2	11,7	12,2 A
Média	10,6 a	10,2 ab	10,4 ab	10,3 ab	9,9 b	–
CV			4,5%			–
Força para penetração da polpa (N)						
Saída da câmara						
Sem	2,2 Ba	1,9 Bab	1,9 Bab	1,8 Bb	1,8 Bb	2
Com	2,8 Aa	2,9 Aa	2,8 Aa	2,9 Aa	2,8 Aa	2,8
Média	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3	–
CV			5,5%			–
Após sete dias em condições ambiente						
Sem	1,9	1,8	1,8	1,8	1,9	1,8 B
Com	2,6	2,4	2,7	2,6	2,5	2,6 A
Média	2,3 ^{ns}	2,1	2,2	2,2	2,2	–
CV			5,3%			–

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

A AT das maçãs com aplicação de 1-MCP apresentou valor superior àquela apresentada por maçãs sem aplicação de 1-MCP, na saída do armazenamento refrigerado e após mais sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente (Tabela 18). Diversos autores verificaram maior AT em maçãs tratadas com 1-MCP (FAN *et al.*, 1999;

WATKINS *et al.*, 2000; BRACKMANN *et al.*, 2004b; CURRENT *et al.*, 2004), o que pode estar relacionada ao menor consumo dos ácidos no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, já que o 1-MCP reduz a taxa respiratória dos frutos (WATKINS *et al.*, 2000; BRACKMANN *et al.*, 2005). Os frutos com retardo do armazenamento de 240 h apresentaram uma AT inferior (8,5%) comparado aos frutos com retardo do resfriamento de 144 h, na saída da câmara. Embora o tratamento 240 h de resfriamento não apresentou diferença significativa em relação a 24 e 96 h de resfriamento, nota-se que houve uma diminuição na AT com o aumento no tempo de resfriamento. As maçãs dos tratamentos 24 e 96 h de resfriamento apresentaram AT praticamente igual ao tratamento com 144 h de resfriamento.

Após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente, a AT dos frutos não diferiu significativamente entre os tempos de resfriamento. Brackmann *et al.* (2001) também não encontraram diferença na AT de maçãs ‘Gala’, ao comparar os tempos de três e oito dias de resfriamento. Contudo, o resfriamento rápido de três dias, com tratamento de 1-MCP, manteve a AT de maçãs ‘Gala’ mais elevada na saída do armazenamento, em comparação ao resfriamento lento de oito dias e, após sete dias, apenas os frutos resfriados lentamente e sem 1-MCP mostraram-se com uma menor AT (BRACKMANN *et al.*, 2005).

A diminuição na AT e na força para penetração da polpa com o retardo do resfriamento é decorrente possivelmente do aumento na taxa respiratória dos frutos. Brackmann *et al.* (2005) observaram um aumento na taxa respiratória de maçãs ‘Gala’ com o resfriamento de oito dias em comparação ao resfriamento dos frutos em três dias.

O teor de SS foi maior em maçãs tratadas com 1-MCP, tanto na saída da câmara quanto após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente (Tabela 18). Estes resultados estão de acordo com outros autores (BRACKMANN *et al.*, 2004b; CURRENT *et al.*, 2005), que encontraram maior teor de SS em maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’ tratadas com 1-MCP. O menor teor de SS em maçãs sem a aplicação de 1-MCP possivelmente está relacionado à maior taxa respiratória destes frutos, já que o 1-MCP reduz a taxa respiratória (FAN *et al.*, 1999).

Os tempos de resfriamento dos frutos não apresentaram influência no teor de SS das maçãs ‘Galaxy’, na saída do armazenamento refrigerado e após mais sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente (Tabela 18). Brackmann *et al.* (2005) também não observaram efeito do tempo de resfriamento sobre a manutenção do teor de SS em maçãs ‘Gala’.

Tabela 18 - Acidez titulável e teor de sólidos solúveis de maçãs ‘Galaxy’ após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condições ambiente em função do retardo do resfriamento dos frutos e a aplicação de 1-MCP.

Tratamento de 1-MCP	Tempo de resfriamento					Média
	24 h	96 h	144 h	192 h	240 h	
Acidez titulável (% de ácido málico)						
Saída da câmara						
Sem	0,256	0,249	0,257	0,229	0,220	0,240 B
Com	0,302	0,313	0,311	0,315	0,293	0,310 A
Média	0,280 ab	0,281 ab	0,284 a	0,270 ab	0,260 b	–
CV	6,8%					–
Após sete dias em condições ambiente						
Sem	0,215	0,219	0,224	0,209	0,224	0,218 B
Com	0,262	0,264	0,295	0,297	0,265	0,276 A
Média	0,238 ^{ns}	0,249	0,26	0,252	0,244	–
CV	10,3%					–
SS (° Brix)						
Saída da câmara						
Sem	13	12,6	12,9	12,3	12,3	12,7 B
Com	13,2	13,1	13,4	13,4	13,1	13,2 A
Média	13,1 ^{ns}	12,9	13,2	12,9	12,7	–
CV	4,3%					–
Após sete dias em condições ambiente						
Sem	12,3	12,5	12,8	12,1	12,6	12,5 B
Com	13,1	12,8	13	13,2	13,1	13 A
Média	12,7 ^{ns}	12,6	12,9	12,7	12,8	–
CV	5,2%					–

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

A aplicação de 1-MCP proporcionou maior retenção da coloração verde da epiderme das maçãs, após sete dias de exposição dos

frutos em condições ambiente (Tabela 19). Brackmann *et al.* (2004b e 2005) também verificaram maior retenção da coloração verde em maçãs ‘Gala’ tratadas com 1-MCP. A mudança na coloração da epiderme ocorre devido à ação de enzimas clorofilases, que são induzidas pela ação do etileno, acompanhado pela síntese de carotenoides nos frutos (SEREK *et al.*, 1995). Os valores observados de ângulo *hue* foram baixos, na faixa do laranja a vermelho. Isto se deve a coloração avermelhada que os frutos apresentavam no momento da colheita.

Os diferentes períodos de resfriamento não apresentaram influência na cor da epiderme (Tabela 19). Brackmann *et al.* (2005) também não observaram efeito do tempo de resfriamento (três e oito dias) sobre a cor da epiderme de maçãs ‘Gala’.

A incidência de podridões apresentou valores inconsistentes (Tabela 19). Observou-se que com a aplicação de 1-MCP, o retardo do resfriamento de 192 h e 240 h aumentou a incidência de podridões em comparação ao resfriamento de 24 h, na saída da câmara. A aplicação de 1-MCP aumentou a incidência de podridões quando se retardou o resfriamento em 192 h, porém não apresentou efeito nos demais tempos de resfriamento. Após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente, não houve influência do 1-MCP sobre a incidência de podridões. O resfriamento dos frutos durante 144 h e 240 h aumentou a incidência de podridões em comparação ao resfriamento dos frutos em 96 h, mas não diferiu dos frutos resfriados em 24 h, após sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente.

Brackmann *et al.* (2004b) encontraram menor incidência de podridões em maçãs ‘Gala’ tratadas com 1-MCP. Este autor sugere que a maior firmeza de polpa proporcionada pela aplicação de 1-MCP, confere maior resistência contra infecções, o que não foi observado no presente trabalho.

Tabela 19 - Cor da epiderme e incidência de podridões de maçãs ‘Gala’ após quatro meses de armazenamento refrigerado e mais sete dias em condições ambiente em função do retardo do resfriamento dos frutos e a aplicação de 1-MCP.

Tratamento de 1-MCP	Períodos de resfriamento					Média
	24 h	96 h	144 h	192 h	240 h	
Cor da epiderme (ângulo <i>hue</i>)						
Saída da câmara						
Sem	46,3	49,2	54,9	57,5	59,5	52,4
Com	59,6	56,3	56,9	56,9	55,2	56,4 ^{ns}
Média	52,9 ^{ns}	52,8	55,9	57,2	57,3	–
CV			10,9%			–
Após sete dias em condições ambiente						
Sem	68	66,2	64,8	70,5	64,5	66,1 B
Com	67,9	74,1	71,9	67,8	71,2	70,6 A
Média	67,9 ^{ns}	70,2	68,4	69,2	67,8	–
CV			6,7%			–
Incidência de podridão (%)						
Saída da câmara						
Sem	2,5 Aa	2,5 Aa	6,6 Aa	2,5 Ba	3,3 Aa	3,5
Com	1,6 Ab	4,9 Aab	4,2 Ab	14,2 Aa	7,5 Aa	6,5
Média	2,1	3,7	5,4	8,4	5,4	–
CV			42,6%			–
Após sete dias em condições ambiente						
Sem	5,55	0	2,56	2,5	6,25	3,27
Com	2,5	0	6,25	5	6,25	3,75 ^{ns}
Média	4,02 ab	0,0 b	4,4 a	3,75 ab	6,25 a	–
CV			50,5%			–

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor.

De maneira geral, o tratamento dos frutos com 1-MCP permite o atraso do resfriamento dos frutos. Em frutos tratados com 1-MCP, não há diferença no atraso de 24 horas e 10 dias no resfriamento. Todavia, apresentam qualidade superior aos frutos submetidos ao resfriamento rápido e sem aplicação de 1-MCP, apresentando maiores valores de firmeza de polpa, atributos de textura, AT, coloração da epiderme menos amarela e menor incidência de polpa farinácea. A manifestação de polpa farinácea foi inibida pelo 1-MCP em períodos de resfriamento mais prolongados. Estes resultados demonstram que o 1-MCP, além de apresentar um forte efeito sobre a manutenção da qualidade de maçãs armazenadas, o que já está consolidado pelos resultados obtidos em outros trabalhos, pode eliminar a necessidade do rápido resfriamento de maçãs ‘Galaxy’, prática preconizada na área de pós-colheita e muito utilizada em empresas armazenadoras de frutos. Devido ao grande volume de frutos que chegam ao “packing house” durante o período de colheita, a necessidade de mão-de-obra e de equipamentos para a movimentação dos frutos para as câmaras de resfriamento, e o tempo para a realização do resfriamento rápido, esta prática acaba não sendo realizada, podendo os frutos demorar de oito a 10 dias para atingir a temperatura de armazenamento (LUNARDI *et al.*, 2004). De acordo com os resultados, o atraso de oito dias no resfriamento dos frutos, sem o tratamento com 1-MCP, já compromete a qualidade das maçãs ‘Galaxy’, após quatro meses de armazenamento refrigerado.

4.6 CONCLUSÃO

O 1-MCP foi eficiente em manter a qualidade das maçãs ‘Galaxy’ após quatro meses de armazenamento refrigerado, permitindo o atraso do resfriamento em até 10 dias, sem comprometimento da qualidade dos frutos.

Em maçãs ‘Galaxy’ sem a aplicação do 1-MCP, o resfriamento lento de maçãs ‘Galaxy’, de 192h e 240h, deve ser evitado por comprometer os atributos de textura dos frutos e diminuir a acidez titulável após quatro meses de armazenamento refrigerado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pré-resfriamento é adotado por algumas empresas para otimizar a refrigeração dos frutos, por possibilitar o fechamento das câmaras em menor tempo. Neste caso, se realizado em maçãs ‘Gala’, o pré-resfriamento em água deve ser feito até atingir a menor temperatura possível. De acordo com os resultados deste trabalho, frutos pré-resfriados até 10 °C mostraram-se com menor firmeza de polpa. Em maçãs ‘Fuji’, este procedimento não deve ser adotado, pois de acordo com este trabalho, causou prejuízos na manutenção da qualidade dos frutos, quando realizado até 10 °C e 5 °C.

O calor de campo não afetou a qualidade dos frutos. O pré-resfriamento em água realizado em maçãs com diferentes temperaturas de calor de campo teve efeito inconsistente na manutenção da qualidade das maçãs, pois os resultados foram contraditórios nos anos avaliados. Isto indica que outros fatores pré-colheita podem interferir nos resultados, como diferença varietal, nutrição mineral, estágio de maturação e aspectos climáticos durante o desenvolvimento dos frutos. Desta forma, sugere-se que trabalhos futuros sejam realizados na mesma área, com frutos oriundos de mesmas plantas, para melhor controle destes fatores, e verificar se de fato, os benefícios observados são decorrentes do pré-resfriamento. Trabalhos envolvendo o estágio de maturação também podem ser realizados, visto que as maçãs ‘Gala’ apresentavam atributos de maturação diferentes entre os anos avaliados, o que pode ter influenciado nos resultados.

O 1-MCP mostrou-se eficaz na manutenção da qualidade, inclusive com o retardo do resfriamento de até 10 dias. A aplicação de 1-MCP pode eliminar a necessidade de resfriamento rápido de maçãs ‘Galaxy’. O resfriamento lento dos frutos (192 h e 240 h), sem aplicação de 1-MCP, compromete os atributos de qualidade de maçãs ‘Galaxy’.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. **Ethylene in plant biology**. 2 ed. San Diego: Academic press. 1997. 414 p.
- ALVARÉS, V. de S. **Pré-resfriamento, embalagem e hidratação pós-colheita de salsinha**. 2006. 161 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A. Sachês absorvedores de etileno na pós-colheita de maçãs ‘Royal Gala’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 71-77, 2009.
- BECKER, B. R.; FRICKE, B. A. **Hydrocooling time estimation methods**. International Communications in Heat and Mass Transfer, v. 29, p. 165-174, 2002.
- BLANKENSHIP, S. M; DOLE, J. M. 1-methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p.1-25, 2003.
- BRACKMANN, A. Influência da concentração de oxigênio e etileno sobre a qualidade de maçãs armazenadas em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 12, n.3, p. 235-242, 1991.
- BRACKMANN, A. Produção de etileno, CO₂ e aroma de cultivares de maçã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.14, n.1, p.103-108, 1992.
- BRACKMANN, A.; ANESE, R. O.; GIEHL, R. F. H.; WEBER, A.; EISERMANN, A. C.; SESTARI, I. Pré-resfriamento para conservação pós-colheita de melões Cantaloupe ‘Hy Mark’. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 672-676, 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 maçãs ‘Gala’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 03, p. 379-382, 2005.

- BRACKMANN, A.; GIRARDI, C. L.; BENDER, R. B. *et al.* Armazenamento refrigerado. In. GIRARDI, C. L. **Frutas do Brasil/Maçãs Pós-colheita**. 1ed. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004a.
- BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M; LUNARDI, R. Efeito do atraso no início do armazenamento e do tempo de pré-resfriamento sobre a qualidade da maçã ‘Gala’. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 143-148, 2001a.
- BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; STEFFENS, C. A. Qualidade da maçã ‘Gala’ (*Malus domestica* Borkh.) submetida a diferentes períodos de resfriamento dos frutos e concentração de etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. especial, p. 1-5, 2000.
- BRACKMANN, A., MAZARO, S. M., CECCHINI, R. Efeito do pré-resfriamento e tratamento pós-colheita sobre a qualidade de maçãs, cv. Golden Delicious e Fuji, durante o armazenamento em atmosfera normal e controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 7-14, 1994.
- BRACKMANN, A., MAZARO, S. M., CECCHINI, R. Pré-resfriamento e tratamento químico pós-colheita de maçãs cvs. ‘Golden Delicious’ e ‘Fuji’. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 185-189, 1996.
- BRACKMANN, A.; SAQUET, A. A. Qualidade da maçã ‘Gala’ com rápido resfriamento e instalação da atmosfera controlada e eliminação do etileno da câmara. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 177-181, 1999.
- 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, n. 5, p. 1415-1420, 2004b.
- BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; MELLO, A. M. de. Efeito do pré-resfriamento e temperatura de armazenamento na qualidade de ameixas, cvs. Pluma 7 e Reubennel. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 1, p. 18-21, 2001b.

BRACKMANN, A.; STREIF, J. Ethylene, CO₂ and aroma volatiles production by apple cultivars. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.368, p.51-58, 1994.

BRACKMANN, A.; WEBER, A.; GIEHL, R.F.H.; EISERMANN, A.C. **Pré-resfriamento sobre a qualidade de pêssegos ‘Chiripá’**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.8, p.2354-2360, 2009.

CHITARRA, M.I.F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: BOREN, F.M. (Ed.). **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: Ufla/SBEA, 1998. p. 1-57.

CURRENT, A.R.; GIRARDI, C. L.; PARUSSOLO, A. *et al.* Efeito do 1-metilciclopropeno em maçãs ‘Fuji’ armazenadas em atmosfera refrigerada e atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 1, p. 91-94, 2005.

CURRENT, 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.

FAN, X.; BLANKENSHIP, S. M.; MATTHEIS, J. P. 1-Methylcyclopropene Inhibits Apple Ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 6, n. 124, p. 690-695, 1999.

FERGUSON, I.B., SNELGAR, W., LAY-YEE, M., et al. Heat shock response in apple fruit in the field. **Australian Journal of Plant Physiology**, Coolingwood.v. 25, p. 155-163, 1998.

FICA, J.; SKRZYNSKI, J.; DILLEY, D.R. The effect of delayed cooling and delayed application of CA storage of McIntosh apples under low and high ethylene levels. In: NATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 4., 1985, Raleigh. **Proceedings...** v. 4, p. 82-94.

GUILLERMIN, P.; DUPONT, N.; LE MORVAN, C.; LE QUÉRÉ, J. M.; LANGLAIS, C.; MAUGET, J. C. Rheological and technological properties of two cider apple cultivars. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 9, p. 995-1000, 2006.

HENDGES, M.V.; STEFFENS, C.A.; ANTONIOLLI, L.R.; AMARANTE, C.V.T.; BRACKMANN, A. Qualidade de maçãs 'Royal Gala' submetidas ao dano mecânico por impacto e aplicação de 1-metilciclopropeno em dois sistemas comerciais de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.32-39, 2011.

KLUCH, H.D.W., MELLO, A. M., FREITAS, S., BRACKMANN, A. Efeito do pré-resfriamento e condições de armazenamento sobre a qualidade físico-química e lanosidade de pêssegos cv. Chiripá. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 3, p. 269-272, 2003.

LAU, O. L.; LOONEY, N. E. Improvement of fruit firmness and acidity in controlled-atmosphere-stored 'Golden Delicious' apples by a rapid O₂ reduction procedure. **Journal of American Society Horticultural Science**, Alexandria, n. 107, p. 531-534, 1982.

LITTLE, C. R.; BARRAND, L. **The effect of preharvest, postharvest and storage conditions on some fruits disorders.** In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, Washington, v. 1, p. 185-192, 1989.

LIU, F. W. Effects of delayed cooling and delayed low-ethylene CA storage on the keeping quality of 'McIntosh' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, n. 111, p. 719-723, 1986.

LUNARDI, R.; BRACKMANN, A.; MELLO, A. M.; FREITAS, S. T.; ZANATTA, J. F.; ROMBALDI, C. V. Suculência e solubilização de pectinas de maçãs 'Gala' submetidas a diferentes tempos de resfriamento e aplicação de 1-MCP. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 871-877, 2004.

- MIQUELOTO, A.; AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; SANTOS, A.; MIQUELOTO, T.; SILVEIRA, J. P. G. Atributos fisiológicos, físico-químicos e minerais associados à ocorrência de “bitter pit” em maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 7, p. 689-696, 2011.
- MONTERO, C. R. S.; ANTES, R. B.; SANTOS, R. P.; SANTOS, L. C.; ANDREAZZA, C. S.; BENDER, R. J. Alterações na cutícula de maçãs ‘Fuji’ e ‘Gala’ em função do tratamento térmico e da armazenagem refrigerada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 441-447, 2010.
- PARCHOMCHUK, P., MEHERIUK, M. Orchard cooling with pulsed overtree irrigation to prevent solar injury and improve fruit quality of ‘Jonagold’ apples. **HortScience**, Alexandria, v. 31, n. 5, p. 802-804, 1996.
- PAYASI, A., MISHRA, N. N.; CHAVES, A., L. S.; SINGH, R. Biochemistry of fruit softening: an overview. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, Heidelberg, v. 15, n. 2, p. 103-113, 2009.
- SAQUET, A.A.; STREIF, J. Respiração e produção de etileno de maçãs armazenadas em diversas concentrações de oxigênio. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n.1, p. 71-75, 2002.
- SEIBERT, E.; CASALI, M. E.; LEÃO, M. L. de; PEZZI, E.; BRANDELLI, A.; BENDER, R. J. Efeito do hidrorresfriamento na qualidade de pêssegos Chimarrita e Chiripá. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.2, p.333-338, 2007.
- SCHIRRA, M.; AGABBIO, M.; D’AQUINO, S.; McCOLLUM, T. G. Postharves heat conditioning effects on early ripening ‘Gialla’ cactus pear fruit. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 4, p. 702-704, 1997.
- SESTARI, I.; BRACKMANN, A.; BENEDETTI, M.; NEWALD, D. Pré-resfriamento e imersão pós-colheita de maçãs ‘Gala’ em soluções de cloreto de cálcio e boro. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 14, n. 1, p. 107-118, 2007.

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**, Wageningen, v. 394, p. 337-345, 1995.

STEFFENS, C. A.; BRACKMANN, A.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Taxa Respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 313-321, 2007.

STEFFENS, C. A. ESPÍNDOLA, B. P., AMARANTE, C. V. T., SILVEIRA, J. P. G., CHECHI, R., BRACKMANN, A. Respiração, produção de etileno e qualidade de maçãs “Gala” em função do dano mecânico por impacto e da aplicação de 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 1864-1870, 2008.

TERUEL, B. J. M. Cooling technologies of fruits and vegetables. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 14, n. 2, p. 199-220, 2008.

WATKINS, C. B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, Kidlington, n. 24, p. 389-409, 2006.

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, n. 1, p. 17-32, 2000.

WOOLF, A. B.; FERGUSON, I. B. Postharvest responses to high fruit temperatures in the field. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 21, p. 7-20, 2000.