**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Métodos de conservação de framboesa *in natura*

Jaqueline Visioni Tezotto

**Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia**

**Piracicaba
2012**

Jaqueline Visioni Tezotto
Engenheira agrônoma

Métodos de conservação de framboesa *in natura*
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **RICARDO ALFREDO KLUGE**

Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

Piracicaba
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Tezotto, Jaqueline Visioni

Métodos de conservação de framboesa *in natura* / Jaqueline Visioni Tezotto. - - versão
revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2012.
103 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Armazenagem em atmosfera modificada 2. Conservação de alimento pelo frio
3. Framboesa 4. Reguladores de crescimento vegetal 5. Quitosana I. Título

CDD 634.711
T356m

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

*Aos meus pais Valter e Cleusa Tezotto,
pelo amor e carinho incondicional,
por todo ensinamento, incentivo e compreensão.
Um dia quero ser como vocês!*

*Aos meus irmãos, Thomas e Victória,
por toda ajuda, torcida, amizade e incentivo!
Amo-os eternamente!*

*Ao meu marido, Arnaldo Uliana,
por estar ao meu lado em todos os momentos desta
etapa da minha vida, tornando-a mais fácil e bonita!
Amo você!*

DEDICO E OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar presente em minha vida, sempre me oferecendo coisas boas e possibilitar a conquista de mais essa vitória.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / Universidade de São Paulo, pela qual tenho grande carinho, pela possibilidade de realização de mais esse curso.

Ao PPG em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso de mestrado, em especial à secretária do Programa, Luciane Aparecida Lopes Toledo, pela eficiência, prontidão, bom-humor e toda ajuda.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da bolsa e auxílio financeiro, possibilitando a realização do meu estudo.

Ao Profº. Dr. Ricardo Alfredo Kluge, pela orientação, ensinamento, amizade, dedicação, incentivo e oportunidade de estágio no Programa de Aperfeiçoamento ao Ensino. O tenho como exemplo!

Ao Profº. Angelo Pedro Jacomino, pelos primeiros ensinamentos em pós-colheita de produtos hortícolas, pelo incentivo, amizade e disponibilidade de uso dos equipamentos do seu laboratório.

Ao técnico de laboratório de Pós-Colheita de Produtos Hortícolas, do Depto. de Produção Vegetal, Marcos José Trevisan, pelos ensinamentos, paciência, amizade e prontidão em me ajudar.

Ao Profº. Carlos Tadeu dos Santos Dias, pelos ensinamentos e ajuda com a estatística dos experimentos.

Aos docentes da ESALQ/USP, por compartilharem seus conhecimentos durante o período da minha formação.

Ao produtor Sr. Daniel Rossi, do sítio Kiwi, por permitir a instalação do experimento de campo na sua área de cultivo.

A pesquisadora Tatiana Cantuares, por ter me ajudado na busca de frutos para realização dos experimentos.

Às bibliotecárias da ESALQ, em especial a Eliana, que se dispuseram a corrigir meu trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Biológicas, que de alguma forma colaboraram para realização desse trabalho.

À todos os atuais e ex-alunos da pós-graduação do Grupo Pcolheit (Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita de Produtos Hortícolas): Baguinha, Juan, Ivan, Dilúvio, Luciane, Magda, Cléu, k-jú, Zé, Mari, Gérbera, Mindinha, Malok e Flor. Saibam que primeiro eu passei a entender, depois a admirar e hoje eu adoro vocês!!!! Muito obrigada por todo tipo de ajuda, conselho, apoio, brincadeiras, festas, comilanças, viagens ... foi ótimo ter feito parte do Grupo com vocês!!!!

À todos estagiários (ex e atuais) do Grupo Pcolheit: Super Pop, Minholeta, Félixion, Requebra, Inka, Sukuzinho, Vendada, Pará, Allan, Bem-bolado, Nayara, Marcel, Trank-da e É-d-mais. Vocês foram indispensáveis para realização desse trabalho! Muito obrigada pela ajuda em todos os horários, dias e feriados, pelas risadas, aprendizagens e amizades. Foi ótimo conviver com vocês!!

Às estagiárias Grilera (Gabi) e Pingona. Adorei compartilhar meu trabalho com vocês duas. Muito obrigada pela oportunidade de co-orientá-las!

Às “angeletes”, Camila, Pati, Ana, Vanessa e Pet e ao Thales. Obrigada pelos ensinamentos em quanto foi estagiária, pela amizade, carinho e consideração! Também adoro vocês!!!

Às minhas irmãs de coração Roiau, Citros e Vido-k, pela convivência, aprendizado e todos os bons momentos que dividimos na República Txék.

A todos os meus amigos da ESALQ e de Tietê, em especial a Carol, que sempre me incentivaram e me apoiaram durante esses anos!

À minha família, por tudo que sou, por tudo que consegui, pela força, amizade e amor.

E todos que de alguma forma contribuíram para realização desse trabalho.

Muito obrigada!

EPÍGRAFE

"Ando devagar porque já tive pressa
E levo esse sorriso porque já chorei demais
Hoje me sinto mais forte, mais feliz quem sabe,
Só levo a certeza de muito pouco eu sei
Nada sei".

Almir Sater

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 DESENVOLVIMENTO	19
2.1 Revisão bibliográfica	19
2.1.1 A cultura da framboesa	19
2.1.2 Características do fruto	20
2.1.3 Métodos para manutenção da qualidade pós-colheita	22
2.1.3.1 Armazenamento refrigerado.....	22
2.1.3.2 Atmosfera modificada.....	24
2.1.3.3 Bloqueador do etileno: 1-metilciclopropeno.....	25
2.1.3.4 Quitosana	27
2.2 Material e métodos	28
2.2.1 Local.....	28
2.2.2 Obtenção dos frutos	28
2.2.3 Descrição dos experimentos	29
2.2.4 Determinações	33
2.2.5 Análise dos resultados	35
2.3 Resultados e discussão.....	35
2.3.1 Experimento I – Avaliação da temperatura de armazenamento.....	35
2.3.2 Experimento II – Avaliação de embalagens para o armazenamento refrigerado	44
2.3.3 Experimento III – Avaliação da aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP)	52
2.3.4 Experimento IV – Avaliação da aplicação de quitosana na pós-colheita.....	60
2.3.5 Experimento V – Avaliação da aplicação de quitosana na pré-colheita	70
2.3.6 Experimento VI – Avaliação dos melhores tratamentos	78
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
REFERÊNCIAS	88
ANEXOS	97

RESUMO

Métodos de conservação de framboesa *in natura*

O desenvolvimento de métodos para a conservação pós-colheita de framboesa *in natura* é de grande importância para a expansão da cultura no país, considerando que o principal entrave deste fruto é o curto período de comercialização. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de técnicas pós-colheita na conservação da qualidade de framboesa *in natura*, através do uso do armazenamento refrigerado, atmosfera modificada, aplicação pós-colheita do 1-metilciclopropeno (1-MCP) e aplicação pré e pós-colheita de quitosana. Para isso, foram realizados seis experimentos. No primeiro, avaliou-se a melhor temperatura para a refrigeração dos frutos, sendo estes armazenados a 0, 5, 10 ou 15°C e 90±5% de UR, por 12 dias (a melhor temperatura foi usada nos experimentos seguintes). O segundo experimento constituiu-se da utilização da atmosfera modificada passiva, armazenando os frutos, por 15 dias, em cloreto de polivinila (PVC - 15 µm), polietileno de baixa densidade (PEBD - 10 e 20 µm), polietileno de alta densidade (PEAD), polipropileno (PP - 10 µm), politereftalato de etileno (PET) não perfurados e perfurados (sem modificação de atmosfera). No terceiro experimento, os frutos foram expostos ao 1-MCP a 0, 100, 500, 1000 e 2000 nL L⁻¹, por 12 horas e, então, armazenados por 12 dias. No quarto experimento foi avaliado o comportamento dos frutos em resposta a aplicação pós-colheita de diferentes concentrações de quitosana. Os frutos foram imersos em soluções a 0, 0,5, 1 e 2%, por cinco minutos e, então, armazenados por 15 dias. No quinto experimento estudou-se a aplicação pré-colheita de quitosana, sendo toda a planta aspergida semanalmente, durante três semanas, nas mesmas concentrações do experimento anterior. Depois de colhidos, os frutos foram armazenados por 12 dias. No sexto experimento foi testada a associação das melhores técnicas pós-colheita estudadas nos experimentos anteriores, sendo que a sua ordem de aplicação resultou em diferentes tratamentos. Os frutos foram armazenados por 20 dias. A temperatura de 0°C foi a mais indicada para a conservação e ampliação da vida útil de framboesas. A modificação da atmosfera resultante do uso do PEBD 10 µm trouxe os melhores resultados na pós-colheita desse fruto. A aplicação do 1-MCP aliada à refrigeração não aumentou o período de comercialização da framboesa, mas manteve os frutos tratados com qualidade superior, sendo concentrações entre 1000 a 2000 nL L⁻¹ as mais indicadas. O uso da quitosana aliada à refrigeração foi eficiente na manutenção da qualidade da framboesa, no entanto, apenas a aplicação na pós-colheita ampliou o período de comercialização. As melhores concentrações para a pré e pós-colheita foram 2 e 1%, respectivamente. A aplicação conjunta da refrigeração, filme plástico, 1-MCP e quitosana em pós-colheita amplia a vida útil do fruto, não importando a ordem de aplicação dos tratamentos.

Palavras-chave: *Rubus idaeus* L.; Armazenamento refrigerado; Atmosfera modificada; 1-metilciclopropeno; Quitosana

ABSTRACT

Conservation methods for fresh raspberry fruit

The development of methods for maintaining fresh raspberry quality has great importance for the berry crop growth in Brazil, considering that the main difficulty has been the short shelf-life of this fruit. The aim of this study was to evaluate the effect of postharvest techniques in quality conservation of fresh raspberry, using cold storage, modified atmosphere, 1-methylcyclopropene (1-MCP) application and chitosan application in pre and postharvest. For this purpose six experiments were performed. At first, fruits were stored at 0, 5, 10 or 15°C and 90±5% RH during 12 days, for evaluation of best storage temperature (that was used in all following experiments). The second experiment was the use of modified atmosphere, storing the raspberries for 15 days in polyvinyl chloride (PVC - 15 µm), low density polyethylene (LDPE - 10 and 20 µm), high density polyethylene (HDPE), polypropylene (PP - 10 µm), polyethylene terephthalate (PET) without and with holes (this last one being unmodified atmosphere). For the third experiment, the fruits were exposed to 1-MCP at 0, 100, 500, 1000 and 2000 nL L⁻¹ for 12 hours, and then stored during 12 days. The fourth experiment assessed the fruit behavior in response to postharvest application of different chitosan concentrations. The fruits were immersed in solutions of 0, 0.5, 1 and 2% during five minutes and then stored for 15 days. The pre-harvest chitosan application was studied in the fifth experiment, where whole plants were treated with three weekly spray applications, at the same concentrations of the previous experiment, and then the fruit were stored for 12 days. In the sixth experiment, the association of the best treatments from the previous experiments was evaluated. The application order of the techniques led to different treatments, and fruit were stored for 20 days. The 0°C temperature is the most recommended for the preservation and extension of raspberry shelf-life. The use of LDPE - 10 µm provides the best modified atmosphere treatment for raspberry. The 1-MCP application does not increase the raspberry marketing period, but it keeps the treated fruits with superior quality, and the concentrations ranging from 1000 to 2000 nL L⁻¹ are the most indicated. The chitosan is efficient in maintaining the raspberry quality, however, only the postharvest application extends the shelf-life. The best concentration for pre and postharvest are 2 and 1%, respectively. The combined application of cold storage, plastic film, 1-MCP and postharvest chitosan extends the fruit shelf-life, independent of the order of the treatments.

Keywords: *Rubus ideaus* L.; Cold storage; Modified atmosphere; 1-methylcyclopropene; Chitosan

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o grupo das frutas vermelhas tem despertado a atenção de produtores, pesquisadores e consumidores. O interesse é devido à divulgação de informações sobre as características de produção e as propriedades nutricionais das espécies de framboesa, amora, morango e mirtilo, as chamadas frutas vermelhas.

Dentre esse grupo, a framboesa (*Rubus ideaus* L.) é o fruto que vem recebendo cada vez mais destaque por possuir aparência atraente, sabor e aroma agradáveis, podendo ser consumida fresca ou processada (SOUZA, 2007). Além disso, é um fruto que apresenta ampla quantidade de efeitos biológicos, tais como capacidade antioxidante, antiinflamatória, anticancerígena e cardioprotetora (BOMSER et al., 1996; HEINONEN et al., 1998).

Os maiores produtores mundiais de framboesa são Rússia, Sérvia, Polônia, Estados Unidos e Chile (FAO, 2009). O Brasil ainda não tem destaque mundial como produtor, pois, de acordo com dados estimados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2007), o país cultiva uma área de apenas 40 hectares, com produção anual de 240 toneladas, o que representa 0,05% da mundial.

Um dos principais entraves à produção brasileira está relacionado com as características pós-colheita do fruto. A framboesa apresenta alta taxa metabólica, rápido escurecimento, perda de firmeza e incidência de podridão (HAFFNER et al., 2002; SJULIM; ROBBINS, 1987). Esses fatores fazem com que o fruto conserve a qualidade comercial por um período de apenas 48 horas depois da colheita, o que restringe a comercialização *in natura* aos mercados locais e mantém a existência de demanda maior do que a oferta (RASEIRA et al., 2004).

O armazenamento refrigerado tem sido o método mais eficazmente utilizado para reduzir as perdas pós-colheita. Ele visa minimizar a intensidade do processo vital dos frutos por meio da utilização de condições adequadas que permitam redução no metabolismo normal, sem alterar a fisiologia do fruto. De acordo com Sjulim e Robbins (1987), há possibilidade de ampliação do período de vida útil da framboesa para cinco dias, quando esta é armazenada a temperatura de 0 a 5°C e umidade relativa de 90 a 95%.

Outra alternativa viável e com boa resposta à manutenção da qualidade pós-colheita é o uso de embalagens capazes de promover a modificação da composição

atmosférica. Essas embalagens reduzem as concentrações de O₂ e elevam as de CO₂, resultando no aumento da vida útil do produto.

O uso de reguladores vegetais, como o 1-metilciclopropeno (1-MCP), e de recobrimentos naturais, como a quitosana, também têm sido testados em algumas das frutas vermelhas. Esses produtos visam retardar a senescência por meio da diminuição da biossíntese do etileno e da atividade respiratória e pela manutenção da quantidade de compostos fenólicos.

Em framboesa, essas tecnologias adicionais à refrigeração têm sido pouco estudadas e as respostas ao seu uso podem contribuir para o aumento da conservação pós-colheita desse fruto e, assim, auxiliar na evolução da cultura no país.

Diante desses aspectos, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de técnicas pós-colheita sobre a conservação da qualidade da framboesa *in natura*. Para isso, foi estudado o armazenamento refrigerado, o uso de atmosfera modificada durante o armazenamento, a aplicação pós-colheita do 1-MCP e a aplicação pré e pós-colheita de quitosana.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 A cultura da framboesa

A framboeseira (*Rubus ideaus* L.) é uma planta pertencente à família das Rosaceae, gênero *Rubus*, o qual inclui plantas herbáceas, perenes e bienais (OLIVEIRA et al., 2007). Trata-se de uma espécie que apresenta limitações de cultivo por conta da sensibilidade da planta ao clima, devendo ser cultivada em região de verão relativamente fresco, inverno com temperaturas menores ou iguais a 7,2 °C por 600 horas e com 700 a 900 mm de precipitação anual (RASEIRA et al., 2004). No entanto, é uma espécie rústica, que se adapta bem em solos profundos e úmidos. Apresenta sistema radicular fasciculado, o que constitui a parte perene da planta e emite numerosas hastes, que contêm as gemas reprodutivas e dão origem aos frutos.

A framboeseira apresenta boa capacidade de propagação, reproduzindo-se por estacas retiradas da própria lavoura, nos meses de maio a julho. O plantio das mudas deve ser realizado no início de setembro, com espaçamento de 0,30 m entre plantas e 2,0 a 2,5 m entre linhas. O sistema de condução normalmente utilizado é o de espaldeira simples (DAUBENY, 1996)

Essa cultura é originária do centro-norte da Europa e de parte da Ásia. No Brasil, foi introduzida na região da Alta Mantiqueira, mais especificamente em Campos do Jordão (SP), não sendo precisa a data. Hoje, a produção é realizada principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, com as cultivares Autumn Bliss, Heritage, Scepter e Batum (RASEIRA et al., 2004).

Embora ainda não seja uma fruteira de expressão, a framboesa vem conquistando novos produtores e recebendo cada vez mais destaque no país. Seu cultivo é inserido como alternativa de diversificação, especialmente para pequenas e médias propriedades rurais e agroindustriais, visto que apresenta garantia de alto retorno econômico em curto espaço de tempo. Além disso, é um fruto de alto valor agregado, favorecendo produtos que o contenham em sua composição (PAGOT; HOFFMANN, 2003).

Estima-se que a área plantada no Brasil seja de 40 ha, com produtividade média de 6 t ha⁻¹ (IBGE, 2007). O volume gerado é pequeno quando comparado à produção mundial, no entanto, a produtividade nacional está acima da média dos países de maior produção. Outro fator relevante da produção nacional é a boa qualidade dos frutos, que atingem os padrões necessários para exportação.

Na safra 2009/10, foram exportados 10,9 t de framboesa *in natura* e importadas 19,1 t. Como relação à safra 2008/2009 a importação aumentou 87,8% e a exportação diminuiu 65,2%. Comportamento que se deve ao aumento do consumo e a valorização do preço no mercado interno (INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS - IBRAF, 2010).

2.1.2 Características do fruto

A framboesa é um fruto múltiplo de drupéolas (drupas) estreitamente unidas à volta do receptáculo. Apresenta forma cônica arredondada, sendo cada drupéola, constituída por uma semente dura envolvida por polpa (Dicionário Visual de Plantas, 1993 apud SOUZA, 2007). Possui de 10 a 20 mm de diâmetro, apresenta sabor ligeiramente ácido e aroma peculiar. De acordo com as espécies e as cultivares, a coloração varia do amarelo ao preto, incluindo os tons alaranjados, vermelhos e púrpuros, sendo os tons de vermelho os mais comuns (RASEIRA et al., 2004).

No Brasil, a safra ocorre entre os meses de novembro a março, sendo a coloração e a firmeza, aliada a resistência ao destaque da planta, os principais critérios utilizados para definição do momento da colheita (SJULIN; ROBBINS, 1987).

Quanto à coloração, a maior qualidade é conseguida quando os frutos atingem o estágio rosado (S2) ou vermelho (S3) (Figura 1). Frutos no estágio S2 devem ser escolhidos quando o destino é a exportação ou a comercialização a maiores distâncias e frutos no estágio S3 quando a comercialização for mais rápida. A partir desses estádios, as framboesas vermelhas ganham tons de vermelho escuro e levemente azuladas, deixando de ser atrativas aos consumidores (HAFFNER et al., 2002).

Dada a característica de fruto não-climatérico, é necessário que a framboesa permaneça na planta-mãe até o estágio S2 para que ocorra a manifestação

progressiva das características típicas de sabor, textura, diminuição da acidez e desaparecimento da adstringência (SOUZA, 2007).

Figura 1 - Avaliação da cor e estágio de maturação de framboesas (SOUZA, 2007)

Quanto à firmeza, sabe-se que a rápida redução da sua intensidade é uma das mais importantes mudanças pós-colheita (VICENTE et al., 2005). Ela está diretamente associada à composição e estrutura da parede celular, bem como, com a manutenção de sua integridade. A atividade de enzimas hidrolíticas e a solubilização da pectina são, em grande parte, responsáveis pela perda de firmeza desse fruto (DILEY, 1970).

A pectina é um polissacarídeo estrutural encontrada na parede celular primária das células vegetais e nas camadas intercelulares (lamela média), contribuindo para adesão entre as células, firmeza e resistência mecânica do tecido (MESBAHI et al., 2005). Durante o amadurecimento, a pectina sofre solubilização, despolimerização e desmetoxicação, culminando na diminuição da firmeza dos tecidos (MANRIQUE; LAJOLO, 2002; PAULL et al., 1999; SHIGA et al., 2003).

Após a colheita, a perda de turgescência também contribui para o abrandamento dos tecidos. Na framboesa, a perda de massa fresca é acelerada pelo fato do fruto ser oco e apresentar alto metabolismo. O surgimento de podridões pós-colheita e utilização de cultivares não adequadas também limitam a vida útil desse fruto (SJULIN; ROBBINS, 1987).

Outro aspecto relevante da framboesa está relacionado com seus compostos nutricionais. De acordo com dados da tabela ESHA (2010), o ácido ascórbico representa 0,03% da composição da framboesa, classificando-a como grande fonte de vitamina C, equiparado ao conteúdo vitamínico do caju e da goiaba. Também apresenta quantidades consideráveis de provitamina A (13 UI), vitaminas B6 (13 mg), minerais (210 mg, principalmente de potássio, cálcio, magnésio e ferro) e fibras (4 - 7g 100g⁻¹) (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2006). Além disso, a framboesa pode ser classificada como um fruto de propriedades dietéticas, pois 85,57% do seu peso é água, possuindo apenas 49 kcal 100g⁻¹ (SOUZA, 2007).

Estudos recentemente efetuados nos EUA mostraram que a framboesa é rica em flavonóides, um composto fenólico que apresentam grande ação terapêutica. Ligados a vários açúcares, em complexos chamados glicosídeos, os flavonóides são divididos em subgrupos, entre eles os da antocianina, flavanas, flavanonas, flavonas, flavonóis e isoflavonóides. Inúmeros estudos que investigam esses componentes indicam que eles são capazes de exercer efeitos protetores para o cérebro, retardando o envelhecimento e doenças relacionadas, além de possuírem atividade antioxidante, anticancerígena e antiinflamatória (LIU et al., 2002).

Atribui-se a outros compostos fenólicos, tais como a quercetina e o ácido elágico, propriedades anticancerígenas. Entretanto, a manipulação do metabolismo pós-colheita visando aumentar, ou ao menos manter, a funcionalidade nutricional da framboesa não tem sido explorada e pouco se sabe sobre os efeitos das tecnologias pós-colheita sob a sua manutenção (KALT et al., 1999).

2.1.3 Métodos para manutenção da qualidade pós-colheita

2.1.3.1 Armazenamento refrigerado

O armazenamento refrigerado é o método mais eficazmente utilizado para manutenção da qualidade pós-colheita de frutos. Ele consiste em remover e minimizar a geração de calor (energia) do produto a ser conservado, através da diminuição da intensidade da atividade respiratória, produção de etileno e ação de enzimas degradativas e oxidativas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Dentre os processos metabólicos citados, a atividade respiratória é a principal forma de liberar calor. Na respiração vegetal, os polissacarídeos, principalmente o amido, e os açúcares solúveis são usados como substratos para geração de energia e formação de outros esqueletos de carbono necessários para as reações de manutenção dos frutos após a colheita (KAYS, 1991). Entretanto, em alguns frutos, dentre eles a framboesa, compostos de baixo peso molecular, como os ácidos orgânicos, são os substratos mais utilizados. É sabido que framboesas apresentam elevada porcentagem de acidez (1,7 a 2,3% de ácido cítrico) e que este atributo de qualidade sofre queda ao longo do amadurecimento, devido ao aumento da respiração (ANCOS et al., 1999).

O uso da refrigeração durante o armazenamento de frutos é um método indispensável para manutenção de sua qualidade, entretanto as baixas temperaturas e a redução da atividade respiratória podem levar a uma diminuição no sabor, aroma, textura, cor e demais atributos de qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Por outro lado, se o limite mínimo suportado por cada espécie for respeitado, evita-se o surgimento de injúrias, diminui a atividade respiratória e se reduz a perda desses atributos (FILGUEIRAS et al., 1996).

Outra influência do armazenamento refrigerado está relacionada à estabilidade dos compostos fenólicos e antioxidantes (PILJAC-ZEGARAC; SAMEC, 2010). O período e a temperatura de armazenamento, bem como seus efeitos no fruto variam de espécie para espécie (CHITARRA; CHITARRA, 2005) sendo, esse feito, pouco conhecidos em framboesas.

Em amora-preta, a refrigeração à temperatura de 5°C manteve a qualidade do fruto por sete dias (PERKINS-VEAZIE et al., 1997). Reduzindo a temperatura para 2°C, esse período se estendeu para nove dias, enquanto que no armazenamento a 0°C a conservação da qualidade cai para apenas três dias (ANTUNES et al., 2003; HARDENBURG et al., 1986). Nesses trabalhos também foi observado que com o aumento do período de armazenamento, houve perdas significativas de massa fresca, aumento do pH e redução da acidez titulável.

Para framboesas, o armazenamento a 0°C estendeu a vida útil para sete dias, mantendo a qualidade relativamente constante até o fim do período (PERKINS-VEAZIE; NONNECKE, 1992).

2.1.3.2 Atmosfera modificada

A atmosfera modificada é utilizada com o objetivo de manter os atributos de qualidade, minimizar a perda de água, suprimir o desenvolvimento de patógenos e aumentar o período de conservação dos frutos mantidos sob refrigeração (CHITARRA; CHITARRA, 1990). Esse método consiste em reduzir a concentração de oxigênio (O_2) disponível ao produto e aumentar a de gás carbônico (CO_2), o que diminui a atividade respiratória e o ritmo de senescência (KADER, 1986).

Para a obtenção de atmosfera modificada pode-se recorrer a diversos métodos, tais como manter o produto em embalagens e/ou filmes plásticos e utilizar ceras ou similares (GORRIS; PEPPELENBOS, 1992; KADER, 1986; KLUGE et al., 1998; TAVARES et al., 1991). Todos esses métodos consistem na modificação da concentração de O_2 e CO_2 .

Quando se utiliza embalagem plástica, as concentrações de O_2 e CO_2 no interior da embalagem dependem da permeabilidade do material utilizado aos gases, do consumo de O_2 e da liberação de CO_2 por parte do fruto embalado. A embalagem plástica adequada é aquela que propicia concentração de O_2 suficientemente baixa para retardar a respiração, porém mais alta que a concentração crítica que inicia a respiração anaeróbica. Quanto ao CO_2 , uma boa embalagem deve permitir o seu acúmulo, mas até níveis que não provoquem desordens fisiológicas e deteriorações bioquímicas no produto embalado (GORRIS; PEPPELENBOS, 1992). Alta concentração de CO_2 também altera o processo respiratório, pois inibe enzimas atuantes no ciclo de Krebs, como a succinato desidrogenase, piruvato desidrogenase e fosfofrutoquinase (WILEY, 1994).

A manutenção de alta umidade relativa ao redor do fruto é outra característica desejável na utilização de embalagens plásticas, pois nessa situação o déficit de pressão de vapor é menor, o que diminui a transpiração e, conseqüentemente, a perda de água por parte do fruto (GEESON, 1989; GORRIS; PEPPELENBOS, 1992). Por outro lado, o excesso de umidade relativa pode gerar condições para a proliferação de fungos de armazenamento.

A embalagem plástica de uso generalizado na pós-colheita é o politereftalato de etileno (PET) e os filmes plásticos são cloreto de polivinila (PVC), polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de alta densidade (PEAD) e polipropileno (PP). Cada um deles apresenta diferentes graus de permeabilidade ao vapor d'água, O₂, CO₂ e etileno.

De acordo com pesquisas realizadas por Cia et al. (2007), a utilização de embalagem de polietileno de baixa densidade, aliada ao uso de refrigeração, reduziu significativamente a perda de massa de amoras-pretas. Perkins-Veazie e Collins (2002) verificaram redução da incidência de podridões em amoras-pretas após sete dias de armazenamento a 2°C, sob atmosfera controlada (15 kPa CO₂/10 kPa O₂), não havendo efeitos adversos sobre o sabor e odor dos frutos.

Agar et al. (1996) observaram redução no conteúdo de ácido ascórbico e dehidroascórbico quando morango, amora e groselha foram expostos a altas concentrações de CO₂. Em framboesas, a redução foi praticamente nula. Esses autores também observaram que, se a concentração de O₂ for reduzida, quase não se observa mudança nos conteúdos dos ácidos.

2.1.3.3 Bloqueador do etileno: 1-metilciclopropeno

Outro método para manutenção da qualidade pós-colheita dos frutos é o controle da produção e ação de etileno. Este é um hormônio que atua na regulação de diversos aspectos fisiológicos do crescimento, desenvolvimento, maturação e senescência de plantas e, contraditoriamente a toda a complexidade em que está envolvido, é o mais simples dos compostos orgânicos naturalmente produzidos pelos vegetais (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Nos frutos, sua síntese pode ser induzida por fatores internos e externos e, geralmente, sua taxa de produção aumenta com a maturação, presença de injúrias mecânicas, incidência de doenças, aumento da temperatura e de estresse hídrico (KADER, 1986). Por ser gasoso, o etileno facilmente se difunde dos espaços intercelulares para o exterior dos tecidos, agindo em todo o fruto (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Uma das formas mais eficientes encontradas, até o momento, para controlar a ação do etileno é o uso do 1-metilciclopropeno (1-MCP), um composto capaz de retardar o início do amadurecimento dos frutos climatéricos e reduzir alguns dos

sintomas associados à senescência dos frutos não-climatéricos (FINGER; VIEIRA, 2002).

O 1-MCP é um ciclopropeno, atóxico, capaz de bloquear a ligação do etileno ao seu receptor e, portanto, inibir o desencadeamento das reações associadas à sua ação (VILAS BOAS, 2002). A ligação do 1-MCP ao receptor de etileno tem uma meia vida de difusão entre 7 a 12 dias, enquanto a do hormônio é de 2 a 10 minutos, sugerindo que a ligação do 1-MCP ao receptor é praticamente irreversível (PEREIRA; BELTRAN, 2002). Além disso, a afinidade desse produto pelo receptor é aproximadamente 10 vezes maior que o etileno, o que lhe permite ser ativo em baixas concentrações (SENHOR et al., 2009).

O 1-MCP pode ser aplicado imediatamente após a colheita, durante o armazenamento e transporte ou nos centros de distribuição. No entanto, para se obter a máxima eficiência, o tratamento deve ser feito o mais próximo possível da colheita e, preferencialmente, em temperatura ambiente. Nessas condições, a penetração do produto nos tecidos do fruto é relativamente rápida, variando de 4 a 12 horas (PEREIRA; BELTRAN, 2002).

Os efeitos benéficos do 1-MCP em frutos incluem a redução da atividade respiratória e produção de etileno, manutenção da firmeza e da coloração da casca e aumento da vida útil (BLANKENSHIP; DOLE, 2003).

Mesmo em frutos não-climatéricos, estudos têm demonstrado eficiência na conservação pós-colheita quando se faz uso desse regulador vegetal. Em trabalho realizado por Martins et al. (2009), o 1-MCP influenciou os principais atributos de qualidade de abacaxi, mantendo a firmeza e o teor de sólidos solúveis e diminuindo a perda de massa, acidez titulável e o escurecimento da polpa.

Mirtilos tratados com 300 e 600 nL L⁻¹ de 1-MCP mostraram redução da perda de massa e da queda do teor de sólidos solúveis durante o armazenamento (CHIABRANDO; GIACALONE, 2011). Os autores também observaram que a capacidade antioxidante e o teor de antocianina não foram afetados pelo produto.

Em morango, o uso do 1-MCP ampliou o período de vida útil, mantendo a firmeza e coloração, diminuindo a perda de compostos fenólicos e a produção de etileno (JIANG et al., 2001; KU et al., 1999; TIAN et al., 2000).

2.1.3.4 Quitosana

Diversos recobrimentos comestíveis têm se mostrado eficientes na preservação de alimentos perecíveis, pois retardam a desidratação, suprimem a atividade respiratória, mantêm a textura, ajudam a preservar os compostos voláteis responsáveis pelo aroma e reduzem o crescimento microbiano (DEBEAUFORT et al., 1998). Dentre os recobrimentos mais estudados recentemente, destaca-se a quitosana (EL GHOUTH et al., 1991). Esta é um biopolímero do tipo polissacarídeo, que possui estrutura molecular quimicamente similar à fibra de celulose, diferenciando-se somente nos grupos funcionais. Em quanto na quitosana os grupos dispostos na estrutura geral são os amino (NH_2), na celulose, encontram-se as hidroxilas (OH) (GOOSEN, 1996).

A quitosana é obtida a partir do processo de desacetilação alcalina da quitina, que é outro polissacarídeo encontrado abundantemente na natureza, considerando que constitui o exoesqueleto de insetos e crustáceos e está presente na estrutura de fungos e leveduras (MATHUR; NARANG, 1990).

A qualidade e facilidade de solubilização da quitosana se devem à distribuição dos grupos acetil ao longo da cadeia principal, ao peso molecular do produto originado e, principalmente, do grau de desacetilação (KUBOTA; EGUCHI, 1997). Na maioria dos laboratórios, a quitosana é obtida quando a extensão da reação de desacetilação atinge cerca de 60% (MATHUR; NARANG, 1990). Nesse caso, a solubilidade é normalmente conseguida com ácido acético em 1% ou 0,1M (RINAUDO, 2006).

Algumas das principais áreas de aplicação da quitosana são: agricultura, tratamento de água, indústria alimentícia, de cosméticos, biofarmacêutica e biomédica (RINAUDO; DOMARD, 1989). Essa diversidade de uso se deve à sua caracterização como produto atóxico, biodegradável, biocompatível, produzido a partir de fontes naturais e renováveis, com uso aprovado pela 'United States Food and Drug Administration' (USFDA) (ROBERTS, 1992; GOOSEN, 1996, HAN et al., 2004).

Na agricultura, a quitosana pode ser aplicada em pré ou pós-colheita, apresentando diversos efeitos na manutenção da qualidade dos produtos depois de colhidos, como os acima citados (BAUTISTA-BAÑOS et al., 2006). Esses benefícios

são conseguidos devido à criação de uma atmosfera modificada ao redor dos alimentos, controlando suas trocas gasosas (TASDELEN; BAYINDIRLI, 1998).

Outros efeitos observados com a aplicação da quitosana como recobrimento tem sido o atraso do amadurecimento e do escurecimento enzimático de alguns frutos (JIANG et al., 2001; PEN; JIANG, 2003).

Em morango, o tratamento pré-colheita com quitosana, além de controlar *Botrytis cinerea* em pós-colheita, mantém a firmeza de polpa e a acidez titulável dos frutos (REDDY et al., 2000). Mazzaro et al. (2008) mostraram que a aplicação pré-colheita de quitosana no morango, além de manter a firmeza e a acidez, aumentou os teores de polifenóis totais e diminuiu a produção de etileno, a perda de massa fresca e o teor de açúcares redutores.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Local

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita, do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo – ESALQ/USP, em Piracicaba, SP.

2.2.2 Obtenção dos frutos

Framboesas ‘Autumn Bliss’ foram colhidas na região produtora de Ibiúna, SP (23° 39’ 21” S – 47° 13’ 22” O). Nesse local, o clima é classificado como subtropical Cfb (sempre úmido, verão temperado), o que aliado à técnica de poda, permite que a safra do fruto ocorra entre os meses de novembro a março.

A colheita ocorreu quando os frutos apresentaram-se com a coloração rosada (estádio S2). Os frutos foram colhidos no início da manhã e colocados diretamente na embalagem de comercialização, visando, assim, o mínimo manuseio possível. Para tanto, a colheita foi seletiva quanto à uniformidade de cor, tamanho, formato, ausência de danos mecânicos e patógenos visíveis.

Imediatamente após a colheita, os frutos foram levados à casa de embalagem para checagem do peso das embalagens. Estas foram colocadas em caixa de papelão e em seguida acondicionadas em caixas de poliestireno expandido com

placas de gelo e transportadas até o laboratório, onde a quantidade de frutos necessária a receber cada tratamento foi separada aleatoriamente.

Os tratamentos foram aplicados e os frutos armazenados em câmara fria. Para realização das análises, os frutos foram retirados da refrigeração e deixados à temperatura ambiente ($25\pm 1^{\circ}\text{C}$ e 65% UR) por 24 horas, visando à comercialização simulada.

A embalagem utilizada nos experimentos foi à mesma da utilizada comercialmente: politereftalato de etileno (PET) fechada e perfurada de aproximadamente 120 g de fruto. Havia um papel filtro no fundo, visando à absorção do suco extravasado ou da água da transpiração. Nos seis experimentos montados, foram avaliadas quatro repetições de cada tratamento, sendo cada repetição formada por uma embalagem de comercialização.

2.2.3 Descrição dos experimentos

Os experimentos foram divididos e executados de maneira sequencial, conforme descrito a seguir:

2.2.3.1 Experimento I – Avaliação da temperatura de armazenamento

O objetivo deste experimento foi determinar a temperatura ideal de armazenamento refrigerado para a manutenção da qualidade de framboesas *in natura*. As temperaturas avaliadas foram 0, 5, 10 e $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa (UR) foi $90\pm 5\%$ em todas as temperaturas.

As análises físicas, químicas, físico-químicas e bioquímicas foram realizadas no dia na instalação do experimento (dia 0), visando à caracterização do lote e, posteriormente, a cada dois dias, por 12 dias. As análises de perda de massa, atividade respiratória e produção de etileno foram realizadas diariamente, logo após a retirada da refrigeração. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, sendo esquema fatorial 4x7 (temperaturas de armazenamento x dias de análise) para as análises realizadas a cada dois dias e fatorial 4x12 (temperaturas x dias de análise) para as realizadas diariamente.

Os frutos utilizados nas análises de perda de massa, incidência de podridão, atividade respiratória e produção de etileno foram os mesmos do início ao fim do experimento.

2.2.3.2 Experimento II – Avaliação de atmosfera modificada no armazenamento refrigerado

O objetivo desse experimento foi determinar o efeito da atmosfera modificada passiva sobre a qualidade de framboesas *in natura* armazenadas sob refrigeração.

Os tratamentos consistiram em acondicionar as embalagens PET em diferentes tipos de filmes: cloreto de polivinila - PVC (15 μm de espessura), polietileno de baixa densidade - PEBD (10 e 20 μm de espessura), polietileno de alta densidade - PEAD e polipropileno - PP (10 μm de espessura). Também foram avaliadas embalagens PET não perfuradas e contendo quatro perfurações de aproximadamente 8 mm, sendo estas utilizadas como tratamento controle, totalizando sete tratamentos. Os frutos foram armazenados em câmara fria na temperatura e umidade relativa estabelecida no experimento I.

As análises físico-químicas e bioquímicas foram realizadas no dia da instalação do experimento, visando à caracterização do lote e, posteriormente, a cada três dias, por 15 dias. Foi realizado o monitoramento da composição gasosa do interior das embalagens, diariamente até o terceiro dia de armazenamento e, após, a cada três dias.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo em esquema fatorial 7x6 (tipos de embalagem x dias de análise) para as análises realizadas a cada três dias e 7x8 (tipos de embalagem x dias de análise) para composição gasosa.

2.2.3.3 Experimento III – Avaliação da aplicação pós-colheita de 1-metilciclopropeno

O objetivo desse experimento foi avaliar o comportamento de framboesas em resposta à aplicação de diferentes concentrações de 1-MCP. A aplicação do regulador vegetal consistiu no acondicionamento dos frutos em câmaras herméticas, com capacidade para 186 L, onde os mesmos permaneceram expostos ao produto durante 12 horas em temperatura ambiente ($25\pm 1^\circ\text{C}$ e 80-85% UR). As seguintes concentrações foram testadas: 0 (controle), 100, 500, 1000 e 2000 nL L⁻¹.

Para produzir a concentração desejada de 1-MCP no interior das câmaras herméticas, as quantidades pré-determinadas de Smartfresh® (AgroFresh Inc.) foram colocadas em frasco com tampa, sendo que 0,16g do produto representam 100 nL L⁻¹ de 1-MCP. Adicionou-se 5 mL de água deionizada, com posterior agitação

do frasco para completa dissociação do produto. Esse frasco foi aberto no interior da câmara, a qual foi fechada imediatamente para evitar a perda do gás.

As análises foram realizadas a cada três dias, por 12 dias. Neste experimento foram avaliadas a atividade respiratória e produção de etileno no dia da instalação do experimento, imediatamente após a retirada dos frutos das câmaras herméticas e, posteriormente, a cada dois dias. Os frutos foram armazenados em câmara fria nas mesmas condições do experimento anterior.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x5 (concentrações de 1-MCP x 5 dias de análise) para análises realizadas a cada três dias e fatorial 5x6 (concentrações x dias de análise) para respiração e produção de etileno.

2.2.3.4 Experimento IV – Avaliação da aplicação pós-colheita de quitosana

O objetivo desse experimento foi avaliar o comportamento de framboesas em resposta à aplicação pós-colheita de diferentes concentrações de quitosana. O produto usado é da marca 'Opção Fenix' e foi adquirida em farmácia de manipulação. Foi utilizado ácido acético a 5% para dissolução do recobrimento e água destilada para diluição. O volume total de solução foi de 10 L.

As concentrações testadas foram 0,5, 1 e 2%, sendo água destilada utilizada como tratamento controle. A aplicação foi via imersão, por 5 minutos. A secagem ocorreu de forma natural, à temperatura ambiente sobre papéis absorventes. Depois de secos, esses foram recolocados nas embalagens PET e armazenados em câmara fria nas mesmas condições do experimento anterior.

As análises foram realizadas de forma semelhante ao experimento anterior, durante 15 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo esquema fatorial 4x6 (concentrações de quitosana x dias de análise) para as análises realizadas a cada três dias e fatorial 4x7 (concentrações de quitosana x dias de análise) para atividade respiratória e produção de etileno.

2.2.3.5 Experimento V – Avaliação da aplicação pré-colheita de quitosana

O objetivo foi avaliar o comportamento pós-colheita de framboesa *in natura* em resposta a aplicações pré-colheita de diferentes concentrações de quitosana.

Nesse experimento o tratamento dos frutos ocorreu em campo, sendo realizada uma pulverização semanal, durante três semanas. Esse período compreende o fim

do desenvolvimento e início do amadurecimento da framboesa. Após a chegada dos frutos ao laboratório, estes foram imediatamente refrigerados.

As concentrações de quitosana testadas e a forma de preparo das soluções foram os mesmos do experimento anterior. No entanto, para cada tratamento foram utilizados 20 L de solução, os quais foram aplicados em toda a planta, num total de 50 plantas cada concentração. O tratamento controle consistiu na aspersão de água destilada da mesma forma e volume que os demais tratamentos. A aplicação dos tratamentos foi realizada com auxílio de um pulverizador costal.

Por ser um produto natural e atóxico, a quitosana não tem período de carência. Assim, a colheita pôde ser realizada no dia seguinte a última aplicação. A frequência de todas as análises e o delineamento experimental foram os mesmos do experimento IV.

2.2.3.6 Experimento VI – Avaliação dos melhores tratamentos

O último experimento teve como objetivo verificar o comportamento da framboesa *in natura* em resposta à combinação dos melhores tratamentos dos experimentos anteriores. Dessa forma, utilizou-se a melhor temperatura de armazenamento, a melhor embalagem, a melhor concentração de 1-MCP e a melhor concentração de quitosana. O recobrimento foi aplicado somente na pós-colheita, pois esta foi a forma que prolongou a vida útil da framboesa por maior período.

A sequência de aplicação dos produtos resultou em dois tratamentos. No primeiro aplicou-se primeiro o 1-MCP e depois a quitosana, no segundo, foi aplicada a quitosana antes do 1-MCP. Em ambos seguiu-se utilizando o filme plástico e a temperatura de armazenamento determinados anteriormente. Foram realizados esses dois tratamentos, pois se acreditava que a ordem de aplicação do 1-MCP pudesse influenciar na absorção da quitosana. Também houve um tratamento controle, em que nenhum dos produtos foi aplicado. As framboesas foram apenas armazenadas na câmara fria, na embalagem PET.

A preparação e a forma de aplicação da quitosana e do 1-MCP foram idênticas a dos experimentos anteriores. As análises foram realizadas da mesma forma do experimento II, no entanto, o intervalo entre elas foi de quatro dias, por 20 dias, resultando no delineamento experimental em fatorial de 3 x 6 (tratamentos x dias de análise).

2.2.4 Determinações

As seguintes variáveis foram analisadas:

a) Incidência de podridão: foi realizada por análise visual e expressa em percentual de frutos podres. Para isso, foram considerados frutos podres aqueles que apresentavam sintomas típicos (micélio aparente) de ataque de patógenos. Os frutos eram descartados toda vez que 50% dos frutos da embalagem apresentavam podridão;

b) Atividade respiratória e produção de etileno: utilizou-se de 6 a 8 frutos por frascos herméticos com capacidade de 80 mL, previamente expostos às condições de temperatura e umidade do experimento. Os frascos foram fechados periodicamente e ao final de 30 minutos eram coletadas amostras de 0,5 mL de gás do interior dos mesmos, através de um septo de silicone presente na tampa de cada frasco, com auxílio de uma seringa com capacidade de 1 mL. Essas amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás marca Thermo Electron Corporation, modelo Trace GC Ultra, equipado com dois detectores de ionização de chama (FID) regulados para 250°C, dois injetores regulados para 100°C, duas colunas Porapack N (coluna CO₂ – 4 m; coluna C₂H₄ – 1,8 m) reguladas para 100°C e um metanador regulado para 350°C. A atividade respiratória e a produção de etileno foram calculadas com base nos resultados obtidos das determinações cromatográficas, massa dos frutos contida no interior do frasco, volume do frasco e tempo que os frascos permaneceram fechados (30 minutos). Os resultados referentes à atividade respiratória foram expressos em mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e a produção de etileno em µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹;

c) Determinação da composição gasosa no interior da embalagem: para o monitoramento da composição gasosa (teor de O₂ e CO₂) fixou-se um septo de silicone em cada embalagem, através do qual foram coletadas amostras de gás do interior das mesmas. Foi utilizado um analisador de gases marca Illinois instruments, modelo 6600 Headspace Oxygen/Carbon dioxide analyzer. Os resultados foram expressos em %O₂ e %CO₂;

d) Perda de massa fresca: foi determinada pela diferença, em %, entre a massa inicial da repetição e a massa verificada após tratamentos e armazenamento, a cada dia de análise;

e) Firmeza: foi determinada pela técnica de aplanção, de acordo com Calbo e Nery (1995). O resultado foi expresso em Newton (N);

f) Teor de pectina total e solúvel e solubilização de pectinas: os conteúdos de pectina total e solúvel foram extraídos segundo a técnica descrita por McCready e McComb (1952), sendo a determinação realizada colorimetricamente segundo metodologia descrita por Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa. Houve necessidade de algumas adaptações na extração, conforme a seguir:

f.1) Extração de pectina total: 2 g de framboesa congelada foram trituradas, homogeneizadas com 25 mL de etanol 95% e deixadas em repouso durante 30 minutos a 5°C. Após esse período a amostra foi filtrada em papel filtro descartando-se o filtrado e lavando o resíduo com 10 mL de etanol 75%, duas vezes. O resíduo lavado foi transferido para erlenmeyer de 50 mL, onde se adicionou 50 mL de solução Versene (EDTA tetrassódio 0,5%) e ajustou pH para 11,5 com NaOH 1N. A amostra ficou novamente em repouso por 30 minutos a 5 °C, sendo em seguida ajustado o pH para 5, com ácido acético glacial (P.A.). Então, foi adicionado 100 mg de pectinase e a solução ficou em agitação por 1 hora. Após esse período a amostra foi filtrada novamente, sendo o filtrado (extrato) transferido para um balão de 100 mL e o volume completado com solução Versene. Essa solução foi utilizada para quantificação.

f.2) Extração de pectina solúvel: 2 g de framboesa congelada foram trituradas, homogeneizadas com 20 mL de etanol 95% e deixadas sob agitação por 1 hora. Após esse período, a amostra foi filtrada em papel filtro, sendo descartado o filtrado. O resíduo foi lavado com 20 mL de etanol 75% por duas vezes e, então, transferido para erlenmeyer de 50 mL e acrescentado 20 mL de água destilada. A amostra foi para agitação por mais 1 hora. Após esse período, a amostra foi filtrada, transferida para um balão de 100 mL e o volume foi completado, utilizando água destilada. Essa solução foi utilizada para quantificação.

f.3) Solubilização de pectinas: a porcentagem de solubilização de pectinas foi obtida através da seguinte equação:

$$\% \text{ solubilização} = (\text{teor de pectina solúvel} / \text{teor de pectina total}) * 100;$$

g) Acidez titulável (AT): 10 g da amostra triturada foram colocadas em 90 mL de água destilada. Foi efetuada titulação potenciométrica com NaOH 1N até pH 8,10. Os resultados que foram expressos em % de ácido cítrico;

h) Teor de ácido ascórbico (AA): foi determinado por titulometria, de acordo com metodologia descrita por Carvalho et al. (1990), em que 10 g da polpa foram

diluídas em 50 mL de ácido oxálico 1%. A titulação foi feita com solução de 2,6-diclorofenol-indofenol (DCFI). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa;

i) Teor de sólidos solúveis (SS): após trituração de cada amostra em centrífuga doméstica, gotas do suco foram colocadas em refratômetro digital marca Atago, modelo Palete 101, com duas leituras por repetição e correção para 20°C. Os resultados foram expressos em °Brix;

j) Coloração da casca: foi avaliada pelo índice de coloração (IC), com a utilização do colorímetro Minolta, modelo CR-400, utilizando-se 10 frutos por repetição. O índice foi determinado pela fórmula: $IC = 100xa/(Lxb)$, sendo a e b, os valores de croma a^* e b^* e L, luminosidade. O índice de cor variou entre 37 e 77, sendo que quanto maior, mais intenso o tom de vermelho do fruto.

k) Antocianina e quercetina: foram determinadas de acordo com metodologia descrita por Lees e Francis (1972), onde 10 g de polpa foram homogeneizadas em 10 mL de solução com etanol e HCl. Após 12 horas a 4 °C, utilizou 2 mL como alíquota. As leituras da absorbância foram realizadas em espectrofotômetro e os resultados expressos em mg de antocianina por 100 g de polpa e mg de quercetina por 100 g de polpa.

2.2.5 Análise dos resultados

Os resultados experimentais obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) pelo software estatístico SAS versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA).

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Experimento I – Avaliação da temperatura de armazenamento

Frutos armazenados a 0, 5, 10 e 15°C puderam ser analisados até o décimo primeiro, décimo, quinto e segundo dia após a colheita, respectivamente, sendo o tratamento descartado devido ao aparecimento de podridões (Tabela 1).

Tabela 1 - Incidência de podridão (%) de framboesa 'Autumn Bliss' armazenadas por 12 dias, em diferentes temperaturas e 90±5% de UR.

Temperatura (°C)	Dias após a colheita							Média*
	0	2	4	6	8	10	12	
0	0	0	14	19	20	23	48	17,71 a
5	0	0	28	30	36	46	-	23,33 b
10	0	25	35	50	-	-	-	27,50 c
15	0	48	-	-	-	-	-	24,00 b

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

A atividade respiratória das framboesas caiu de 47,8 para valores médios de 22 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ após 24 horas de exposição à refrigeração, independente da temperatura utilizada (Figura 2a). No entanto, os frutos submetidos à temperatura de 15°C apresentaram aumento da atividade respiratória já no segundo dia após a colheita, enquanto que os frutos submetidos a 10°C mostraram comportamento semelhante no quinto dia e os armazenados a 5 e 0°C, apenas a partir do sexto. Esses incrementos respiratórios podem ser devido às podridões ocorridas, considerando que a incidência de patógenos, geralmente, eleva a respiração.

A queda de mais de 50% da atividade respiratória nas primeiras 24 horas de refrigeração pode ser devido à alta taxa metabólica que as framboesas apresentam logo após a colheita (RASEIRA et al., 2004). Também pode ser, em parte, devido ao fato de que a respiração é um conjunto de reações enzimáticas sensíveis à variação térmica (TAIZ; ZEIGER, 2009), sendo que, possivelmente, a refrigeração reduziu a ação das enzimas do processo respiratório e, conseqüentemente, a respiração dos frutos.

As temperaturas de 0, 5 e 10°C reduziram significativamente a biossíntese de etileno dos frutos no primeiro dia do armazenamento refrigerado (Figura 2b). No entanto, retomaram a produção, sendo que quanto maior a temperatura avaliada, mais rápido e maior foi o aumento.

Os frutos armazenados a 15°C apresentaram aumento na biossíntese de etileno já no primeiro dia após a colheita. Possivelmente, esse foi um dos motivos que levou os frutos desse tratamento à rápida senescência, considerando que no segundo dia atingiram 15 µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹, que é um valor elevado para frutos não-climatéricos, como a framboesa.

Figura 2 - Atividade respiratória (a), produção de etileno (b) e perda de massa fresca (c) de framboesas 'Autumn Bliss' armazenadas por 12 dias em diferentes temperaturas e 90±5% de UR. Barras verticais representam o erro padrão ($n=5$)

Houve aumento de perda de massa fresca dos frutos em todas as temperaturas avaliadas, sendo maior, em intensidade, nas temperaturas mais elevadas (Figura 2c). Na temperatura de 15°C, a perda de massa chegou a valores

superiores a 6% no segundo dia após a colheita, enquanto que na temperatura de 10°C a perda passou de 4% somente no quinto dia. Nas temperaturas mais baixas, as perdas também foram crescentes, alcançando 8% no décimo primeiro dia em frutos armazenados a 5°C e 6,5% no décimo segundo dia para frutos armazenados a 0°C. Comportamento semelhante foi observado por Antunes et al. (2003) em amoras armazenadas em diferentes temperaturas.

A rápida desidratação dos frutos expostos à temperaturas mais amenas, como 10 e 15°C, logo nos primeiros dias após a colheita, pode ser explicada pelo déficit da pressão de vapor, pois ao se elevar a temperatura, aumenta-se a pressão de vapor e, conseqüentemente, a transpiração.

Houve queda acentuada da firmeza dos frutos até o quarto dia após a colheita, independente da temperatura testada (Figura 3a). Essa queda, de mais de 30%, está relacionada, possivelmente, com o aumento da atividade das enzimas que degradam a parede celular, entre elas a pectinametilesterase (PME) e poligacturonase (PG). Antunes et al. (2006) estudaram o comportamento das principais enzimas pectinolíticas em amoras e observaram que, independente da cultivar e da temperatura de armazenamento, ocorreu aumento da atividade da PME e conseqüente diminuição da firmeza dos frutos em função do aumento do período de conservação.

Do quarto ao décimo dia após a colheita, frutos armazenados a 0 e 5°C mantiveram a firmeza com valores ao redor de 0,64 e 0,60 N, respectivamente. A manutenção da firmeza está diretamente associada à diminuição da atividade de enzimas pectinolíticas depois de um período de refrigeração e com a queda da solubilização de pectinas, sendo que esses processos diminuem proporcionalmente com a queda da temperatura de exposição dos frutos (DILEY, 1970).

Figura 3 - Firmeza (a), pectina solúvel (b) e solubilização de pectina (c) de framboesas 'Autumn Bliss' armazenadas por 12 dias em diferentes temperaturas e 90±5% de UR. Barras verticais representam o erro padrão (n=4)

Ocorreu aumento do teor de pectina solúvel e da solubilização da pectina dos frutos ao longo do armazenamento (Figuras 3b e 3c). Observou-se que o teor de solubilização da pectina aumentou em frutos das quatro temperaturas testadas e

que a partir do segundo dia após a colheita, frutos armazenados a 0°C diferiram dos demais, apresentando os menores valores.

Uma possível causa da menor solubilização das pectinas dos frutos exposto a 0 °C pode estar relacionada com a manutenção do pH em valores próximo a 3,0 por maior período (Figura 4b). Willatsa et al. (2006) observaram que a manutenção de pH no intervalo de 2,2 a 3,0 reduz a solvatação da pectina, aumentando a interação entre suas moléculas e diminuindo, assim, a sua solubilização.

Resultados semelhantes ao desse trabalho foram encontrados por Majumber e Mazumdar (2002), em fisális (*Physalis* sp), e Antunes et al. (2006), em amora-preta, ao avaliarem o teor de pectina total, solúvel e a sua solubilização nos frutos armazenados em diferentes temperaturas.

Observou-se que frutos armazenados a 0°C mantiveram a mesma porcentagem de AT do dia da colheita até o segundo dia de armazenamento, enquanto que frutos expostos a 5, 10 e 15°C apresentaram queda significativa (Figura 4a). Após esse período, os frutos expostos a menor temperatura apresentaram queda gradual da AT, mantendo-se mais ácidos que os dos demais tratamentos.

A queda da AT está relacionada com a atividade respiratória dos frutos, pois de acordo com estudos realizados por Souza (2007), em framboesas, os ácidos orgânicos são utilizados como substratos respiratórios, pois esses frutos apresentam pequeno conteúdo de açúcares na sua composição. Desse modo, quanto maior a temperatura de armazenamento, maior foi a atividade respiratória e menor a AT dos frutos. Resultados semelhantes foram encontrados por Ancos et al. (1999).

Frutos armazenados a 0°C permaneceram com valores de pH próximos a 3,0 do dia da colheita até o décimo de armazenamento, enquanto que frutos armazenados nas demais temperaturas atingiram pH 3,05 no segundo dia após a colheita (Figura 4b).

A manutenção do baixo pH dos frutos exposto a 0°C está relacionada com a manutenção de maiores porcentagens de acidez desses frutos. Amoras armazenadas a 2°C também não apresentaram variação de pH com o armazenamento, sendo esse comportamento justificado pela capacidade tampão do suco em manter o pH (ANTUNES et al., 2003).

Figura 4 - Acidez titulável (a), pH (b), ácido ascórbico (c) e sólidos solúveis (d) de framboesas 'Autumn Bliss' armazenadas por 12 dias em diferentes temperaturas e 90±5% de UR. Barras verticais representam o erro padrão ($n=4$)

O conteúdo de AA caiu significativamente no segundo dia de armazenamento, sendo que frutos armazenados a 0 °C perderam menos AA que os armazenados a 10 e 15 °C (Figura 4c). A partir de então, observou-se que os frutos retomaram o aumento do conteúdo do ácido, sendo que no fim do período analisado, quanto menor a temperatura de armazenamento maior foi o conteúdo de AA presente nos frutos.

A queda inicial do conteúdo do referido ácido pode ter ocorrido devido ao estresse causado pela refrigeração dos frutos, pois o AA, sendo um composto antioxidante, pode ter sido usado para a proteção contra danos oxidativos (SMIRNOFF, 1996). A maior estabilidade do AA dos frutos armazenados a 0°C pode ser atribuída à maior acidez dos frutos desse tratamento e ao efeito protetor dos compostos fenólicos (Figura 5b e c). Miller e Rice-Evens (1997) observaram que os compostos fenólicos estão localizados no vacúolo e frutos como as framboesas, que apresentam alto conteúdo de AA, armazenam a maior parte do ascorbato no vacúolo e não no citossol. O vacúolo apresenta pH muito baixo e ocupa maior parte do

volume celular. Se o AA estiver presente nesse compartimento, estará protegido da oxidação. Resultados semelhantes foram observados por Kalt et al. (1999) ao estudarem compostos antioxidantes em framboesas e mirtilos armazenados em diferentes temperaturas.

Observou-se que, independente do tratamento, os teores de SS permaneceram constantes até o sexto dia após a colheita (Figura 4d). A partir de então, frutos expostos a 0 e 5°C apresentaram aumento dos SS.

Esse aumento nos últimos dias após a colheita provavelmente é devido à degradação de pectinas e ácidos orgânicos, pois essas são substâncias que também se encontram dissolvidas na célula, sendo também quantificadas como SS (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Perkins-Veazie e Collins (1996) verificaram aumento de SS em amora-preta depois de sete dias de armazenamento a 2°C. Os autores observaram que além da ocorrência de hidrólise de materiais da parede celular, o aumento foi provocado pela perda de massa, concentrando os sólidos, o que também pode justificar o aumento dos sólidos no presente trabalho.

Observou-se que o IC do dia da colheita foi próximo a 45 (Figura 5a), o que indica frutos com coloração rosa avermelhado, estando de acordo com os dados observado por Souza (2007).

No segundo dia após a colheita, os frutos atingiram valores de IC de 54 a 63, sendo maior o índice quanto maior a temperatura de armazenamento das framboesas. Observa-se que a temperatura de 0°C foi eficaz na manutenção dos menores valores do IC, diferenciando das demais temperaturas ao longo do período analisado. Esse resultado está de acordo com as demais análises, pois frutos deste tratamento apresentaram a menor atividade respiratória, o menor metabolismo pós-colheita e a menor taxa de solubilização da pectina. De acordo com Manrique e Lajolo (2004), a pectina, além de determinante na firmeza dos vegetais, exercer efeito cooperativo sobre alguns atributos como aroma, sabor e cor.

O comportamento dos frutos observado no IC também corresponde ao observado no teor de antocianina (Figura 5b). De modo geral, houve incremento do conteúdo de antocianina das framboesas ao longo do período analisado, sendo que quanto maior a temperatura de armazenamento, maior e mais rápido foi o incremento da pigmentação dos frutos.

Figura 5 - Índice de Cor (a), teor de antocianina (b) e teor de quercetina (c) de framboesas 'Autumn Bliss' armazenadas por 12 dias em diferentes temperaturas e 90±5% de UR. Barras verticais representam o erro padrão (n=4)

O acréscimo do conteúdo de antocianina em função do aumento da temperatura pode ter ocorrido em função do aumento do pH (Figura 4b), pois com a diminuição celular dos íons H^+ , o cátion flavílio, composto de cor vermelha, perde

prótons e forma bases quinoidais, que levam a formação da cor púrpura (ALBARICI et al., 2006).

O ganho de pigmentação após a colheita pode estar relacionado com o metabolismo pós-colheita do fruto (KALT et al., 1999). Segundo esses autores, com o aumento da atividade respiratória, ocorre aumento da rota do ácido chiquímico e decréscimo da acidez titulável, levando a interconversão de ácidos orgânicos, que fornecem esqueleto de carbono para síntese de fenólicos, dentre eles a antocianina. Esse aumento no conteúdo de antocianinas durante o armazenamento também foi relatado em morangos por Mazza e Miniati (1993).

De forma semelhante à antocianina, o conteúdo do flavonóide quercetina foi maior quanto maior a temperatura e o tempo de armazenamento (Figura 5c). No entanto, observou-se redução de quercetina nos frutos armazenados a 0 e 5°C até o sexto dia após a colheita, a partir dessa data, o conteúdo retornou aos mesmos valores iniciais, mantendo-os até o fim do experimento.

A diminuição da quercetina nos frutos das menores temperaturas pode ter ocorrido em função de sua exposição a condições oxidativas mais drásticas, pois assim como o ácido ascórbico, a quercetina tem como principal função a remoção de radicais livres (LAKHANPAL; RAI, 2007). A retomada do aumento no conteúdo, mesmo em condições de estresse, e o aumento nos frutos expostos as outras temperaturas pode ter ocorrido como tentativa de sobrevivência dos frutos, de forma análoga ao observado por Barata-Soares et al. (2004) com o ácido ascórbico.

Em suma, foi verificado que a temperatura de armazenamento exerce influência na vida útil de framboesa 'Autumm Bliss', sendo recomendada temperaturas entre 0 e 5°C para o seu armazenamento. Temperaturas de 10 e 15 °C não são aconselhadas, pois não são eficientes para retardar a deterioração dos frutos.

2.3.2 Experimento II – Avaliação de embalagens para o armazenamento refrigerado

A concentração gasosa do interior das embalagens diferiu em função do material testado, sendo os filmes PP e PEBD de 10 e 20 µm os que proporcionaram os maiores acúmulos de CO₂ e redução de O₂ (Figura 6a e b). Estes três filmes reduziram a atividade respiratória dos frutos e foram os únicos a permitir o

armazenamento até o 15º dia após da colheita. Entretanto, o PP atingiu níveis de CO₂ acima de 7%, a partir do terceiro dia após a colheita, e valores de O₂ abaixo de 5%, a partir do primeiro dia. Essas drásticas modificações da atmosfera do interior das embalagens levaram a formação de odor característico de fermentação nos últimos dias de análise.

Dentre as embalagens que pouco modificaram a concentração gasosa, observou-se que frutos armazenados no PET com furos (controle) diferiram apenas do PVC, indicando que os frutos armazenados em PEAD e PET sem furos apresentam mesma atividade respiratória dos frutos controle. Ressalta-se que embora o PVC tenha alterado a atmosfera interna, os valores atingidos não foram suficientes para um efeito benéfico da conservação pós-colheita dos demais atributos de qualidade.

A menor atividade respiratória dos frutos armazenados em PP e PEBD pode estar relacionada ao efeito de chave reguladora da glicólise, pela inibição da atividade da fosfofrutoquinase e da piruvato quinase na conversão da frutose-6-fosfato em frutose-1,6bisfosfato e do fosfoenolpiruvato em piruvato, respectivamente (KADER, 1986).

Jabuticabas e *cranberries* (*Vaccinium macrocarpon*) submetidos a diferentes concentrações gasosa também apresentaram redução da atividade respiratória (TEIXEIRA et al., 2011; GUNES et al., 2002). Teixeira et al. (2011) ainda observaram que o uso adequado de atmosfera modificada, ativa ou passivamente, contribuiu para redução da sensibilidade da fruta ao etileno, principalmente quando a concentração de O₂ esteve abaixo de 8%.

Com exceção do PVC, todos os demais filmes testados e a embalagem de PET sem furos foram eficientes na manutenção da massa fresca da framboesa quando comparados ao PET com furos (controle) (Figura 6c). O PVC permitiu a perda de massa, diferenciando-se dos demais a partir do terceiro dia de análise e o PET com furos apresentou perda de massa fresca superior a 5%, o que é inadequado à comercialização *in natura*.

A redução da perda de massa com o uso de embalagens está diretamente relacionada à taxa de permeabilidade do vapor d'água ao filme. Quanto menor a taxa de transpiração, menor será o déficit de pressão de vapor e maior a umidade relativa no interior da embalagem, reduzindo, conseqüentemente, a perda de água dos frutos e ampliando o período de comercialização (CIA et al., 2007).

Figura 6 - Concentração de gases (O₂ - a, CO₂ - b) no interior das diferentes embalagens e perda de massa fresca (c) de framboesas 'Autumn Bliss' armazenadas a 0±1°C e 90±5% UR, por 15 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=7)

A firmeza das framboesas diferiu em função das embalagens de armazenamento, sendo os filmes de PEBD de 10 μm e PP os mais indicados para sua manutenção (Tabela 2). Nos primeiros dias de análise, frutos armazenados em PEBD de 10 μm e PEAD foram os que permaneceram mais firmes, no entanto, os frutos do PEAD rapidamente perderam firmeza, tornando-se excessivamente moles já no nono dia após a colheita. Os frutos do PP apresentaram queda superior a 45% nos três primeiros dias após a colheita, mas permaneceram com valores estáveis após esse período, resultando em frutos mais firmes.

A manutenção da firmeza resultante do uso do PEBD de 10 μm e PP pode ser explicada pela sua menor permeabilidade aos gases, o que resulta em modificação nas concentrações normais de O_2 e CO_2 e altera o metabolismo dos frutos, de forma a reduzir a atividade enzimática, conservar a integridade da parede celular e a firmeza dos frutos (GORRIS; PEPPELENBOS, 1992; MAHAJAN; GOSWAMI, 2001). Esses dois filmes também foram eficientes na manutenção da firmeza de pêssego (KLUGE et al., 1999; NUNES et al., 2004).

O teor de pectinas solúveis e a porcentagem de solubilização das pectinas aumentaram com o amadurecimento nos frutos de todos os tratamentos, sendo os filmes PEBD de 10 e 20 μm os que apresentaram mais quantidade de pectina solúvel e o filme PVC o que apresentou a maior solubilização ao longo do amadurecimento (Tabela 2).

Como a manutenção da firmeza dos frutos depende da manutenção da pectina na forma insolúvel ou do menor nível de solubilização, os filmes que apresentaram os melhores resultados foram PEBD de 10 e 20 μm e PP. Provavelmente esse comportamento está relacionado com a menor atividade respiratória dos frutos embalados nesses filmes.

Tabela 2 - Firmeza, teor de pectina solúvel e solubilização de pectina de framboesas 'Autumn Bliss' acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR, por 15 dias

Embalagens	Dias após a colheita						Média
	0	3	6	9	12	15	
Firmeza							
PEBD 10	1,29	0,88	0,65	0,64	0,55	0,53	0,76 a
PP	1,29	0,68	0,65	0,53	0,58	0,46	0,70 a
PEBD 20	1,29	0,55	0,53	0,41	0,41	0,45	0,61 b
PET c/ furo	1,29	0,59	0,63	0,57	0,56	-	0,61 b
PET s/ furo	1,29	0,71	0,53	0,53	0,45	-	0,59 bc
PVC	1,29	0,68	0,52	0,50	0,38	-	0,56 bc
PEAD	1,29	0,84	0,73	0,48	-	-	0,55 c
Média*	1,29 a	0,70 b	0,61 c	0,52 d	0,42 e	0,20 f	
Erro: 0,002	DMS: 0,035		Transf.: $\log_{10}$				
Pectina Solúvel (mg 100-1)**							
PEBD 10	0,61	1,09	1,47	1,92	1,11	1,17	1,23 a
PEBD 20	0,61	1,17	1,34	1,68	1,56	0,91	1,21 ab
PET c/ furo	0,61	0,75	1,70	1,58	1,25	-	0,98 bc
PP	0,61	0,80	1,23	0,83	1,04	0,92	0,91 cd
PVC	0,61	1,49	1,39	1,04	0,93	-	0,91 cd
PET s/ furo	0,61	0,86	1,51	1,06	1,25	-	0,89 cd
PEAD	0,61	0,92	1,85	1,26	-	-	0,73 d
Média*	0,61 d	1,01 c	1,50 a	1,34 b	1,19 c	1,00 d	
Erro: 0,062	DMS: 0,217		Transf.: $(x+0,5)^{-2,8}$				
Solubilização de pectina (%)							
PVC	15,63	27,12	30,02	39,32	62,03	-	41,78 a
PET s/ furo	15,63	24,83	49,59	35,15	46,68	-	36,56 b
PET c/ furo	15,63	17,98	42,15	44,54	62,52	-	36,56 b
PEAD	15,63	29,28	31,46	32,26	-	-	27,17 b
PEBD 20	15,63	28,53	39,89	46,66	42,20	52,42	37,56 c
PEBD 10	15,63	36,40	30,00	39,51	39,52	47,93	34,18 c
PP	15,63	23,47	25,15	29,71	39,46	49,68	30,52 c
Média*	15,63 d	26,80 c	35,47 c	38,16 c	48,73 b	50,01 a	
Erro: $1,04\text{e}^{-8}$	DMS: 0,001		Transf.: $(x+0,5)^{-2,8}$				

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P\leq 0,05$).

**Dados originais. Transformação indicada em cada atributo.

Todos os filmes testados apresentaram decréscimo na AT ao longo do armazenamento, mas os filmes PP e PEBD de 10 e 20 μm permaneceram mais ácidos que os demais até ao 15º dia após a colheita (Tabela 3).

Tabela 3 - Acidez titulável, pH, ácido ascórbico e sólidos solúveis de framboesas 'Autumn Bliss' acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 15 dias

Embalagens	Dias após a colheita						Média*
	0	3	6	9	12	15	
Acidez titulável (%)**							
PP	2,30	2,35	2,00	1,79	1,92	1,95	2,05 a
PEBD 10	2,30	2,17	2,01	1,96	1,76	1,80	2,00 a
PEBD 20	2,30	1,97	1,77	1,77	1,87	2,01	1,95 a
PET c/ furo	2,30	2,33	1,9	2,07	1,76	-	1,74 b
PET s/ furo	2,30	2,45	2,04	1,99	1,59	-	1,72 b
PVC	2,30	2,23	1,82	1,88	1,75	-	1,66 b
PEAD	2,30	2,19	2,00	1,85	-	-	1,39 c
Média*	2,30 a	2,24 a	1,93 b	1,89 b	1,52 c	0,83 d	
Erro: 0,022	DMS: 4,24		Transf.: (x+0,5) ^{-6,5}				
pH							
PEBD 20	2,98	3,09	3,07	3,11	3,16	3,16	3,11 a
PEBD 10	2,98	3,11	3,07	3,10	3,15	3,18	3,10 a
PP	2,98	3,09	3,08	3,12	3,13	3,19	3,09 a
PET s/ furo	2,98	3,09	3,13	3,12	3,17	-	2,58 b
PVC	2,98	3,10	3,12	3,14	3,18	-	2,58 b
PET c/ furo	2,98	3,09	3,07	3,13	3,14	-	2,57 b
PEAD	2,98	3,04	3,13	3,10	-	-	2,04 c
Média*	2,98 b	3,10 a	3,12 a	3,10 a	2,68 c	1,36 d	
Erro: 0,002	DMS: 0,03						
Ácido ascórbico (mg 100g ⁻¹)							
PP	29,87	27,50	24,26	21,77	23,94	23,45	25,13 a
PEBD 10	29,87	24,99	26,22	22,59	23,43	23,05	25,02 a
PEBD 20	29,87	25,38	25,33	21,56	23,30	23,67	24,85 a
PET c/ furo	29,87	25,87	27,61	25,54	27,23	-	22,69 b
PET s/ furo	29,87	24,87	25,15	24,00	25,10	-	21,50 bc
PVC	29,87	27,02	25,55	23,20	22,06	-	21,28 c
PEAD	29,87	22,36	23,31	20,28	-	-	15,97 d
Média*	29,87 a	25,43 b	25,35 b	22,71 c	20,72 d	10,03 e	
Erro: 2,571	DMS: 1,387						
Sólidos Solúveis (°Brix)							
PP	6,8	7,1	6,5	6,6	6,7	6,4	6,7 a
PEBD 10	6,8	6,5	7,0	6,5	6,8	6,1	6,6 a
PEBD 20	6,8	6,7	6,3	6,8	6,8	6,6	6,6 a
PET c/ furo	6,8	7,6	7,0	7,4	6,8	-	5,9 b
PET s/ furo	6,8	7,5	7,0	7,0	6,6	-	5,8 b
PVC	6,8	6,9	7,1	7,2	6,6	-	5,8 b
PEAD	6,8	7,0	6,2	6,3	-	-	4,4 c
Média*	6,8 a	7,0 a	6,7 a	6,8 a	5,8 b	2,7 c	
Erro: 0,235	DMS: 0,42						

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P\leq 0,05$).

**Dados originais. Transformação indicada em cada atributo.

O decréscimo na acidez é devido ao metabolismo respiratório que continua ocorrendo na pós-colheita e faz com que vários substratos, dentre eles os ácido

orgânicos, sejam utilizados no ciclo de Krebs como forma de geração de energia para manutenção dos processos vitais (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Como, os frutos embalados em PP e PEBD de 10 e 20 μm apresentaram menor atividade respiratória, menos quantidade de ácidos foi consumido, deixando maior a AT. Resultados semelhantes foram encontrados por Haffner et al. (2002) ao estudarem a influência da atmosfera controlada em diferentes cultivares de framboesa.

Os valores de pH foram congruentes com os resultado da AT, diferenciando os filmes PP e PEBD de 10 e 20 μm dos demais tratamentos (Tabela 3). Os valores de pH aumentam ao longo do amadurecimento, enquanto a AT diminuiu.

Observou-se que os frutos embalados em PP e PEBD de 10 e 20 μm chegaram ao fim do período analisado com valores de pH superiores aos obtidos pelos demais frutos. Isso ocorreu devido à manutenção do metabolismo ativo dos frutos embalados em PP e PEBD, os quais continuaram a utilizar os ácidos orgânicos como substrato respiratório. Esses resultados estão de acordo com os observados por Ancos et al. (1999) e Haffner et al. (2002).

Houve redução do teor de ácido ascórbico do dia da caracterização para o terceiro dia de armazenamento, independente da embalagem (Tabela 3). A partir de então, os frutos do PP, PEBD de 10 e 20 μm e PET com furos permaneceram com valores constantes. No entanto, o PET apresentou condições de comercialização até o 12º dia.

A queda inicial no teor do AA se deve ao consumo desse ácido associado à senescência dos frutos e ao armazenamentos refrigerado, condições em que ocorre atuação de enzimas como a ascorbato oxidase e a peroxidase (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A contínua queda da vitamina C nos frutos acondicionados nas demais embalagens está relacionada ao fato do AA ser um antioxidante natural e, assim, ter sido utilizado na tentativa de minimizar danos oxidativos do metabolismo aeróbico (SMIRNOFF, 1996).

O teor de SS dos frutos armazenados em PP e PEBD mantiveram-se mais elevados (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Haffner et al. (2002) ao estudarem a influência da atmosfera controlada em diferentes cultivares de framboesa.

O índice de cor indicou escurecimento das framboesas de todos os tratamentos ao longo do período analisado, sendo os filmes de PEBD e PP os que mantiveram o tom de vermelho mais claro por maior período (Tabela 4). Em

framboesas, ocorre mudança na coloração devido à síntese de pigmentos, como antocianina e carotenóides.

Haffner et al. (2002) observaram que framboesas armazenadas em baixas concentrações de O₂ e altas de CO₂ tornam-se mais escuras, com menos intensidade de amarelo e mais de vermelho e azul.

Tabela 4 - Índice de cor, teor de antocianina e teor de quercetina de framboesas 'Autumn Bliss' acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas a 0±1°C e 90±5% UR, por 15 dias

Embalagens	Dias após a colheita						Média*
	0	3	6	9	12	15	
Índice de cor**							
PEAD	42,80	64,78	63,62	68,49	-	-	59,91 a
PVC	42,80	60,90	75,87	72,48	77,15	-	65,84 b
PET s/ furo	42,80	62,58	71,93	74,52	66,46	-	63,66 b
PET c/ furo	42,80	58,83	62,90	68,65	65,82	-	59,80 b
PEBD 20	42,80	60,17	63,87	62,52	65,85	65,52	60,13 c
PEBD 10	42,80	55,54	58,53	63,56	64,34	62,54	57,89 c
PP	42,80	51,23	54,85	57,28	69,74	62,12	56,34 c
Médias*	42,80 f	59,15 e	64,51 d	66,79 c	58,48 b	27,17 a	
Erro: 0,056	DMS: 3,46			Transf.: (x+0,5) ^{-0,5}			
Teor de antocianina (mg 100g ⁻¹)**							
PET s/ furo	13,83	29,87	38,55	44,95	35,34	-	32,08 a
PET c/ furo	13,83	33,14	35,13	42,22	39,48	-	33,66 a
PVC	13,83	32,63	38,34	29,78	39,66	-	30,85 a
PEAD	13,83	34,36	36,27	35,31	-	-	29,94 b
PP	13,83	32,71	31,49	35,39	19,94	19,04	25,40 c
PEBD 20	13,83	31,71	31,61	37,00	27,09	29,84	28,51 c
PEBD 10	13,83	25,74	30,53	27,23	29,84	26,89	25,68 c
Médias*	13,83 c	31,45 d	34,56 d	35,98 d	27,34 b	10,82 a	
Erro: 0,001	DMS: 0,006			Transf.: (x+0,5) ^{-1,2}			
Teor de quercetina (mg 100g ⁻¹)**							
PP	5,95	11,89	11,95	9,41	5,19	4,40	8,13 a
PEBD 10	5,95	11,52	5,62	9,57	4,95	6,03	7,27 a
PEBD 20	5,95	9,18	5,33	7,41	5,88	5,29	6,51 ab
PVC	5,95	9,75	8,32	9,10	9,12	-	7,19 bc
PET s/ furo	5,95	9,65	6,79	11,11	6,41	-	6,65 bc
PET c/ furo	5,95	10,00	6,22	11,01	7,78	-	6,83 bc
PEAD	5,95	12,34	10,71	12,20	-	-	6,86 c
Médias*	5,95 b	10,62 a	7,85 b	9,97 a	5,62 c	2,25 d	
Erro: 0,03	DMS: 0,15			Transf.: log ₁₀ (x+0,5)			

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

**Dados originais. Transformação indicada em cada atributo.

O teor de antocianina apresentou comportamento similar ao índice de cor, de forma a incrementar o teor de pigmento dos frutos após a colheita, sendo o aumento

menor nos frutos armazenados em PEBD e PP (Tabela 4). A produção de antocianina desses frutos, provavelmente, foi menor em função do menor metabolismo desses frutos. Essa analogia entre a coloração e o teor de antocianinas também foram observadas por Haffner et al. (2002).

Houve aumento do teor de quercetina de todos os frutos nos três primeiros dias após a colheita (Tabela 4). A partir dessa data, houve redução do referido fenólico, sendo que os filmes PP e PEBD de 10 μm foram mais eficientes na sua manutenção. Esse comportamento provavelmente se deve à sua atividade como composto antioxidante, justificando o aumento logo após a colheita como tentativa de sobrevivência dos frutos e a redução ao longo do armazenamento, como consumido, devido à senescência. Frutos armazenados em PP e PEBD apresentaram maiores intensidades da quercetina por manter menor metabolismo.

Em resumo, os filmes de PEBD e PP foram os que melhor mantiveram os atributos de qualidade da framboesa, além de estender o período de comercialização. Entretanto, o PEBD de 10 μm diferenciou-se do de 20 μm , mantendo melhor a firmeza e o teor de quercetina dos frutos. O PP, que não diferenciou-se do PEBD de 10 μm na maioria das análises realizadas, não é recomendado, pois originou alteração drástica na composição gasosa e, por consequência, fermentação. Observou-se, também, que o PEAD não trás nenhum benefício à manutenção da qualidade pós-colheita das framboesas.

2.3.3 Experimento III – Avaliação da aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP)

O uso do 1-MCP nas concentrações 500, 1000 e 2000 nL L^{-1} reduziu a incidência de podridão das framboesas após a colheita (Tabela 5). A concentração 100 nL L^{-1} não teve efeito fungicida, apresentando porcentagem de frutos infectados semelhante ao do controle.

O uso do 1-MCP tem reduzido o surgimento ou a evolução de doenças em diversos produtos vegetais com comportamento climatérico, como maçã, kiwi, pêssgo, nectarina, ameixas e peras (BOQUETE et al., 2004; DeELL et al., 2008; LIGUORI et al., 2004). Entretanto, estudos têm mostrado que esse produto aumenta a incidência de podridão em frutos não-climatéricos por inibir alguns sistemas metabólicos benéficos aos frutos e, assim, reduzir a produção e atividade da

fenilalanina amônia-liase (PAL), de antocianinas e outros fenólicos (JIANG et al., 2001).

Tabela 5 - Incidência de podridão (%) de framboesas 'Autumn Bliss' submetidas a diferentes concentrações de 1-MCP e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 12 dias

1-MCP (nL L ⁻¹)	Dias após a colheita					Média*
	0	3	6	9	12	
0	0,0	6,0	13,0	24,5	49,0	18,5 a
100	0,0	3,0	08,3	16,5	42,5	14,1 a
500	0,0	0,0	02,5	06,5	33,5	08,5 b
1000	0,0	0,0	01,3	06,5	35,3	08,6 b
2000	0,0	0,0	01,0	07,3	31,5	08,0 b

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P\leq0,05$).

*Dados originais. Transformação: $(x+0,5)^{0,2}$.

Embora a framboesa seja classificada como não-climatérica, o 1-MCP apresentou efeito fungicida, o que pode ser explicado pelo fato do produto não ter reduzido a produção de alguns compostos fenólicos (Tabela 9).

Assim como observado na incidência de podridão, a atividade respiratória dos frutos tratados com as três maiores concentrações foi reduzida com o uso do 1-MCP e os frutos tratados a 100 nL L⁻¹ apresentaram valores próximos aos frutos controle (Tabela 6).

Logo após a retirada dos frutos das câmaras herméticas (dia 1), observou-se que frutos expostos a 500, 1000 e 2000 nL L⁻¹ já apresentavam menor atividade respiratória e, mesmo com a refrigeração, essa diferença permaneceu até o último dia de análise.

No terceiro dia após a colheita houve queda da respiração, uma vez que os frutos foram refrigerados, mas a partir do quinto dia a respiração aumentou novamente. Esse aumento pode ter ocorrido devido à incidência de podridão nos frutos.

Tem sido verificado que a aplicação de 1-MCP reduz a respiração ou retarda o seu aumento na maioria dos produtos vegetais, inclusive em morangos (BLANKENSHIP; DOLE, 2003).

Tabela 6 - Atividade respiratória e produção de etileno de framboesas 'Autumn Bliss' submetidas a diferentes concentrações de 1-MCP e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 11 dias

1-MCP (nL L ⁻¹)	Dias após a colheita							Média*
	0	1	3	5	7	9	11	
Atividade respiratória (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)**								
0	56,84	57,16	17,94	15,63	16,79	23,77	25,63	30,54 a
100	56,84	52,10	19,38	14,75	20,44	24,10	21,47	29,87 a
500	56,84	37,32	13,89	11,20	16,35	18,31	19,70	24,80 b
1000	56,84	33,28	14,79	14,33	18,13	19,11	16,20	24,67 b
2000	56,84	31,55	13,86	12,80	18,05	10,56	15,77	22,78 b
Média*	56,84 a	42,28 b	15,97 cd	13,74 d	17,95 cd	18,92 cd	19,67 c	
Erro: 0,414	DMS: 0,44		Transf.: (x+0,5) ⁻¹					
Produção de etileno (µL C ₂ H ₄ kg ⁻¹ h ⁻¹)**								
100	10,99	10,02	4,38	5,21	7,19	9,72	9,79	8,19 a
0	10,99	9,41	5,39	4,92	6,26	7,97	9,39	7,76 a
500	10,99	7,63	6,44	3,57	6,95	8,67	9,02	7,61 ab
1000	10,99	7,21	1,79	3,75	5,84	7,89	8,38	6,55 ab
2000	10,99	5,01	1,69	2,72	4,96	7,42	8,64	5,92 b
Média*	10,99 d	7,85 bc	3,94 a	4,03 a	6,22 ab	8,24 bc	9,01 cd	
Erro: 0,001	DMS: 0,008		Transf.: (x+0,5) ^{0,5}					

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P\leq 0,05$).

**Dados originais. Transformação indicada em cada atributo.

Framboesas expostas ao 1-MCP reduziram a produção de etileno, sendo menor o volume do hormônio produzido, quanto maior a concentração do 1-MCP (Tabela 6). Observou-se que logo após a aplicação do 1-MCP, frutos do controle e tratados a 100 nL L⁻¹ continuaram produzindo altas quantidades de etileno (10,02 e 9,41 nL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹ respectivamente), enquanto que os demais apresentaram redução de 30,57, 34,40 e 54,41%, respectivamente.

A baixa produção de etileno continuou até o quinto dia após a colheita. Tal comportamento se deve a ligação das moléculas de 1-MCP aos receptores de etileno, inibindo assim os efeitos do hormônio.

A partir do quinto dia, a produção de etileno aumentou, sendo esse aumento inversamente proporcional à concentração do produto. A retomada da produção do hormônio provavelmente se deve a síntese de novos receptores. Resultados semelhantes foram observados em morangos tratados com diferentes concentrações de 1-MCP (JIANG et al., 2001).

Houve perda de massa fresca durante o período analisado, mas não houve diferença entre os tratamentos, portanto, o 1-MCP não apresentou efeito sobre esse parâmetro (Tabela 7). A perda de massa foi baixa, não ultrapassando 4% em

nenhum tratamento. Esse comportamento pode ter ocorrido em função da alta umidade relativa em que as framboesas foram armazenadas.

Tabela 7 - Perda de massa fresca, firmeza, teor de pectina solúvel e solubilização de pectina de framboesas 'Autumn Bliss' submetidas a diferentes concentrações de 1-MCP e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 12 dias

1-MCP (nL L ⁻¹)	Dias após a colheita					Média*
	0	3	6	9	12	
Perda de massa fresca (%)						
0	0	1,07	1,75	2,23	3,53	2,14 a
100	0	1,10	1,68	1,85	3,15	1,95 a
500	0	0,89	1,56	1,90	3,21	1,89 a
1000	0	1,21	1,97	2,35	3,49	2,25 a
2000	0	1,02	1,56	1,90	3,09	1,89 a
Média*	0 a	1,06 a	1,70 a	2,04 a	3,29 a	
erro: 35	DMS: 6,98					
Firmeza (N)**						
1000	0,97	0,90	0,84	0,78	0,50	0,75 a
2000	0,97	0,99	0,71	0,60	0,46	0,69 ab
500	0,97	0,86	0,72	0,66	0,44	0,67 abc
100	0,97	0,95	0,61	0,57	0,32	0,61 c
0	0,97	0,84	0,66	0,55	0,37	0,61 c
Média*	0,97 a	0,90 a	0,71 b	0,63 b	0,42 c	
erro: 0,03	DMS: 0,05		Transf.: log ₁₀			
Pectina solúvel (mg 100g ⁻¹)**						
0	1,01	2,03	0,89	1,58	1,10	1,40 a
100	1,01	1,58	1,18	1,47	1,14	1,35 a
500	1,01	1,86	1,02	1,71	1,01	1,40 a
1000	1,01	1,12	1,21	1,77	0,98	1,27 a
2000	1,01	1,12	1,11	1,36	1,06	1,16 a
Média*	1,01 b	1,54 a	1,08 b	1,58 a	1,06 b	
erro: 0,009	DMS: 0,24		Transf.: log ₁₀			
Solubilização (%)**						
0	28,29	57,31	89,98	97,22	86,12	82,66 a
100	28,29	43,70	94,08	77,68	85,03	75,12 a
500	28,29	48,04	67,79	73,98	83,49	68,33 ab
1000	28,29	28,78	70,94	56,61	86,25	60,65 b
2000	28,29	31,16	71,81	53,68	82,40	59,76 b
Média*	28,29 c	41,80 b	78,92 a	71,83 a	84,66 a	
erro: 0,01	DMS: 3,95		Transf.: log ₁₀			

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P\leq 0,05$).

**Dados originais. Transformação indicada em cada atributo.

Ocorreu amolecimento de todos os frutos ao longo do período avaliado, entretanto, o uso do 1-MCP nas concentrações de 1000 e 2000 nL L⁻¹ manteve os frutos mais firmes, diferenciando-se do controle e dos tratados a 100 nL L⁻¹, indicando que esse composto é capaz de manter a maior firmeza da framboesa (Tabela 7).

A perda de firmeza está relacionada ao etileno, que é o responsável por ligar-se às proteínas específicas dos sistemas de endomembranas e promover a síntese de enzimas hidrolíticas que irão atuar na parede celular, resultando no amaciamento do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Como o 1-MCP atua inibindo a ação do etileno, conclui-se que as concentrações de 1000 e 2000 nL L⁻¹ foram efetivas ao se ligar aos receptores do hormônio vegetal, bloqueando ou retardando sua ação. A concentração de 1000 nL L⁻¹ de 1-MCP também foi efetiva na manutenção da firmeza de morangos ao longo do amadurecimento (JIANG et al., 2001).

O teor de pectina solúvel aumentou ao longo do amadurecimento dos frutos independentemente do uso do 1-MCP (Tabela 7). Entretanto, a porcentagem de solubilização das pectinas diferiu em função da concentração aplicada do produto, sendo que frutos do controle e aqueles tratados com 100 nL L⁻¹ tiveram maior solubilização em relação aos frutos tratados com 1000 e 2000 nL L⁻¹.

Usualmente, ocorre modificação no grau de contato entre as células devido à degradação e solubilização de pectinas e a modificação na estrutura das paredes celulares, decorrentes da ação de diversas enzimas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Como as maiores concentrações de 1-MCP reduziram a atividade respiratória e a produção de etileno, todo o metabolismo dos frutos também foi reduzido, o que possivelmente, explica a menor porcentagem de solubilização das pectinas desses tratamentos.

Outro fator que pode ter influenciado a menor solubilização da pectina foi a manutenção dos menores valores de pH dos frutos expostos a 1000 nL L⁻¹ (Tabela 8). Willatsa et al. (2006) observaram que a manutenção de baixo pH reduz a solvatação da pectina, aumentando a interação entre suas moléculas e diminuindo, assim, a sua solubilização. Dessa forma, esse resultado está de acordo com o observado nas análises de firmeza, atividade respiratória e pH.

A aplicação do 1-MCP na concentração 1000 nL L⁻¹ minimizou a queda da AT de framboesas após a colheita, mantendo esses frutos mais ácidos (Tabela 8). As

demais concentrações também retardaram a diminuição da acidez, mas não diferiram do controle.

Tabela 8 - Acidez titulável, valores de pH, ácido ascórbico e teor de sólidos solúveis de framboesas 'Autumn Bliss' submetidas a diferentes concentrações de 1-MCP e armazenadas a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR, por 12 dias

1-MCP (nL L ⁻¹)	Dias após a colheita					Média*
	0	3	6	9	12	
Acidez titulável (%)						
1000	2,28	2,13	2,18	2,18	2,07	2,17 a
2000	2,28	2,08	2,04	2,11	2,11	2,13 ab
100	2,28	2,08	2,06	2,03	1,93	2,08 ab
500	2,28	2,09	2,03	2,00	1,99	2,08 ab
0	2,28	1,98	2,01	2,05	1,94	2,05 b
Média*	2,28 a	2,07 b	2,07 b	2,08 b	2,01 b	
erro: 0,01		DMS: 0,09				
pH						
500	3,05	3,13	3,20	3,18	3,22	3,16 a
0	3,05	3,12	3,18	3,15	3,18	3,14 b
100	3,05	3,10	3,19	3,15	3,21	3,14 b
2000	3,05	3,13	3,18	3,16	3,17	3,14 b
1000	3,05	3,10	3,15	3,16	3,20	3,13 c
Média*	3,05 d	3,11 c	3,18 ab	3,16 b	3,19 a	
erro: 0,004		DMS: 0,02				
Ácido ascórbico (mg 100g ⁻¹)						
0	19,61	27,48	25,84	19,30	20,63	22,57 a
100	19,61	25,50	25,89	22,48	19,85	22,67 a
500	19,61	24,00	24,57	22,19	20,86	22,25 a
1000	19,61	25,45	28,19	21,74	20,73	23,15 a
2000	19,61	24,13	25,02	21,07	22,94	22,55 a
Média*	19,61 c	25,31 a	25,90 a	21,36 b	21,00 bc	
erro: 3,89		DMS: 1,74				
Sólidos Solúveis (°Brix)						
0	7,88	7,59	7,30	7,31	7,35	7,49 a
100	7,88	7,41	7,66	7,41	6,99	7,47 a
500	7,88	7,56	7,33	7,20	7,18	7,43 a
1000	7,88	7,99	8,33	7,53	7,09	7,76 a
2000	7,88	7,40	7,63	7,63	6,98	7,50 a
Média*	7,88 a	7,59 ab	7,65 ab	7,41 bc	7,12 c	
erro: 0,15		DMS: 0,34				

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

A manutenção da maior porcentagem de AT dos frutos expostos ao 1-MCP ocorreu, provavelmente, devido ao efeito inibitório da ação do etileno causada pelo 1-MCP, o que também resultou na redução da atividade respiratória e, conseqüentemente, reduziu o catabolismo de ácidos orgânicos, conforme também verificado por Girardi et al. (2005).

Quanto ao pH, observou-se aumento dos valores ao longo do armazenamento, sendo a concentração de 1000 nL L⁻¹ a que manteve o pH mais baixo e, portanto, a maior acidez, diferenciando-se dos demais tratamentos (Tabela 8). A conservação da acidez em mirtilos tratados com 1-MCP também foi observada por Chiabrando e Giacalone (2011).

O teor de AA dos frutos não foi alterado em função do uso do 1-MCP (Tabela 8). Observou-se que, independentemente do uso e da concentração do referido composto, ocorreu aumento do teor de vitamina C e, embora tenha havido pequena queda no nono e 12º dia após a colheita, os teores de AA do fim do período de análise foram superiores aos iniciais.

Esse aumento no teor de AA pode ter ocorrido visando à proteção do fruto contra danos oxidativos do metabolismo aeróbico (SMIRNOFF, 1996). Sugere-se que a produção de precursores do ácido ascórbico pode ocorrer devido à degradação de polissacarídeos da parede celular (SMIRNOFF, 2001).

O teor de SS das framboesas controle e tratadas com as diferentes concentrações mostrou comportamento similar, tendo permanecido relativamente estável durante o armazenamento (Tabela 8). Frutos expostos a 1000 nL L⁻¹ aumentaram o teor de SS nos seis primeiros dias após a colheita e então, progressivamente, diminuíram. Esse comportamento também foi observado em mirtilos expostos a 3000 nL L⁻¹ de 1-MCP (ALMENAR et al., 2008; CHIABRANDO; GIACALONE, 2011).

Tanto os frutos controle quanto os expostos às diferentes concentrações de 1-MCP apresentaram aumento do índice de cor superior a 80% chegando, no 12º dia após a colheita, à tonalidade levemente roxa. Essa mudança para tons vermelho intenso e levemente roxo ocorreu devido ao aumento do teor de antocianina dos frutos que, assim como no índice de cor, não foi alterado pela concentração de 1-MCP (Tabela 9).

Tabela 9 - Índice de cor, teor de antocianina e teor de quercetina de framboesas 'Autumn Bliss' submetidas a diferentes concentrações de 1-MCP e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 12 dias.

1-MCP (nL L ⁻¹)	Dias após a colheita					Média*
	0	3	6	9	12	
Índice de cor**						
0	39,23	54,37	63,71	64,89	70,44	58,53 a
100	39,23	55,62	65,11	64,82	70,34	59,02 a
500	39,23	57,08	57,81	63,98	75,86	58,79 a
1000	39,23	57,42	66,35	68,19	74,36	61,11 a
2000	39,23	55,82	60,71	62,68	71,58	58,00 a
Média*	39,23 a	56,06 b	62,74 c	64,91 c	72,52 d	
erro: 0,02	DMS: 4,23		Transf.: x ⁻¹			
Teor de antocianina (mg 100g ⁻¹)**						
0	12,02	27,99	28,91	33,95	37,51	28,07 a
100	12,02	30,10	30,57	31,21	41,11	29,00 a
500	12,02	23,79	25,83	30,47	42,70	26,96 a
1000	12,02	27,48	28,74	43,94	43,52	31,14 a
2000	12,02	33,13	26,34	36,18	46,73	30,88 a
Média*	12,02 d	28,50 c	28,08 c	35,15 b	42,31 a	
erro:0,29	DMS: 0,47		Transf.: x ^{0,5}			
Teor de quercetina (mg 100g ⁻¹)**						
0	3,41	7,92	7,59	8,61	25,93	10,69 a
100	3,41	8,90	7,92	7,23	27,78	11,05 a
500	3,41	5,27	6,19	6,35	28,09	9,86 a
1000	3,41	6,45	8,55	9,09	28,17	11,13 a
2000	3,41	8,53	6,13	8,87	28,15	11,02 a
Média*	3,41 c	7,41 b	7,28 b	8,03 b	27,63 a	
erro: 39,95	DMS: 7,38		Transf.: x ^{-3,6}			

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a ($P \leq 0,05$).

**Dados originais. Transformação indicada em cada atributo.

Durante a senescência, as framboesas aumentam a atividade respiratória, produção de etileno e, conseqüentemente, a produção de compostos fenólicos, dentre eles a antocianina. Com isso, elas ficam mais escuras e com menos brilho. Outra razão para o escurecimento das framboesas e conversão de pelargonidina (antocianina de cor vermelha) em malvidina (antocianina de cor azul), é o aumento do pH celular (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A não observação de diferença na coloração e no teor de antocianina em função da aplicação do 1-MCP também foi verificada em mirtilos armazenados e avaliados nas mesmas condições desse experimento (CHIABRANDO; GIACALONE, 2011).

O teor de quercetina apresentou mesmo comportamento da antocianina, aumentando com a senescência independentemente do uso do 1-MCP. Chiabrando e Giacalone (2011) também não verificaram influência do 1-MCP no teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidantes em mirtilos. Entretanto, Jiang et al. (2001) afirmaram que dosagens elevadas de 1-MCP inibem a expressão da fenilalaninaamônia-liase (PAL) e de compostos fenólicos.

A concentração do 1-MCP influenciou alguns atributos importantes da pós-colheita de framboesas, mantendo sua qualidade por maior período. Para esse fruto, recomenda-se o uso de concentrações entre 1000 e 2000 nL L⁻¹, considerando que mantiveram as maiores porcentagens de AT e firmeza e os menores valores de pH, solubilização de pectinas, atividade respiratória, produção de etileno e incidência de podridão.

2.3.4 Experimento IV – Avaliação da aplicação de quitosana na pós-colheita

O uso pós-colheita da quitosana foi eficiente no controle de podridão, sendo menor a incidência de patógenos, quanto maior a concentração do recobrimento (Tabela 10). Os primeiros sinais do desenvolvimento de fungos surgiram no terceiro dia após a colheita e continuaram em ascensão até o fim do período avaliado para os quatro tratamentos. No entanto, frutos que receberam o recobrimento não atingiram a porcentagem de podridão dos frutos controle nem no 15º dia.

Tabela 10 - Incidência de podridão (%) de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas na pós-colheita com diferentes concentrações de quitosana e armazenadas a 0±1°C e 90±5% UR, por 15 dias

Concentração quitosana (%)	Dias após a colheita						Média*
	0	3	6	9	12	15	
0,0	0	3,29	8,55	20,08	39,08	-	14,20 a
0,5	0	2,63	4,61	4,61	7,24	21,05	06,69 b
1,0	0	1,32	2,63	3,29	5,92	14,47	04,61 b
2,0	0	1,32	1,32	1,32	3,29	6,58	02,31 c

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

*Dados originais. Transformação: $(x+0,5)^{0,2}$.

O efeito da quitosana se deve à indução de quitinase, uma enzima de defesa que cataliza a hidrólise da quitina presente na parede das células dos fungos (MAUCH et al., 1984) e previne o seu desenvolvimento nas framboesas.

Esses resultados são condizentes com os observados por El Ghaouth et al. (1991) e Han et al. (2004), que estudaram o efeito da quitosana em morango e framboesas, respectivamente.

A atividade respiratória de todos os frutos diminuiu drasticamente no primeiro dia após a colheita (Figura 7a), o que se deve ao uso da refrigeração, como observado no experimento I. Quanto ao uso do recobrimento, observou-se que apenas frutos tratados a 2,0% diferiram do controle até o nono dia após a colheita e, a partir de então, frutos tratados a 1,0% também passaram a diferir, sendo menor a quantidade de CO₂ emitido quanto maior a concentração do revestimento. Quitosana a 0,5% não influenciou a respiração.

O uso desse recobrimento tem ampliado a vida útil de diversos produtos devido à modificação dos níveis de O₂ e CO₂ e da consequente queda da atividade respiratória (EL GHAOUH et al., 1991). Tem sido relatado que a quitosana forma uma barreira protetora ao redor dos frutos e reduz a disponibilidade de O₂, o que diminui a atividade respiratória e retarda o amadurecimento (DU et al., 1997).

Esses resultados são condizentes com os observados em morangos, mirtilos e uvas tratadas com quitosana em pós-colheita (EL GHAOUH et al., 1991; NOH, 2005).

O aumento da atividade respiratória nos últimos dias de análise está relacionado, provavelmente, com a maior incidência de podridões.

Houve queda da produção de etileno do dia da colheita para o primeiro dia de armazenamento, independentemente do uso da quitosana (Figura 7b). Assim como observado na atividade respiratória, a queda inicial na produção do hormônio se deve à diminuição do metabolismo em decorrência da refrigeração dos frutos. No segundo dia, frutos do controle retomaram a biossíntese de etileno, aumentando sua produção até o 12º dia de análise. Comportamento semelhante foi observado nos frutos tratados a 0,5 e 1,0%, que aumentaram a produção do hormônio até o quinto dia. Frutos tratados com 2,0% de quitosana apresentaram baixa produção de etileno do primeiro até o 13º dia.

Figura 7 - Atividade respiratória (a), produção de etileno (b) e perda de massa fresca (c) de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas na pós-colheita com diferentes concentrações de quitosana e armazenadas a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 5\%$ UR, por 15 dias. Barras verticais representam o erro padrão ($n=5$)

Segundo Noh (2005), a quitosana restringe a síntese de etileno reduzindo a ação das enzimas ACC oxidase e ACC sintase, dado que tais enzimas são sensíveis ao O_2 e a quitosana forma uma barreira contra a entrada do O_2 no fruto. Estudos têm mostrado que a quitosana retarda o amadurecimento de tomates, pepinos, pimentão, maçãs e mirtilo através da diminuição da produção de etileno (EL GHAOUTH et al., 1992; HU; ZOU, 1998; NOH, 2005).

O uso da quitosana reduziu a perda de massa fresca de framboesas, independente da concentração usada (Figura 7c). A partir do sexto dia de armazenamento, os frutos do controle perderam mais massa que os frutos tratados, os quais não diferiram entre si. A menor perda de massa fresca de frutos que receberam o recobrimento pode ser atribuída à barreira criada pela quitosana na superfície dos frutos. Essa barreira controla a evaporação da água e outros compostos voláteis, (GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2009).

Segundo Banks et al. (1993), a perda de massa fresca deve ser estudada em conjunto com outras características para avaliação do processo de amadurecimento, pois a barreira à saída de água também pode impedir a troca de gases, retardando com isso outros atributos do amadurecimento. Esses atributos incluem cor, teor de SS, AA e AT (Figuras 9 e 10).

A firmeza dos frutos diminuiu em aproximadamente 50% durante o armazenamento, independentemente do uso da quitosana (Figura 8a). Observou-se que frutos tratados a 0,5% apresentaram valores muito próximos aos do controle, enquanto que os demais frutos apresentaram firmeza inferior, indicando que o uso de quitosana não controlou a perda de firmeza das framboesas.

Figura 8 - Firmeza (a), teor de pectina solúvel (b) e solubilização de pectina (c) de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas na pós-colheita com diferentes concentrações de quitosana e armazenadas a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR, por 15 dias. Barras verticais representam o erro padrão ($n=4$)

Em outros trabalhos também foi verificado não haver diferenças de firmeza de mirtilos e framboesas tratados ou não com quitosana (GARCIA et al., 1998, HAN et al., 2004; NOH, 2005). Han et al. (2004) observaram que, no caso das framboesas 'Tullmeen', a perda de firmeza foi intensificada com o uso do recobrimento. De acordo com esses autores, isso pode ser explicado pela dificuldade da completa secagem desse fruto, sendo que a umidade remanescente na superfície dos frutos levou à maior perda de firmeza.

O conteúdo de pectina solúvel dos frutos do controle aumentou com o amadurecimento, enquanto que, nos frutos tratados com quitosana, os valores de pectina permaneceram constantes até o 12º dia após a colheita, solubilizando-se apenas no último dia de análise (Figura 8b).

De acordo com Ruoyi et al. (2005), o uso de quitosana como recobrimento não apenas reduz o suprimento de O_2 às células, mas também inibe a atividade das enzimas POD, PPO e, principalmente, PG. A inibição parcial da PG resulta em redução da solubilização de pectinas e retarda a perda de firmeza de frutos (FERNÁNDEZ-TRUJILLO et al., 2000).

Esses resultados estão de acordo com o observado por Ruoyi et al. (2005), que estudaram o efeito da quitosana em pêssegos. Os autores observaram que, além de retardar a solubilização da pectina e, conseqüentemente, a perda de firmeza, a quitosana manteve a qualidade dos frutos por mais tempo.

A porcentagem de solubilização da pectina de frutos controle também aumentou mais rapidamente quando comparado aos frutos tratados com quitosana (Figura 8c). No entanto, no último dia de análise frutos tratados atingiram a mesma porcentagem de solubilização que frutos controle, corroborando com os dados de firmeza.

A porcentagem de AT diminuiu com o amadurecimento, no entanto, o uso da quitosana manteve os frutos mais ácidos, sendo a acidez maior quanto mais elevada foi a concentração do recobrimento (Figura 9a). Tanto os frutos do controle quanto os que receberam o revestimento apresentaram queda da AT até o sexto dia após a colheita. A partir desse dia, frutos tratados com quitosana a 2,0% permaneceram com valores relativamente constantes, enquanto os frutos do controle e os tratados com 0,5 e 1,0% mantiveram a redução na AT.

Figura 9 - Porcentagem de acidez titulável (a), pH (b), teor de ácido ascórbico (c) e teor de sólidos solúveis (d) de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas na pós-colheita com diferentes concentrações de quitosana e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 15 dias. Barras verticais representam o erro padrão ($n=4$)

O decréscimo na acidez é dividido à atividade respiratória, a qual continua ocorrendo após a colheita e faz com que vários substratos, dentre eles os ácidos orgânicos, sejam utilizados no ciclo de Krebs como fonte de energia para manutenção dos processos vitais (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O decréscimo não continuou nos frutos tratados na concentração 2,0% após o sexto dia porque a atividade respiratória desses frutos foi menor, de forma a não exigir consumo dos ácidos orgânicos para obtenção de energia. Nos frutos tratados a 0,5 e 1,0% a queda foi menor, uma vez que o filme semipermeável formado pela quitosana na superfície da framboesa modificou sua atmosfera interna e diminuiu seu metabolismo.

Em concordância com a queda da porcentagem de AT, os valores de pH aumentaram com o amadurecimento das framboesas e foram influenciados pelo uso da quitosana, a qual minimizou o efeito da senescência e manteve o pH mais baixo (Figura 9b). Quanto maior a concentração de quitosana, maior a modificação da atmosfera interna, menor a senescência dos frutos e menor o valor do pH (BAI et al.,

1988). Han et al. (2004) fizeram observações semelhantes ao estudarem o efeito da quitosana sobre a AT e o pH de morangos e framboesas.

O conteúdo de AA permaneceu relativamente constante nos frutos controle e tratados com quitosana a 0,5%, mas diminuiu 33,3 e 51,8% nos frutos tratados com 1,0 e 2,0%, respectivamente (Figura 9c). Esse comportamento está de acordo com o esperado, pois frutos que receberam maiores concentrações do recobrimento apresentaram uma melhor conservação dos demais atributos qualitativos, o que exigiu maior consumo do AA, que atuou como antioxidantes durante a senescência.

O teor de SS dos frutos revestido por quitosana na concentração 2,0% foi superior aos demais tratamentos, considerando que esses frutos apresentaram aumento dos SS a partir do sexto dia após a colheita, enquanto os frutos dos demais tratamentos apresentaram queda (Figura 9d). No entanto, a diferença entre os tratamentos é muito baixa (< 2 °Brix) para se perceber influência da quitosana no sabor do fruto.

A aplicação pós-colheita de quitosana nas concentrações 1,0 e 2,0% influenciou a coloração da framboesa ao longo do amadurecimento, de forma a manter o tom de vermelho claro e o aspecto de frescor por maior período (Figura 10a). Frutos do controle e tratados com quitosana a 0,5% apresentaram aumento do IC até o 12º dia após a colheita, quando atingiram o tom de violeta e reduziram a luminosidade.

O escurecimento da framboesa está relacionado com dois fatores: atividade das enzimas POD e PPO e o teor de antocianina dos frutos. Quanto às enzimas, sabe-se que o aumento de suas atividades provoca o escurecimento dos frutos e que a quitosana é eficiente na manutenção da baixa atividade (RUOYI et al., 2005). Zhang e Quantick (1998) observaram redução da atividade dessas enzimas e do escurecimento de lichias tratadas com diferentes concentrações de quitosana.

Figura 10 - Índice de cor (a), teor de antocianina (b) e teor de quercetina (c) de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas, na pós-colheita, com diferentes concentrações de quitosana e armazenadas a 0±1°C e 90±5% UR, por 15 dias. Barras verticais representam o erro padrão ($n=4$)

Quanto à antocianina, principal pigmento responsável pela coloração vermelha da framboesa, sabe-se que ocorre aumento do seu teor com a senescência dos frutos. Nesse experimento, observou-se que frutos que receberam

a quitosana mantiveram os menores teores de antocianina, sendo as concentrações 1,0 e 2,0% as mais eficientes (Figura 10b).

Esse comportamento pode ser explicado pela reação da antocianina com o recobrimento. Antocianinas carregam cargas positivas na sua forma estável, assim como a quitosana. As cargas do recobrimento devem estabilizar as formas positivas da antocianina, levando a uma estabilidade da coloração (MAZZA; MINIATI, 1993).

Han et al. (2004) concluíram que a quitosana é a melhor forma de controlar a coloração da framboesa durante o armazenamento, retardando a senescência dos frutos.

Bhaskara-Reddy et al. (2000) observaram, em seus estudos com morango, que o teor de antocianina variou em função da concentração de quitosana, da temperatura de armazenamento e do período de vida útil dos frutos, sendo que a quantidade de pigmento foi menor com o aumento da concentração do recobrimento, da temperatura e do período de vida útil dos frutos.

A possível explicação para a queda inicial do teor de antocianina, seguida da manutenção dos baixos valores ao longo do período avaliado nas concentrações 1,0 e 2,0%, é o menor metabolismo desses frutos, o que resultou na menor produção do pigmento.

Nos primeiros dias após a colheita, ocorreu queda do teor de quercetina independente do uso da quitosana, no entanto, nos frutos tratados a 1,0 e 2,0% a diminuição foi mais intensa que nos demais (Figura 10c). Possivelmente, a queda mais intensa dos primeiros dias se deve ao estresse sofrido com a refrigeração e os valores mais baixos dos frutos tratados com as maiores concentrações ao poder antioxidante do referido composto fenólico, possibilitando melhor manutenção dos demais atributos de qualidade.

Em suma, foi verificado que a aplicação pós-colheita de quitosana em framboesa 'Autumm Bliss', nas concentrações de 1,0 e 2,0%, mantém a maioria dos atributos de qualidade desse fruto. Entretanto, devido ao comportamento observado com o teor de ácido ascórbico, índice de cor e teor de antocianina, a concentração mais indicada é a de 1,0%.

2.3.5 Experimento V – Avaliação da aplicação de quitosana na pré-colheita

O uso pré-colheita da quitosana nas concentrações 1,0 e 2,0% induziu a planta a maior resistência aos patógenos, apresentando efeito na diminuição das podridões de frutos em pós-colheita (Tabela 11). A concentração de 0,5% não apresentou efeito sobre a incidência de podridão quando comparada ao controle.

Tabela 11 - Incidência de podridão (%) de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas na pré-colheita com diferentes concentrações de quitosana e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 12 dias

Concentração quitosana (%)	Dias após a colheita					Média ^{1,2}
	0	3	6	9	12	
0,0	1,0	5,3	11,8	22,4	35,9	15,3 a
0,5	0,0	6,6	10,5	23,0	33,6	14,7 a
1,0	0,0	6,9	13,1	19,4	28,3	13,6 b
2,0	0,0	5,3	6,6	15,8	23,7	10,3 c

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P\leq 0,05$).

²Dados originais. Transformação: $(x+0,5)^{0,2}$.

O efeito da quitosana sobre podridões está relacionado à preservação da integridade da membrana e redução da produção de poligalacturonase pelos fungos, bem como ao dano direto à citologia da hifa, limitando a habilidade dos patógenos em colonizar o tecido (EL GAHOOUTH et al., 1997). O controle na incidência de podridão também pode ser atribuído à propriedade fungistática da quitosana, à habilidade em induzir enzimas de defesa e à produção de fitoalexinas, ou mais provável, a combinação desses fatores (BHASKARA-REDDY et al., 2000).

A eficiência da quitosana no controle de podridão em morangos tem sido relatada por outros autores (BHASKARA-REDDY et al., 2000; MAZARO et al., 2008; REDDY et al., 2000). Esses autores relatam que a incidência de podridão diminuiu com o aumento da concentração do produto e com o período de armazenamento.

O uso pré-colheita da quitosana reduziu a atividade respiratória dos frutos ainda em campo, considerando que frutos do controle e tratados com quitosana a 0,5% apresentavam atividade respiratória 20% maior que os frutos tratados a 1,0 e 2,0% no dia da colheita (Figura 11a). Após a colheita, em consequência do armazenamento refrigerado, todos os frutos reduziram a atividade respiratória em mais de 50%, no entanto, as framboesas apresentaram pequeno aumento respiratório com a senescência, sendo que as tratadas com quitosana, nas três concentrações, apresentaram valores inferiores ao controle.

Figura 11 - Atividade respiratória (a), produção de etileno (b) e perda de massa fresca (c) de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas na pré-colheita com diferentes concentrações de quitosana e armazenadas a 0±1°C e 90±5% UR, por 12 dias. Barras verticais representam o erro padrão ($n=5$)

A menor atividade respiratória dos frutos tratados se deve, provavelmente, à menor incidência de podridão nesses frutos, dado que o aumento respiratório

observado pode estar relacionado com o desenvolvimento de patógenos. Outra explicação pode ser a modificação endógena na concentração de CO_2 e O_2 (EL GHOUTH et al., 1991).

Mazaro et al. (2008) observaram o mesmo comportamento em morangos que receberam as mesmas concentrações de quitosana.

A produção de etileno foi reduzida em função do uso pré-colheita de quitosana nas concentrações 1,0 e 2,0% (Figura 11b). Observou-se também que frutos tratados a 2,0% apresentaram maior redução da síntese do hormônio que frutos a 1,0%.

O modo de ação da quitosana aplicada em pré-colheita foi o mesmo do observado na pós, considerando que, mesmo sendo aplicada em campo, a quitosana atuou como uma barreira contra a entrada de O_2 no fruto e pode ter reduzido a atividade da ACC oxidase e ACC sintase, enzimas formadoras de etileno (NOH, 2005). Tais resultados são congruentes com os observados por Mazaro et al. (2008).

A aplicação pré-colheita de quitosana retardou a perda de massa fresca de framboesas, sendo a concentração de 2,0% a mais eficiente (Figura 11c). Frutos do controle apresentaram maior perda de massa a partir do terceiro dia após a colheita, chegando ao 12º dia com 94,10% do seu peso inicial.

A menor perda de massa fresca dos frutos tratados com a quitosana se deve à barreira criada pelo produto contra a perda de água por transpiração (EL GHOUTH et al., 1992; EL GHOUTH et al., 1997).

A aplicação da quitosana em campo resultou em frutos mais firmes no momento da colheita e também reduziu a perda de firmeza dos frutos na pós-colheita, sendo a concentração de 2,0% a mais eficiente (Figura 12a). Essa mesma concentração reduziu o teor de pectina solúvel (Figura 12b) e manteve as menores porcentagens de solubilização da pectina ao longo do amadurecimento (Figura 12c).

Observou-se que os resultados da solubilização de pectinas são condizentes com os observado na firmeza dos frutos, confirmando que a aplicação de quitosana na concentração 2,0% mantém a estrutura do fruto.

Figura 12 - Firmeza (a), teor de pectina solúvel (b) e solubilização de pectina (c) de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas na pré-colheita com diferentes concentrações de quitosana e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 12 dias. Barras verticais representam o erro padrão ($n=4$)

Nesse experimento, a redução da perda de firmeza pode estar relacionada a dois fatores: minimização da degradação da parede celular e da perda de

turgescência dos tecidos. A degradação da parede celular durante a senescência é um processo enzimático, influenciado pela ação endógena da poligalacturonase, celulase e pectinase. Como a exposição da parede celular à ação de tais enzimas e o desarranjo da pectina são processos facilitados pela presença de radicais livres gerados na respiração, o uso da quitosana na concentração 2% reduziu a perda de firmeza, porque reduzindo a respiração, limitou a liberação de radicais livres (KON; SCHWIMMER, 1977).

A perda da pressão de turgor também pode ter influenciado a menor perda de firmeza, considerando que essa pressão é reduzida com a perda de água ou desidratação. Como a respiração e transpiração são os principais fatores de perda de água, a redução desses processos, manteve o turgor dos tecidos (BOURNE, 1983). Resultados semelhantes foram observados por Reddy et al. (2000) e Mazaro et al. (2008), que estudaram o efeito da aplicação pré-colheita de quitosana em morangos.

A porcentagem de AT de todos os frutos diminuiu com a senescência, entretanto, framboesas tratadas com quitosana a 2,0% mantiveram-se mais ácidas quando comparadas aos demais tratamentos (Figura 13a). Paralelamente à queda da AT, observou-se aumento do pH, sendo os frutos tratados na concentração 2,0% os que mantiveram os menores valores após a colheita (Figura 13b). A perda da acidez está relacionada ao processo natural de senescência dos frutos por ocorrer utilização dos ácidos orgânicos, principalmente cítrico em framboesas, como substrato no processo respiratório via ciclo de Krebs.

A manutenção da AT em morango tratados com quitosana também foi observada por Mazaro et al. (2008). Os autores observaram que este é um parâmetro importante na retenção da senescência dos frutos, incidência de podridão e preservação da sua qualidade.

Frutos do controle mantiveram o teor de AA relativamente constante após a colheita, enquanto que frutos tratados com quitosana apresentaram queda deste ácido (Figura 13c). Frutos com quitosana a 1,0 e 2,0% diferenciaram-se também de frutos com quitosana a 0,5%, os quais apresentaram redução ainda maior do conteúdo de AA.

Figura 13 - Porcentagem de acidez titulável (a), pH (b), teor de ácido ascórbico (c) e teor de sólido solúveis (d) de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas na pré-colheita com diferentes concentrações de quitosana e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 12 dias. Barras verticais representam o erro padrão ($n=4$)

Os teores de SS não foram influenciados pelo tratamento pré-colheita com quitosana e mantiveram-se constantes ao longo do armazenamento (Figura 13d). Assim como os ácidos orgânicos, os açúcares são importantes componentes do sabor e aroma e a relação açúcares/acidez é frequentemente utilizada como um índice de qualidade e de aceitabilidade pelo consumidor, sendo que a sua manutenção tem grande relevância (MORAES, 2005).

Mazaro et al. (2008), avaliando condições de armazenamento de morango nas mesmas condições desse experimento, também não observaram modificação nos teores de SS com o tempo de armazenamento e em função dos tratamentos com quitosana.

No dia da colheita, frutos do controle e tratados com quitosana a 0,5% apresentaram-se mais vermelhos que os demais (Figura 14a). No entanto, do sexto dia em diante, a coloração não foi mais influenciada pelo uso de quitosana na pré-colheita, sendo observado apenas o escurecimento dos frutos.

Modificações na coloração dos frutos com a senescência são devido a processos degradativos ou de síntese, sendo este o caso da framboesa. É possível que a modificação da atmosfera promovida pelo recobrimento aplicado ainda em campo não tenha sido o suficiente para influenciar o processo de síntese de compostos fenólicos, como a antocianina, de forma a manter frutos dos diferentes tratamentos com a mesma coloração.

Os teores de antocianina e quercetina também não sofreram influência da aplicação pré-colheita de quitosana (Figura 14b e c, respectivamente). Observou-se que framboesas com ou sem quitosana apresentaram aumento do teor dos referidos fenóis ao longo do período analisado. Esse aumento era esperado, pois framboesas aumentam a síntese de antocianina, ficando assim mais escuras, e produzem mais quercetinas.

Mazaro et al. (2008) também não observaram diferença no teor desse pigmento em função do uso pré-colheita de quitosana em morangos, mas observaram a manutenção de valores mais elevados de polifenóis totais em comparação ao controle.

Em suma, foi verificado que a aplicação pré-colheita de quitosana em framboesa 'Autumm Bliss' na concentração 2,0% mantém a maioria dos atributos de qualidade desse fruto. Quitosana a 0,5% não exerceu influência e a 1,0%, embora tenha apresentado resultados positivos em alguns atributos, se mostrou inferior à concentração de 2,0%.

Figura 14 - Índice de cor (a), teor de antocianina (b) e teor de quercetina (c) de framboesas 'Autumn Bliss' tratadas, na pré-colheita, com diferentes concentrações de quitosana e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 12 dias. Barras verticais representam o erro padrão ($n=4$)

2.3.6 Experimento VI – Avaliação dos melhores tratamentos

A ordem de aplicação dos melhores tratamentos pós-colheita estudados nos experimentos anteriores (filme de PEBD de 10 μm , quitosana a 1% e 1-MCP a 1000 nL L^{-1}) não alterou a concentração gasosa do interior das embalagens, mas ambas as formas de aplicação diminuíram a atividade respiratória dos frutos quando comparados ao controle (Figuras 15a e b).

Os níveis de CO_2 acumulados nas embalagens de framboesas que receberam os tratamentos ficaram próximos a 2% e os de O_2 foram reduzidos para, aproximadamente, 18%, sendo que ambos os gases ficam praticamente constantes ao longo de todo período analisado. Observou-se também que a modificação da atmosfera reduziu a atividade respiratória das framboesas, levando a uma série de outras mudanças do metabolismo, as quais permitiram a extensão do período de vida útil desses frutos até o 20º dia após a colheita.

As alterações gasosas desse experimento se devem ao uso do filme de PEBD e a aplicação de quitosana, sendo que o filme foi o responsável pela menor troca de gases do interior da embalagem com o ambiente da câmara fria e a quitosana com a troca gasosa do interior do fruto com o interior da embalagem.

A ordem de aplicação dos tratamentos influenciou a perda de massa fresca dos frutos, sendo que a aplicação da quitosana seguida pela do 1-MCP constituiu a forma mais eficiente (Figura 15c). Frutos do controle apresentaram maior porcentagem de perda de massa, o que era esperado dado à ausência de um ambiente que mantivesse a alta umidade relativa.

Figura 15 - Concentração de gases (CO₂ – a, O₂ - b) e perda de massa fresca (c) de framboesas 'Autumn Bliss' submetidas a diferentes tratamentos pós-colheita e armazenadas a 0±1°C e 90±5% UR, por 20 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=7)

O uso dos métodos de conservação pós-colheita mantiveram valores mais elevados de firmeza por maior período, mas a ordem de aplicação da quitosana e do 1-MCP não alterou a firmeza dos frutos (Figura 16a). Frutos do controle diferiram, no segundo dia de avaliação, daqueles que receberam os tratamentos, estando, em média, 0,15 N mais moles. A partir do quarto dia, observou-se que esses frutos permaneceram com valores constantes de firmeza.

Frutos que receberam todos os tratamentos perderam firmeza até o 16º dia após a colheita e apresentaram aumento no valor desse atributo no 20º dia. Esse aumento pode ser devido à elevada perda de massa nesse dia, sendo que o excesso de água perdida reduziu o turgor das células, aumentando sua rigidez.

O teor de pectina solúvel aumentou até o 12º dia após a colheita independentemente da aplicação e da forma de uso da quitosana e do 1-MCP (Figura 16b). No 16º e 20º dia após a colheita, houve redução do teor de pectina solúvel, possivelmente, devido ao alto teor de pectina já solubilizada nos frutos, indicando redução da velocidade de solubilização e não que os frutos tornaram-se mais firmes.

A porcentagem de solubilização da pectina foi maior nos frutos do controle, não havendo diferença entre os demais tratamentos (Figura 16c).

Figura 16 - Firmeza (a), teor de pectina solúvel (b) e solubilização de pectina (c) de framboesas 'Autumn Bliss' submetidas a diferentes tratamentos pós-colheita e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 20 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Todos os frutos apresentaram decréscimo na AT e aumento do pH até o quarto dia após a colheita (Figuras 17a e b, respectivamente). A queda de mais de 20% da AT no segundo dia de análise pode ter ocorrido em função do maior

metabolismo dos frutos nesse período, dado que a perda de firmeza e a solubilização da pectina também foram maiores nesse intervalo.

Figura 17 - Porcentagem de acidez titulável (a), pH (b), teor de ácido ascórbico (c) e teor de sólidos solúveis (d) de framboesas 'Autumn Bliss' submetidas a diferentes tratamentos pós-colheita e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 20 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Após o quarto dia, os valores permaneceram relativamente constantes, não existindo diferença entre os tratamentos testados em ambos os atributos qualitativos. O comportamento similar da AT e do pH era o esperado, pois a diminuição dos ácidos orgânicos que normalmente ocorre em framboesas, leva ao aumento dos valores de pH.

Assim como nos outros experimentos realizados, houve queda no conteúdo de AA ao longo do período analisado, sendo que nos frutos do controle a diminuição do teor de AA foi menor (Figura 17c). Não houve diferença em função da ordem de aplicação da quitosana e do 1-MCP. O menor conteúdo de AA dos frutos que permaneceram com condições de comercialização por maior período se deve, provavelmente, ao seu consumo com composto antioxidante.

Houve ligeira queda do teor de SS dos frutos que receberam os tratamentos, mas não ocorreu influência da ordem de aplicação da quitosana e do 1-MCP (Figura 17d). Observou-se que frutos do controle apresentaram leve aumento do teor de SS ao longo do armazenamento, comportamento este observado no experimento I, nos frutos armazenados a 0°C. Esse aumento se deve, possivelmente, à concentração dos sólidos com o aumento da perda de massa.

O uso de métodos de conservação pós-colheita foi eficaz na manutenção da coloração dos frutos por maior período, entretanto, a ordem de aplicação da quitosana e do 1-MCP não influenciou o índice de cor dos frutos (Figura 18a). Observou-se que frutos do controle ficaram mais escuros no quarto dia após a colheita.

O escurecimento mais acelerado dos frutos controle está relacionado com a maior da síntese de antocianinas desses frutos (Figura 18b). As framboesas que não receberam tratamentos pós-colheita aumentaram a síntese desse pigmento até o quarto dia após a colheita e mantiveram o alto teor ao longo do período analisado. Esse comportamento provavelmente se deve a maior atividade respiratória desses frutos, o que levou a maior atividade metabólica e, consequentemente, a maior síntese de antocianinas.

Não houve diferença em função da ordem de aplicação dos produtos quanto ao teor dos compostos fenólicos. Tanto para o tratamento de 1-MCP seguido de quitosana, quanto para o de quitosana seguido de 1-MCP houve aumento do teor de antocianina e queda do teor de quercetina (Figura 18c).

Assim como nos outros experimentos, o teor de quercetina diminuiu com o amadurecimento dos frutos. Por ser um composto antioxidante, provavelmente, ele foi usado para manutenção da qualidade dos atributos qualitativos do fruto, o que justifica a maior queda de quercetina dos frutos tratados em relação ao controle.

Figura 18 - Índice de cor (a), teor de antocianina (b) e teor de quercetina (c) de framboesas 'Autumn Bliss' submetidas a diferentes tratamentos pós-colheita e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 20 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

A ordem de aplicação da quitosana e do 1-MCP não resultou em diferença na manutenção da qualidade dos frutos. A única avaliação que indicou a aplicação da quitosana seguida do 1-MCP ser a mais indicada foi a perda de massa. Esse é um parâmetro qualitativa importante na pós-colheita, mas para se afirmar que ele indica a melhor forma de aplicação dos tratamentos há necessidade de confirmação desses dados. Entretanto, não há dúvidas de que a associação dos melhores tratamentos apresenta bons resultados e leva a ampliação do período de vida útil da framboesa.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os métodos de conservação pós-colheita testados trazem resultados positivos quanto à manutenção da qualidade da framboesa 'Autmn Bliss', mas nem todos ampliam o período de vida útil desse fruto.

Não há dúvidas quanto a necessidade de uso do armazenamento refrigerado em framboesas, sendo a temperatura 0°C a mais indicada, permitindo a conservação dos principais atributos de qualidade e ampliando sua vida útil até 12 dias.

O uso atmosfera modificada passiva, aliada à refrigeração, amplia o período de comercialização das framboesas até 15 dias, sendo o filme PEBD de 10 µm o mais indicado.

A aplicação do 1-MCP aliada à refrigeração não aumenta a vida útil da framboesa, mas melhora a qualidade do fruto durante o período de armazenamento, sendo concentrações entre 1000 a 2000 nL L⁻¹ as mais indicadas. Ainda são necessários estudos adicionais quanto ao uso desse produto em framboesas, incluído experimentos sobre a temperatura de aplicação, tempo e forma de exposição dos frutos ao produto.

O uso da quitosana associado à refrigeração é eficiente na manutenção da qualidade da framboesa, no entanto, apenas a aplicação na pós-colheita amplia o período de comercialização. A melhor concentração para a pré e pós-colheita são 2 e 1 %, respectivamente. Assim como observado com o 1-MCP, há vários fatores a serem estudados quanto ao uso da quitosana, tais como testes com substâncias que aumentem sua aderência ao fruto, que melhorem sua dissolução, bem como outras concentrações e quantidades de aplicação do recobrimento.

A associação da refrigeração, filme plástico, 1-MCP e quitosana em pós-colheita amplia para 20 dias a vida útil desta cultivar, mantendo sua qualidade.

REFERÊNCIAS

- AGAR, I.T.; STREIF, J. Effect of high CO₂ and controlled atmosphere (CA) storage on the fruit quality of raspberries. **Postharvest Biology and Technology**, Gartenbauwiss, v. 61, p. 261–267, 1996.
- ALBARICI, T.R.; PESSOA, J.D.C.; FORIM, M.R. **Efeito das variações de pH e temperatura sobre as antocianinas na polpa de açaí – estudos espectrofotométricos e cromatográficos**. São Carlos: Embrapa, 2006. 5 p. (Comunicado Técnico, 78).
- ALMENAR, E.; SAMSUDIN, H.; AURAS, R.; HARTE, B.; RUBINO, M. Postharvest shelf life extension of blueberries using a biodegradable package. **Food Chemistry**, London, v. 110, p. 120–127, 2008.
- ANCOS, B.; GONZALEZ, E.; PILAR CANO, M. Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition. **Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A**, Madrid, v. 208, n. 1, p. 33–38, 1999.
- ANTUNES, L.C.; DUARTE FILHO, J.; SOUZA, C.M. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 413-419, 2003.
- ANTUNES, L.E.C.; GONÇALVES, E.D.; TREVISAN, R. Alterações de compostos fenólicos e pectina em pós-colheita de frutos de amora-preta. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 57-61, 2006.
- BAI, R.K.; HUANG, M.Y.; JIANG, Y.Y. Selective permeabilities of chitosan-acetic acid complex membrane and chitosan-polymer complex membrane for oxygen and carbon dioxide. **Polymer Bulletin**, Berlin, v. 20, p. 83, 1988.
- BARATA-SOARES, A.D.; GÓMEZ, M.L.P.A.; MESQUITA, C.H.; LAJOLO, F.M. Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 16, n. 3, p. 147-154, 2004.
- BHASKARA-REDDY, M.V.; ANGERS, P.; CASTAIGNE, F.; ARUL, J. Chitosan effects on blackmold rot and pathogenic factors produced by *Alternaria alternata* in postharvest tomatoes. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Quebec, v. 125, p. 742–747, 2000.
- BAUTISTA-BAÑOS, S.; HERNÁNDEZ-LAUZARDO, A.N.; VALLE, M.G.V.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; BARKA, E.A.; BOSQUEZ-MOLINA, E.; WILSON, C.L. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. **Crop Protection**, Mexico, v. 25, p. 108–118, 2006.
- BITTER, T.; MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Chemistry**, London, v. 34, p. 330-334, 1962.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, p. 1-25, 2003.

BOMSER, J.; MADHAVI, D.L.; SINGLETARY, K.; SMITH, M.A.L. In vitro anticancer activity of fruit extracts from *Vaccinium species*. **Planta Medica**, Urbana, v. 62, p. 212–216, 1996.

BOQUETE, E.J.; TRINCHERO, G.D.; FRASCHINA, A.A.; VILELLA, F.; SOZZI, G.O. Ripening of 'Hayward' kiwifruit treated with 1-methylcyclopropene after cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, Buenos Ayres, v. 32, p. 57–65, 2004.

BOURNE, M.C. Physical properties and structure of horticultural crops. In: PELEG, M., BAGLEY, E.B. (Ed.). **Physical properties of foods**. Westport: AVI Publ., 1983. p. 207–228.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza de hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 14-18, 1995.

CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análise química de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121 p. (Manual Técnico).

CHIABRANDO, V.; GIACALONE, G. Shelf-life extension of highbush blueberry using 1-methylcyclopropene stored under air and controlled atmosphere. **Food Chemistry**, Grugliasco, v. 126, p. 1812–1816, 2011.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

CIA, P.; BRON, I.U.; VALENTINI, S.R.T.; PIO, R.; CHAGAS, E.A. Atmosfera modificada e refrigeração para conservação pós-colheita da amora-preta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, p. 11-16, 2007.

DAUBENY, H.A. Brambles. In: RASEIRA, M.C.B.; GONÇALES, E.D.; TREVISAN, R.; ANTUNES, L.E.C.. (Ed.). **Fruit breeding, tree and tropical fruit**. New York: J. Willy, 1996. v. 1, p. 9-23.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J.A.; VOILLEY, A. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 38, p. 299–313, 1998.

DeELL, J.R.; MURR, D.P.; EHSANI-MOGHADDAM, B. Quality changes of "shiro" yellow plums in response to treatment with 1-methylcyclopropene. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 31, p. 514–525, 2008.

DILEY, D.R. Enzymes. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. p. 159-178.

DU, J.; GEMMA, H.; IWAHORI, S. Effect of chitosan coating on the storage of peach, Japanese pear and kiwifruit. **Journal of the Japanese Society for Horticulture Science**, Tokyo, v. 66, p. 15-22, 1997.

EL GHAOUTH, A.; ARUAL, J.; PONNAMAPALAM, R.; BOULET, M. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, p. 1618-1620, 1991.

EL GHAOUTH, A.; ARUL, J.; WILSON, C.; BENHAMOU, N. Biochemical and cytochemical aspects of the interaction of chitosan and *Botrytis cinerea* in bell pepper fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 312, p. 183–194, 1997.

EL GHAOUTH, A.; PONNAMPALAM, R.; CASTAIGNE, F.; ARUL, J. Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. **Horticultural Science**, London, v. 27, p. 1016-1018, 1992.

ELIZABETH STEWART HANDS AND ASSOCIATES. **Research in Salem, Oregon, USA, 2010**. Disponível em: <<http://www.whfoods.org>>. Acesso em: 23 dez. 2011.

FAO. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 10 dez. 2009.

FERNANDÉZ-TRUJILLO, J.P.; CANO, A.; ARTES, F. Interactions among cooling, fungicide and postharvest ripening temperature on peaches. **International Journal of Refrigeration**, Amsterdam, v. 23, p. 457–465, 2000.

FILGUEIRAS, H.A.C.; CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Armazenamento de ameixas sob refrigeração e atmosfera modificada - 2: colapso interno (internal breakdown) e textura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 18, n. 1, p. 129-135, 1996.

FINGER, F.L., VIEIRA, G. Fisiologia de frutos tropicais e subtropicais. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais – doenças e pragas**. Fisiologia pós-colheita de frutos tropicais e subtropicais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. v. 1, p. 1-30.

GARCIA, M.A.; MARTINO, M.N.; ZARITZKY, N.E. Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality and stability. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 46, p. 3758–3767, 1998.

GEESON, J.D. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Acta Horticulture**, Leuven, n. 258, p. 143-150, 1989.

GIRARDI, C.L.; CORRENT, A.R.; LUCCHETTA, L.; ZANUZO, M.R.; DA COSTA, T.S.; BRACKMANN, A. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv Chiripa) during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 38, p. 25–33, 2005.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A.; VALENZUELA-SOTO, A.; LIZARDI-MENDOZA, A.; GOYCOOLEA, F.; MARTÍNEZ-TELLEZ, M.A.; VILLEGAS-OCHOA, M.A.; MONROY-GARCIA, I.N.; AYALA-ZAVALA, J.F. Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya 'Maradol'. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v. 89, p. 15-23, 2009.

GOOSEN, M.F.A. **Applications of Chitin and Chitosan**. Lancaster: Technomic Publ., 1996. 320 p.

GORRIS, L.G.M.; PEPPELENBOS, H.W. Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. **Horticulture Technology**, Alexandria, v. 2, n. 3, p. 303-309, 1992.

GUNES, G.; LIU, R.L.; WATKINS, C.B. Controlled-atmosphere effects on postharvest quality and antioxidant activity of cranberry fruits. **Agricultural and Food Chemistry**, New York, v. 50, n. 21, p. 5932-5938, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp> Acesso em: 14 jan. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Framboesa dados 2007**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 04 dez. 2009.

HAFFNER, K.; ROSENFELD, H.J.; SKREDE, G.; WANG, L. Quality of red raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 24, p. 279-289, 2002.

HAN, C.; ZHAO, Y.; LEONARD, S.W.; TRABER, M.G. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus idaeus*). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 33, p. 67-78, 2004.

HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANG, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**. California: USDA Agricultural Research Serial, 1986. 130 p. (Handbook, 66).

HEINONEN, I.M.; MEYER, A.S.; FRANKEL, E.N. Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, p. 4107-4112, 1998.

HU, Y.W.; ZOU, L.D. Effect of coating chitosan on storage of apple. **Commun Plant Physiology**, v. 34, p. 17-19, 1998.

JIANG, Y.; JOYCE, D.C.; TERRY, L.A. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 23, n. 3, p. 227-232, 2001.

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 99-104, 1986.

KALT, W.; FORNEY, C.F.; MARTIN, A.; PRIOR, R. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 47, n. 11, p. 4639-4644, 1999.

KAYS, J.S. **Postharvest physiology of perishable plants products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

KLUGE, R.A.; SCARPARE FILHO, J.A.; JACOMINO, A.P.; MARQUES, C. Embalagens plásticas para pêssego 'Flordaprince' refrigerados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n. 4, p. 843-850, 1999.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; HOFFMANN, A.; BILHALVA, A.B.; FACHINELLO, J.C. Efeito de ésteres de sacarose sobre pêssegos 'BR-6' refrigerados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 109-114, 1998.

KON, S.; SCHWIMMER, S. Depolymerization of polysaccharides by active oxygen species derived from a xanthine oxidase system. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 1, p. 141–152, 1977.

KU, V.V.V.; WILLS, R.B.H.; BEN-YEHOSHUA, S. 1-Methylcyclopropene can differentially affect the postharvest life of strawberries exposed to ethylene. **Horticulture Science**, Alexandria, v. 34, p. 119–120, 1999.

KUBOTA, N.; EGUCHI, Y. Facile preparation of water-soluble N-acetylated chitosan and molecular weight dependence of its water solubility. **Polymer Journal**, London, v. 29, p. 123–127, 1997.

LAKHANPAL, P.; RAI, D.K. Quercetin: a versatile flavonoid. **Journal of Medical Update**, Curipipe, v. 2, n. 2, p. 16, 2007.

LEES, D.H.; FRANCIS, F.J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **Hortscience**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

LIGUORI, G.; WEKSLER, A.; ZUTAH, Y.; LURIE, S.; KOSTO, I. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of melting flesh peaches and nectarines. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 31, p. 263–268, 2004.

LIU, M.; LI, X.Q.; WEBER, C.; LEE, C.Y.; BROWN, J.; LIU, R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 8, n. 50, p. 2926-30, 2002.

MAHAJAN, P.V.; GOSWANI, T.K. Enzyme kinetics based modeling of respiration rate of apple. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Bath, v. 79, n. 4, p. 399-406, 2001.

MAJUMBER, K.; MAZUMDAR, B.C. Changes of pectin substances in developing fruits of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to three enzyme activity and evolution of ethylene. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 96, n. 4, p. 91-101, 2002.

MANRIQUE, G.D.; LAJOLO, F.M. Cell-Wall polysaccharide modification during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**, Pullman, v. 33, p. 11-26, 2004.

MANRIQUE, G.D.; LAJOLO, F.M. FT-IR spectroscopy as a tool for measuring degree of methyl esterification in pectins isolated from ripening papaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, p. 99-107, 2002.

MARTINS, L.P.; SILVA, S.M.; ARAÚJO, A.K.P. Qualidade de abacaxi “Golden” tratado com 1-metilciclopropeno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 12., 2009, Fortaleza/CE. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.sbfv.org.br/congresso2009/trabalhos/tema/pos-colheita/-1356.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2010.

MATHUR, N.K.; NARANG, C.K. Chitin and Chitosan: versatile polysaccharides from marine animals. **Journal of Chemical Education**, Madison, v. 67, n. 11, p. 938–942, 1990.

MAUCH, F.; HADWIGER, L.A.; BOLLER, T. Ethylene: symptom, not signal for the induction of chitinase and β -1,3-glucanase in pea pods by pathogens and elicitors. **Plant Physiology**, Chigaco, v. 76, p. 607, 1984.

MAZARO, S.M.; DESCHAMPS, C.; MIO, L.L.M.; BIASI, L.A.; GOUVEA, A.; SAUTTER, C.K. Comportamento pós-colheita de frutos de morangueiro após a aplicação pré-colheita de quitosana e acibenzolar-s-metil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, 2008.

MAZZA, G.; MINIATI, E. **Anthocyanins in fruits, vegetables and grains**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 105 p.

McCREADY, R.M.; McCOOMB, E.A. Extraction and determination of total pectin materials in fruits. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MESBAHI, G.; JAMALIAN, J.; FARAHNAKY, A. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. **Food Hydrocolloid**, London, v.19, n. 4, p. 731-738, 2005.

MILLER, N.J.; RICE-EVANS, C. The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total anti-oxidant activity of orange and apple fruit juices and black-currant drink. **Food Chemistry**, London, v. 60, p. 331-337, 1997.

MORAES, I.V.M. **Morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada**. 2005. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

NOH, J.K. **Effect of chitosan and water soluble chitosan coatings on quality of small fruits**. 2005. 72 p. Thesis (Masters of Science Degree), University of Tennessee, Knoxville, 2005.

NUNES, E.E.; VILAS BOAS, B.M.; CARVALHO, G.L.; SIQUEIRA, H.H.; LIMA, L.C.O. Vida útil de pêssegos ‘Aurora 2’ armazenados sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 438-440, 2004.

OLIVEIRA, R.P.; NINO, A.F.P.; FERREIRA, L.V. Potencial de multiplicação in vitro de cultivares de amoreira-preta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 585-589, 2007.

PAGOT, E.; HOFFMANN, A. Produção de pequenas frutas no Brasil. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 1., 2003, Vacaria. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p. 64.

PAULL, R.E.; GROSS, K.; QIU, Y. Changes in papaya cell walls during fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 16, n. 1, p. 79-89, 1999.

PEN, L.T.; JIANG, Y.M. Effects of chitosan coating on shelf life and quality of fresh cut Chinese water chestnut. **Food Science and Technology**, San Diego, v. 36, p. 359–364, 2003.

PEREIRA, W.S.P.; BELTRAN, A. Mecanismo de ação e uso do 1-MCP – bloqueador de etileno, visando prolongar a vida útil das frutas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais – doenças e pragas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 31-44.

PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J.R. Cultivar and maturity affect postharvest quality fruit from erect blackberry. **HortScience**, Alexandria, v. 31, n. 2, p. 258-261, 1996.

_____. Quality of erect-type blackberry fruit after short intervals of controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, p. 235-239, 2002.

PERKINS-VEAZIE, P.; NONNECKE, G. Physiological changes during ripening of raspberry fruit. **HortScience**, Alexandria, v. 27, p. 331-333, 1992.

PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J.K.; CLARK, J.R. Air shipment of 'Navaho' blackberry fruit to Europe is feasible. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 1, p. 132, 1997.

PILJAC-ZEGARAC, J.; SAMEC, D. Antioxidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperatures. **Food Research International**, Ottawa, v. 44, p. 345-350, 2010.

RASEIRA, M.C.B.; GONÇALVES, E.D.; TREVISAN, R.; ANTUNES, L.E.C. **Aspectos técnicos da cultura da framboeseira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 22 p. (Documento, 120).

REDDY, M.V.B.; BELKACEMI, K.; CORCUFF, R.; CASTAIGNE, F.; ARUL, J. Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, p. 39–51, 2000.

RINAUDO, M. Chitin and chitosan: properties and applications. **Progress in Polymer Science**, New York, v. 31, p. 603–632, 2006.

RINAUDO, M.; DOMARD, A. Solution properties of chitosan. In: SKJAK-BRAEK, G.; ANTHONSEN, T.; SANDFORD, P. (Ed.). **Chitin and chitosan: sources, chemistry, biochemistry, physical properties and applications**. London; New York: Elsevier, 1989. p. 71–86.

ROBERTS, G.A.F. Structure of chitin and chitosan. In: ROBERTS, G.A.F. (Ed.). **Chitin chemistry**. Basingstoke: Macmillan Press, 1992. p. 1-53.

RUOYI, K.; ZHIFANG, Y.; ZHAOXIN, L. Effect of coating and intermittent warming on enzymes, soluble pectin substances and ascorbic acid of *Prunus persica* (Cv. Zhonghuashoutao) during refrigerated storage. **Food Research International**, Ottawa, v. 38, p. 331-336, 2005.

SENHOR, R.F.; SOUZA, P.A.; ANDRADE NETO, R.C.; PINTO, A.C. Controle através de bloqueadores de etileno, **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 4, n. 2, p. 15–22, 2009.

SHIGA, F.M.; FILISETTI, T.M.C.C.; LAJOLO, F.M. Cell wall polysaccharides of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 141-148, 2003.

SJULIN, T.; ROBBINS, J. Effects of maturity, harvest date and storage time on post-harvest quality of red raspberry fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, Alexandria, v. 112, p. 481-487, 1987.

SMIRNOFF, N. The function and metabolism of ascorbic acid in plants. **Annales Botanici**, Helsinki, v. 78, n. 6, p. 661-669, 1996.

SMIRNOFF, N.; CONKLIN, P.; LOEWUS, F.A. Biosynthesis of ascorbic acid in plants: a renaissance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 52, p. 437-467, 2001.

SOUZA, M.B. Framboesa: qualidade pós-colheita. **Folha de Divulgação AGRO**, n. 556, p. 6, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

UNITED STATES. Department of Agriculture. **Nutrients values list, 2006**. Disponível em: <[www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/ search](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search)>. Acesso em: 20 jan. 2010.

TASDELEN, O.; BAYINDIRLI, L. Controlled atmosphere storage and edible coating effects on storage life and quality of tomatoes. **Journal of Food Processing and Preservation**. Westport, v. 22, p. 303–320, 1998.

TAVARES, L.B.B.; CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Using modified atmosphere in the storage of two peaches cvs (*Prunus persica* (L.)). Batsch: 1. Potencial of conservation and quality. **Arquivo de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 34, n. 3/4, p. 401-413, 1991.

TEIXEIRA, G.H.A.; DURIGAN, J.F.; SANTOS, L.O.; HOJO, E.T.D.; CUNHA, L.C.J. Changes in the quality of jaboticaba fruit (*Myrciaria jaboticaba* (Vell) Berg. Cv. Sabará) stored under different oxygen concentrations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 91, p. 2844–2849, 2011.

TIAN, M.S.; PRAKASH, S.; ELGAR, H.J.; YOUNG, H.; BURMEISTER, D.M.; ROSS, G.S. Responses of strawberry fruit to 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene. **Plant Growth Regulation**, New York, v. 32, p. 83–90, 2000.

VICENTE, A.R.; COSTA M.L.; MARTINEZ, G.A. Effect of heat treatments on cell wall degradation and softening in strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Orlando, v. 38, n. 3, p. 213-222, 2005.

VILAS BOAS, E.V.B. 1-MCP: um inibidor da ação do etileno. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS: PATOLOGIA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS E HORTALIÇAS, 3, 2002, Lavras. **Palestras...** Lavras: FAEPE, 2002. p. 9-18.

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

WILLATSA, W.G.T.; KNOX, J.P.; MIKKELSEN, J.D. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. **Trends in Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 17, p. 97–104, 2006.

ZHANG, D.L.; QUANTICK, P.C. Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. **Journal of Horticulture Science and Biotechnology**, Ashford, v. 73, p. 763–767, 1998.

ANEXOS

Figura 19 – Framboesas 'Autumn Bliss' armazenadas por 12 dias, em diferentes temperaturas e $90 \pm 5\%$ de UR.

Figura 20 – Framboesas 'Autumn Bliss' acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 15 dias.

Figura 21 – Framboesas 'Autumn Bliss' submetidas a diferentes concentrações de 1-MCP e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 12 dias

Figura 22 – Framboesas 'Autumn Bliss' tratadas na pós-colheita com diferentes concentrações de quitosana e armazenadas a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR, por 15 dias.

Figura 23 – Framboesas 'Autumn Bliss' tratadas na pré-colheita com diferentes concentrações de quitosana e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 12 dias.

Figura 24 – Framboesas ‘Autumn Bliss’ submetidas a diferentes tratamentos pós-colheita e armazenadas a $0\pm1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm5\%$ UR, por 20 dias.