

**MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE
MORANGOS SUBMETIDOS AO 1-MCP E
ARMAZENADOS EM TEMPERATURA
AMBIENTE E REFRIGERADA**

POLYANNA ALVES SILVA

2010

POLYANNA ALVES SILVA

**MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE MORANGOS SUBMETIDOS AO
1-MCP E ARMAZENADOS EM TEMPERATURA AMBIENTE E
REFRIGERADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica/ Agrobioquímica para a obtenção do título de "Doutor".

Orientadora
Profª. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2010

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

Silva, Polyanna Alves.

Manutenção da qualidade de morangos submetidos ao 1-MCP e armazenados em temperatura ambiente e refrigerada / Polyanna Alves Silva. – Lavras : UFLA, 2010.

137 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Celeste Maria Patto de Abreu.

Bibliografia.

1. Pós-colheita. 2. 1-Metilciclopropeno. 3. Amadurecimento. 4. Armazenamento. 5. Sanitizantes. 6. Vitamina C. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.8047568

POLYANNA ALVES SILVA

**MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE MORANGOS SUBMETIDOS AO
1-MCP E ARMAZENADOS EM TEMPERATURA AMBIENTE E
REFRIGERADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica/ Agrobioquímica, para a obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 22 de abril de 2010.

Profa. Dra. Adelir Aparecida Saczk UFLA

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima UFLA

Prof. Dr. Luís Roberto Batista UFLA

Pq. Dr. Emerson Dias Gonçalves EPAMIG

Profa. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu

UFLA

(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus.

Aos meus pais, Ronaldo e Maria Helena.

Ao meu irmão, Breno.

Ao meu marido, Alexandre.

Enfim, a toda a minha família,

OFEREÇO

A razão primordial de toda a superioridade humana
é, sem dúvida, a vontade. O poder nasce do querer.
Sempre que o homem aplicar a veemência e a perseverante
energia de sua alma a um fim, ele vencera obstáculos e,
se não atingir o alvo, pelo menos fará coisas admiráveis.

José de Alencar

Muito obrigada!!!

AGRADECIMENTOS

A Deus, eterno, invisível, mas real. Com sua grandeza e bondade infinitas, dota de sabedoria pesquisadores e cientistas para ter a primazia de estudar os mistérios de sua criação.

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Química e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade e colaboração para o desenvolvimento deste trabalho.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais, Ronaldo e Maria Helena Silva, pelo amor, segurança e ensinamentos de vida. Em tantas lutas, proporcionaram-me condições para a realização de mais uma etapa.

Aos meus familiares, em especial ao meu irmão Breno, pela felicidade de sermos também amigos. Ao meu noivo, Alexandre de Abreu Porto, que, sempre ao meu lado, proporcionou segurança, carinho e compreensão.

À professora Celeste Maria Patto de Abreu, pela orientação, apoio estímulo, conhecimento e sugestões apresentadas.

Aos meus coorientadores, Angelita Duarte Corrêa, Luis Roberto Batista e Adelir Aparecida Saczk, pela contribuição, atenção e amizade.

A todos os professores do curso, pelos ensinamentos e amizade.

Aos amigos da UFLA que nos acompanharam, sempre confiantes durante toda esta caminhada, em especial aos amigos do Laboratório de Bioquímica, Estefânia, Luciana, Cristian, Anderson, Lívia, Rafaella, Gislaine, Cristina, enfim, a todos que me ajudaram.

À amiga Estela, pela colaboração com sugestões, análises e participação durante todo preparo deste trabalho e, principalmente, pela amizade e companheirismo.

Aos técnicos e funcionários do DQI e do DCA, que sempre dedicaram um pouco da sua atenção, no intuito de colaborar quando preciso. Em especial a Miriam, Xulita e Ana Cristina.

A toda a equipe de trabalho do Laboratório de Bioquímica e a todos aqueles que, anonimamente e de alguma forma, colaboraram para o êxito desta obra.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
Resumo Geral.....	i
General Abstract.....	ii
CAPÍTULO 1:	1
1 Introdução Geral.....	1
1.1 Objetivo Geral.....	3
1.2 Objetivos Específicos.....	3
2 Referencial Teórico.....	4
2.1 Aspectos gerais do morango.....	4
2.2 Produção brasileira de morangos.....	5
2.3 A cultura do morango em Minas Gerais.....	6
2.4 Características da cultivar Oso-Grande.....	8
2.5 Segurança alimentar.....	8
2.5.1 Aspectos microbiológicos	10
2.5.2 Sanitizantes.....	13
2.6 O uso do 1-MCP como inibidor de etileno.....	14
2.7 Aparência.....	15
2.8 Acidez titulável (AT) e pH.....	17
2.9 Sólidos solúveis e açúcares.....	18
2.10 Vitamina C.....	20
2.11 Antocianinas.....	22
2.12 Transformações químicas durante o amadurecimento.....	23
2.13 Modificações na parede celular durante o amadurecimento.....	24

	Página
2.14 Enzimas hidrolíticas.....	27
3 Referências Bibliográficas.....	30
CAPÍTULO 2: Sanitizantes na qualidade microbiológica de morangos ‘Oso-grande’.....	39
1 Resumo.....	39
2 Abstract.....	40
3 Introdução.....	41
4 Material e Métodos.....	43
4.1 Matéria-prima.....	43
4.2 Tratamentos.....	43
4.3 Preparo das amostras e instalação do experimento.....	43
4.4 Análises microbiológicas.....	44
4.4.1 Contagem de coliformes a 35°C e coliformes termotolerantes pelo método do número mais provável (NMP).....	44
4.4.1.2 Coliformes a 35°C.....	44
4.4.1.3 Coliformes termotolerantes.....	45
4.4.2 Detecção de <i>Salmonella</i> spp.....	45
4.4.3 Contagem de aeróbios psicrotrófilos.....	45
4.4.4 Isolamento e identificação de fungos e contagem de leveduras.....	46
4.4.4.1 Diluição selada.....	46
5 Resultados e Discussões.....	48
6 Conclusão.....	52
7 Referências Bibliográficas.....	53
CAPÍTULO 3: Determinação de vitamina C em morangos, utilizando as técnicas colorimétricas e HPLC.....	55
1 Resumo.....	55

	Página
2 Abstract.....	56
3 Introdução.....	57
4 Material e Métodos.....	59
4.1 Matéria-prima.....	59
4.2 Delineamento experimental.....	59
4.3 Preparo das amostras e instalação do experimento.....	59
4.4 Vitamina C.....	59
4.5 Análise estatística.....	60
5 Resultados e Discussões.....	61
6 Conclusão.....	64
7 Referências Bibliográficas.....	65
CAPITULO 4: Qualidade de morangos ‘Oso-grande’ submetidos ao 1-Metilciclopropeno e armazenados a temperatura ambiente.....	67
1 Resumo.....	67
2 Abstract.....	68
3 Introdução.....	69
4 Material e Métodos.....	70
4.1 Matéria-prima.....	70
4.2 Delineamento experimental.....	70
4.3 Preparo das amostras e instalação do experimento.....	70
4.4 Análises físicas.....	71
4.4.1 Perda de massa.....	71
4.4.2 Firmeza.....	71
4.5 Análises químicas.....	72
4.5.1 pH.....	72

	Página
4.5.2 Sólidos solúveis (SST).....	72
4.5.3 Acidez titulável (AT).....	72
4.5.4 Extração e análise de açúcares totais, redutores e não-redutores.....	72
4.5.5 Vitamina C.....	73
4.5.6 Pectina total e solúvel.....	73
4.5.7 Porcentagem de solubilização.....	73
4.5.8 Análises bioquímicas.....	74
4.5.8.1 Atividade da pectinametilesterase (PME).....	74
4.5.8.2 Atividade da poligalacturonase (PG).....	74
4.5.9 Análise estatística.....	74
5 Resultados e Discussões.....	75
5.1 Perda de massa.....	75
5.2 Firmeza.....	76
5.3 pH.....	78
5.4 Sólidos solúveis.....	79
5.5 Acidez titulável.....	80
5.6 Açúcar total, redutor e não-redutor.....	81
5.7 Vitamina C.....	84
5.8 Pectina total, solúvel e porcentagem de solubilização.....	86
5.9 Atividade da poligalacturonase (PG) e da pectinametilesterase (PME).....	90
6 Conclusão.....	93
7 Referências Bibliográficas.....	94
CAPITULO 5: Qualidade de morangos, submetidos ao 1-metilciclopropeno e armazenados sob refrigeração.....	99
1 Resumo.....	99

	Página
2 Abstract.....	100
3 Introdução.....	101
4 Material e Métodos.....	102
4.1 Matéria-prima.....	102
4.2 Delineamento experimental.....	102
4.3 Preparo das amostras e instalação do experimento.....	102
4.4 Análises físicas.....	103
4.4.1 Perda de massa.....	103
4.5 Análises físico-químicas e químicas.....	103
4.5.1 pH.....	103
4.5.2 Sólidos solúveis (SST).....	104
4.5.3 Acidez titulável (AT).....	104
4.5.4 Extração e análise de açúcares totais, redutores e não-redutores.....	104
4.5.5 Vitamina C.....	104
4.5.6 Antocianina.....	105
4.5.7 Pectina total e solúvel.....	105
4.5.8 Porcentagem de solubilização.....	106
4.5.9 Análises bioquímicas.....	106
4.5.9.1 Atividade da pectinametilesterase (PME).....	106
4.5.9.2 Atividade da poligalacturonase (PG).....	106
4.5.10 Análise estatística.....	106
5 Resultados e Discussões.....	107
5.1 Perda de massa.....	107
5.2 pH.....	108
5.3 Sólidos solúveis totais.....	110

	Página
5.4 Acidez titulável (AT).....	111
5.5 Açúcar total, redutor e não-redutor.....	112
5.6 Vitamina C.....	115
5.7 Antocianina.....	117
5.8 Pectina total, solúvel e percentagem de solubilização.....	118
5.9 Atividade da poligalacturonase e da pectinametilesterase.....	121
6 Conclusão.....	125
7 Referências Bibliográficas.....	126
ANEXOS.....	130

RESUMO GERAL

SILVA, Polyanna Alves. **Manutenção da qualidade de morangos submetidos ao 1-MCP e armazenados em temperatura ambiente e refrigerada.** 2010. 137 p. Tese (Doutorado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

A cultura do morango tem se destacado muito no Brasil, nos últimos anos, à sua importância econômica. Com a mudança dos hábitos alimentares ocorridos nos últimos anos, os consumidores passaram a exigir atributos de qualidade para as frutas e hortaliças, tais como aparência, sabor, odor, valor nutricional e ausência de defeitos. Estudos têm demonstrado a eficiência do 1-metilciclopropeno (1-MCP) em inibir a ação do etileno na pós-colheita, estendendo, assim, a vida útil desses produtos. Neste estudo foram avaliadas a qualidade de morangos submetidos ao 1-MCP na concentração de 100 nL L⁻¹ por exposição de 2 horas e armazenados à temperatura ambiente e refrigerada e a influência de dois tipos de sanitizantes, além de ter sido realizada uma comparação entre os métodos de HPLC e colorimetria, para a determinação de Vitamina C em morangos. O uso de sanitizantes foi de fundamental importância, mantendo baixas as contagens de fungos filamentosos e leveduras, tendo o dicloro isocianurato a 200 mg L⁻¹ o que apresentou os melhores resultados. A determinação via HPLC detectou maiores teores de vitamina C. O 1-MCP, na concentração de 100 nL L⁻¹, aplicado nos morangos, por exposição de 2 horas em câmara hermeticamente fechada, seguido do armazenamento por seis dias à temperatura ambiente, foi eficiente em retardar o amaciamento dos frutos. E, quando foram armazenados por 18 dias sob refrigeração, foi eficiente em estender a vida útil desses frutos por 8 dias.

Palavras-chave: Armazenamento. Pós-colheita. 1-Metilciclopropeno. Vitamina C.

* Comitê Orientador: Dra. Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA (Orientadora), Dra. Angelita Duarte Corrêa – UFLA, Dr. Luís Roberto Batista – UFLA, Dra. Adelir Aparecida Saczk - UFLA.

GENERAL ABSTRACT

SILVA, Polyanna Alves. **Quality maintenance of strawberries submitted to 1-MCP and stored at room and refrigerated temperature.** 2010. 137 p. Thesis (Doctorate in Agrochemistry) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

The the economical importance of the strawberry culture in Brazil has stood out a lot in in recent years. With the change of eating habits occurred in the recent past, the consumers have started to demand quality attributes of the fruits and vegetables, such as appearance, flavor, aroma, nutritional value and absence of defects. Studies have been demonstrating the efficiency of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in inhibiting the postharvest action of ethylene, thus extending, the shelflife of these products. In this study, the quality of strawberries submitted to 1-MCP at a concentration of 100 nL L⁻¹ by a 2 hour exposure and stored at room and refrigerated temperature and the influence of two types of sanitizing agents were appraised. Furthermore, a comparison was conducted between the HPLC and colorimetry methods for vitamin C determination in strawberries. The use of sanitizers was of fundamental importance, maintaining the filamentous fungi and yeast count low, dichloroisocyanurate at 200 mg L⁻¹ being that which presented the best results. The determination through HPLC detected higher vitamin C levels. The 1-MCP, at the concentration of 100 nL L⁻¹, applied in the strawberries, for a 2 hour exposure in a tightly closed chamber, followed by storage for six days at room temperature was efficient in delaying the softening of the fruits. When stored for 18 days under refrigeration, it was efficient in extending the shelflife of these fruits for 8 days.

Keywords: Storage. Postharvest. 1- Methylcyclopropene. Vitamin C.

* Orientation committee: Dra. Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA (Advisor), Dra. Angelita Duarte Corrêa – UFLA, Dr. Luís Roberto Batista – UFLA, Dra. Adelir Aparecida Saczk - UFLA.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os frutos são componentes essenciais da dieta humana. Eles se caracterizam por não possuírem colesterol e apresentar baixos teores de gorduras. Desempenham importante papel nutricional na alimentação diária, fornecendo vitaminas, minerais, fibras e energia, além de serem os produtos que mais correspondem às expectativas sensoriais dos consumidores, por satisfazerem às suas exigências e apelos por produtos agradáveis à visão, paladar, olfato e tato.

Na literatura mundial, é muito utilizada a expressão “pequenos frutos” para designar culturas pequenas, como as de morango, framboesa e amora-preta, dentre outras. A principal espécie cultivada desse grupo no Brasil é o morango. Em todo o mundo, o morango é apontado como a mais importante das pequenas frutas, sendo bastante apreciada pelo seu aspecto atrativo e por suas qualidades sensoriais e nutricionais.

A cultura comercial do morangueiro no Brasil é relativamente nova. As poucas informações existentes na literatura relatam que esta se deu na década de 1950, na região da encosta da serra do sudeste do Rio Grande do Sul, de onde se expandiu para o restante do país. Atualmente, é cultivado em grande parte do território nacional, com destaque para a região sul-mineira, principal região produtora do país. Na região de Itutinga, MG, a cultura do morango encontra-se em fase de implantação.

Por serem tecido vivo, os morangos estão sujeitos a processos fisiológicos importantes quando colhidos, como a respiração e a transpiração. Logo, estão submetidos a mudanças constantes após a colheita, de caráter irreversível. Algumas dessas mudanças são desejáveis, pois contribuem para

melhorar o aspecto, sabor e aroma. Entretanto, a maioria não é desejável, pois contribui para a perda da qualidade.

O morango é um fruto muito perecível, com alta taxa respiratória e curta vida pós-colheita. As injúrias causadas durante a colheita, transporte e comercialização, deixam a fruta susceptível ao ataque de microrganismos, provocando perdas nutricionais e econômicas.

O cultivo do morangueiro no campo é afetado por fatores pré-colheita que contribuem para a sua qualidade na pós-colheita. Assim, as práticas culturais, adubação, tratamentos fitossanitários, qualidade da muda, condições climáticas e disponibilidade de água, são fatores importantes para se obter um produto com qualidade aceitável.

A introdução de cultivares mais adaptadas e de novas técnicas de cultivo, a partir da década de 1980, bem como a maior oferta de mudas com sanidade controlada, vem contribuindo para um maior desenvolvimento da cultura no Brasil. Portanto, a escolha das cultivares para a utilização na exploração da cultura do morangueiro é um dos pontos-chave para se obter sucesso nessa atividade, pois suas características, submetidas às condições ecológicas da região, somadas ao manejo adotado, é que vão determinar a produtividade e a qualidade do produto final e, até mesmo, influenciar na comercialização, dada a preferência de alguns mercados por frutos com determinadas características.

Mesmo o fruto tendo sido produzido nas melhores condições de pré-colheita, há de se ter alguns cuidados para que sua qualidade seja estendida por um maior tempo possível, evitando perdas consideráveis.

Várias técnicas têm sido utilizadas para minimizar essas perdas. Estudos sobre conservação de frutos têm demonstrado a eficiência do 1-metilciclopropeno (1-MCP) em inibir a ação do etileno na pós-colheita, pois este composto liga-se ao receptor do etileno, prevenindo sua ação fisiológica sobre as frutas, estendendo, assim, a sua vida útil.

1.1 Objetivo geral

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade de morangos submetidos ao 1-MCP e armazenados, por seis dias, à temperatura ambiente e dezoito dias sob refrigeração.

1.2 Objetivos específicos

Especificamente, buscou-se:

- . avaliar a eficiência de dois tipos de sanitizantes;
- . adequar uma metodologia para as análises de vitamina C por HPLC;
- . avaliar as mudanças ocorridas nas características físicas e químicas dos frutos, durante o armazenamento com e sem refrigeração.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais do morango

O morangueiro pertence à família Rosaceae, ao gênero *Fragaria* e tem cerca de dezoito espécies e quatro híbridos. A espécie *Fragaria x ananassa* Duch. Ex Rozier, que é um híbrido resultante do cruzamento entre as espécies *F. chiloensis* e *F. virginiana*, é a mais cultivada atualmente. Inicialmente utilizado para fins ornamentais e medicinais em jardins europeus, hoje o morangueiro vem sendo cultivado em todo o mundo. Graças ao melhoramento, já é possível encontrar variedades adaptadas às mais variadas condições de cultivo (United States Department of Agriculture - USDA, 2010).

O morangueiro possui sistema radicular do tipo fasciculado, herbáceo e superficial. A parte que sobressai da terra, denominada coroa, origina o eixo caulinar. O processo de florescimento é extremamente dependente dos fatores ambientais. A temperatura, o fotoperíodo e a interação entre ambos destacam-se com grande relevância. Após a fecundação, os óvulos convertem-se em aquênios que estimulam o desenvolvimento do receptáculo que, uma vez transformado em carnoso, constitui um pseudofruto ou uma infrutescência que recebe o nome de morango (Silva, 2007).

A cultura do morango é praticada em área de meia-encosta ou em áreas de maior altitude, como nos planaltos serranos ou, ainda, na região da serra da Mantiqueira, na Zona da Mata (Sargent et al., 2004).

De acordo com o modelo de respiração, os frutos podem ser divididos em climatéricos e não climatéricos. O morango está no grupo dos frutos não climatéricos, no qual ocorre uma diminuição gradual da respiração e não há produção de etileno endógeno. Nesse grupo, os frutos maduros na colheita (maturação de consumo) não aumentam sua qualidade sensorial depois de

colhidos. Por esse motivo, esse tipo de fruto é colhido com valores muito próximos ao de sua maturação de consumo. O morango produz baixos níveis de etileno ($<0,1 \text{ ml kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e não responde a aplicações de etileno exógeno quando estimulado seu processo de maturação (Cantillano, 2006).

2.2 Produção brasileira de morangos

A produção brasileira de morangos tem crescido nos últimos anos. Apesar de os dados estatísticos não serem precisos, estima-se uma produção anual de 100 mil toneladas, com área ocupada de 3.500 ha. Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul são os maiores estados produtores de morango do Brasil. Entretanto, o volume de exportação dessa rosácea é extremamente baixo, se comparado com o das demais frutas exportadas pelo Brasil, com variação negativa de 73%, entre 2004 e 2005. Concentrado nas regiões sudeste e sul do Brasil, o morango pode ser encontrado no mercado em quase todos os períodos do ano.

Os consumidores vêm modificando seus hábitos alimentares e, cada vez mais, associam o morango à sua dieta, seja para a prevenção de doenças ou para melhorar a qualidade de vida. A aquisição do morango pelos consumidores dá-se a partir de critérios de qualidade, como cor, forma e peso, além do odor e do próprio frescor do produto. Diferente de outras frutas, na maioria das vezes, há identificação da variedade comercializada. Isso implica em diferenças na qualidade sensorial, o que confunde o consumidor na hora da escolha (Fachinello et al., 2003).

A presença de morangos nas gôndolas dos supermercados, em feiras e sacolões de hortifrutigranjeiros deve-se muito aos avanços, ocorridos nos últimos dez anos, no sistema de produção. Para variedades mais produtivas, antes, a média era de 200 g/planta e, hoje, pode ser superior a 1.000 g/planta (Lunati, 2006).

2.3 A cultura do morango em Minas Gerais

A cultura do morangueiro foi introduzida no sul de Minas Gerais por produtores de hortaliças. Segundo informações de moradores locais mais antigos, isso aconteceu na comunidade rural de Ribeirão das Pedras, município de Estiva, por volta de 1958. Posteriormente, ela se estendeu para as comunidades rurais de vale do rio do Peixe, no município de Cambuí, e de Cruz Alta, no município de Pouso Alegre. Em decorrência dos bons resultados econômicos obtidos com o cultivo, a atividade expandiu-se rapidamente para outras comunidades rurais desses municípios e de outros.

Outro fator preponderante que contribuiu para a adesão de novos produtores e para o aumento de área plantada foi a sua localização próxima a Rodovia Fernão Dias (BR 381) e, conseqüentemente, aos grandes centros consumidores, como São Paulo e Rio de Janeiro. Outra região que se destaca na produção de morango é a Central que, de forma semelhante à do Sul de Minas, se localiza às margens de uma rodovia com grande fluxo de transportes, que é a BR 040, que liga Belo Horizonte ao Rio de Janeiro. Nessa região, a cultura foi introduzida em 1978, na comunidade rural de Pinheiro Grosso, município de Barbacena e, em 1984, no município de Alfredo Vasconcelos. Atualmente, em menor escala de produção, encontram-se cultivos de morango em várias regiões do estado, entre elas a do Triângulo Mineiro, a do Alto Paranaíba e a da Zona da Mata (Empresa Brasileira de Extensão Rural/MG - EMATER, 1983).

Minas Gerais é o maior produtor nacional de morangos, produzindo cerca de 40 mil toneladas/ano (o equivalente a 40% da produção nacional), seguido por São Paulo, com 29 mil toneladas/ano e por Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Espírito Santo e Rio de Janeiro (Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo - CEAGESP, 2004).

Em 2003, a área cultivada em Minas Gerais foi de 1.196,5 hectares, com produção de 40.561,3 toneladas e índice de área média por produtor de 0,4 hectares.

Um fator limitante e restritivo à expansão da área cultivada pode ser o baixo consumo *per capita*, seja em razão do preço do produto, seja pela inibição de consumo decorrente da frequente notificação, na mídia, de contaminações por agrotóxicos (Anuário..., 2006).

A importância social e econômica da cultura de morango em Minas Gerais evidencia-se por ela ser a principal fonte de emprego e renda para a maioria dos produtores, classificados como agricultores familiares porque utilizam mão-de-obra oriunda dos próprios membros da família. O enquadramento do produtor na categoria de familiar é feito com base nos critérios e pré-requisitos estabelecidos pelo Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), da Secretaria da Agricultura Familiar. Estima-se que, em média, a atividade gere um capital de cerca de R\$ 68,56 milhões relativos ao valor da produção comercializada por 4.689 produtores. Em toda a cadeia produtiva de morango estão envolvidas, direta e indiretamente, 31 mil pessoas. Estima-se que sejam gerados, anualmente, 600 empregos (Carvalho, 2006).

No campo da pesquisa, observa-se um avanço considerável nos últimos anos, tanto no número de pesquisadores e projetos quanto na destinação de recursos específicos para a pesquisa com morango. Contudo, produtores e profissionais da assistência técnica oficial e particular demandam mais pesquisas em fertirrigação, introdução de cultivares, matrizes, controle fitossanitário, produção orgânica, cultivo protegido, manejo e fisiologia de pós-colheita (Sanhuenza, 2006).

2.4 Características da cultivar Oso-Grande

A origem da cultivar Oso-Grande está na Universidade da Califórnia, EUA, em 1987. Caracteriza-se por ser de dias curtos e de grande adaptabilidade. É uma planta vigorosa, com folhas grandes, coloração verde-escura, ciclo mediano e elevada capacidade produtiva. Seus frutos são de tamanho grande e doces; a polpa tem textura firme no início da produção e mediana no final da colheita, coloração vermelho-clara e é aromática. Seu sabor é subácido, próprio para consumo *in natura* e tem grande aceitação no mercado. É tolerante ao fungo *Botrytis cinerea* e susceptível à mancha-de-micosfarella (*Mycosphaerella fragariae*) e à antracnose (*Colletotrichum fragariae* e *Colletotrichum acutatum*) (Santos, 1999).

2.5 Segurança alimentar

Do ponto de vista de qualidade, a segurança alimentar significa garantir ao consumidor a aquisição de alimentos com atributos nutricionais e sanitários adequados às suas necessidades. Nesse sentido, implica alimentos de boa qualidade, livres de contaminações de natureza química, biológica ou física ou de outra substância que possa acarretar problemas à saúde do consumidor. A importância desse aspecto da segurança alimentar tem crescido em virtude do desenvolvimento de novos processos de industrialização de alimentos e de novas tendências de comportamento do consumidor (Conferência..., 2004).

Diversos fatores têm contribuído para o aumento do interesse da população pela qualidade dos alimentos. Dentre eles estão o crescimento das populações urbanas consumidoras de produtos industrializados, o crescimento das demandas por melhores produtos e serviços e o aumento das informações sobre a saúde, o meio ambiente e o bem-estar (Conferência..., 2007).

A adulteração e a contaminação de alimentos constituem num sério problema de saúde pública, podendo causar diversas enfermidades e agravar os

problemas nutricionais. Isso faz com que o consumidor aja de modo mais ativo, passando a exigir alimentos com atributos gastronômicos e nutricionais considerados seguros. Por isso, as decisões de compra de alimentos, tradicionalmente baseadas em aspectos como variedade, conveniência, estabilidade de preço e valor, passam cada vez mais a envolver aspectos adicionais, como qualidade, nutrição, segurança e sustentabilidade ambiental (Belik, 2003).

A exigência por produtos de melhor qualidade é orientada por duas preferências: a primeira, definida pelas qualidades extrínsecas do produto, isto é, aparência, cor, tamanho e formato; a segunda, por qualidades intrínsecas, tais como ausência de resíduos químicos, aditivos ou conservantes, valor nutricional e o aspecto de confiança no produto ou na empresa. O mercado mundial, consumidor de frutas *in natura* ou processadas, estabelece normas fitossanitárias rigorosas para a importação desses produtos, o que exige uma visão diferenciada na produção de frutas, priorizando a qualidade e o meio ambiente (Pinheiro & Carvalho, 2008).

O sistema de produção adotado pelo produtor deve priorizar a utilização de métodos naturais, agronômicos, biológicos e biotecnológicos de controle de pragas e doenças, que minimizem o uso de produtos químicos. Os tratamentos fitossanitários devem ser feitos somente com produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, atendendo às recomendações do rotulo e o prazo de carência dos produtos, na qualidade mínima exigida, e somente se justificada a necessidade. Os equipamentos empregados para as aplicações devem ser seguros e eficientes. Além da manutenção e da calibração dos pulverizadores, a aplicação dos produtos fitossanitários deve ser feita no momento certo, com o operador devidamente treinado e utilizando todos os equipamentos de proteção individual. As embalagens vazias e os restos de produtos químicos vencidos devem ser destinados a uma usina de reciclagem

credenciada pelos ministérios do Meio Ambiente, Saúde e Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2006).

2.5.1 Aspectos microbiológicos

Durante a colheita dos produtos vegetais, a temperatura ambiente é a mais favorável para o desenvolvimento de microrganismos que deterioram os produtos (Vendruscolo & Vendruscolo, 2005).

A produção de morango exige cuidados muito especiais, já que o morangueiro é muito susceptível às doenças e pragas, como ácaros, formigas e pulgões. A flor-preta (*Colletotrichum acutatum*) – uma das principais pragas – e insetos, como a lagarta, podem trazer grande prejuízo. O único modo de proteger a safra de morangos está no emprego de inseticidas e fungicidas (Fortes, 2005).

O cultivo de morangueiro está sujeito a vários fatores que causam a perecibilidade dos frutos e contribuem para a redução da produtividade. Dentre eles, a ocorrência de um número considerável de doenças, que se sobressai como um dos mais significativos e que exige rigoroso controle químico desde a implantação até a comercialização dos frutos. Esse controle, além de oneroso, representa difícil compatibilidade com as colheitas diárias e, conseqüentemente, risco à saúde dos consumidores (Brackmann et al., 2002).

O morango é considerado uma das frutas mais sensíveis ao apodrecimento. Os responsáveis por essa rápida deterioração são os fungos dos gêneros *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Penicillium*, *Phomopsis* e *Rhizopus* (Fortes, 2005).

A podridão pós-colheita, causada por *Botrytis cinérea* e outros fungos, é particularmente séria, devido às perdas que ocasionam aos frutos custos de armazenamento, embalagens, resfriamento e transporte, além do mercado ser desvalorizado como resultado de um produto pouco satisfatório. Os frutos podem ser afetados em qualquer estágio de desenvolvimento e tanto em

condições de campo como pós-colheita. Isso pode ser reduzido pelo controle da qualidade na colheita, imediato resfriamento e o armazenamento em baixas temperaturas, que é um dos métodos mais eficientes para prolongar a vida pós-colheita dos frutos (Brackmann et al., 2002).

Os fatores ambientais que mais favorecem a incidência das doenças são altas umidades e temperatura ao redor de 20°C. Tais condições podem ser alcançadas durante o inverno, no estado de São Paulo, principalmente em relação à umidade relativa, pois, embora seja uma estação seca, são feitas irrigações quase que diariamente (Cantillano, 2005).

As condições ambientais das regiões mineiras onde se cultivam morangos favorecem a disseminação de doenças, tais como antracnose, mancha-de-micosferela, mancha-angular, a murcha-de-*Verticillium* e a podridão-do-colo e do rizoma, causadas por *Phytophthora* e *Botrytis cinerea* (mofo cinzento), o que torna necessário o controle periódico, quase sempre realizado por meio de pulverizações de defensivos agrícolas (Fortes, 2005).

Um dos métodos mais indicados para o controle dessa podridão de frutos é a aplicação de fungicidas. Nesse sentido, a partir de 1969, no estado de São Paulo, fungicidas convencionais, como Captan, que vinham sendo utilizados no controle dessa e de outras doenças do morangueiro (mancha-de-micosferela, antracnose), foram gradualmente substituídos por benomyl, pertencente ao grupo dos benzimidazóis. Apesar da alta eficiência deste produto, alguns anos após a sua introdução, têm-se observado falhas no controle do mofo cinzento, o que é atribuído à seleção de linhagens de *B. cinerea* resistentes a esse fungicida (Mattos, 2005).

A aplicação de fungicidas, a fim de viabilizar economicamente a cultura, eleva o risco de contaminação do fruto, devido à prática comum de se comercializar o morango imediatamente após o uso do agrotóxico. Soma-se a isso o fato de que, nem sempre, o agricultor segue as recomendações dos

receituários agronômicos, os quais contêm informações a respeito do emprego de produtos autorizados por lei e de sua aplicação adequada. Com base nesses fatos, existe, entre os consumidores, a crença de que os morangos comercializados estão contaminados com resíduos de agrotóxicos, havendo, inclusive, pessoas que deixam de consumi-los, com receio de intoxicação (Silva, 2007).

A durabilidade dos morangos colhidos é muito influenciada pela temperatura de armazenamento. Sua vida útil pode ser de um dia apenas, se armazenados a 20°C; por dois a três dias, a 12°C; de três a quatro dias, a 6°C e de cinco a dez dias, a 0°C e umidade de 90% a 95% (Domingues, 2000).

Temperaturas baixas reduzem o metabolismo e a taxa da respiração de frutos e hortaliças, além de retardar outros processos fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos, causadores da deterioração. Entre as diversas variedades da mesma espécie de fruto ou hortaliça, existem grandes diferenças de sabor, cor, tamanho, forma, odor, textura, armazenamento, resistência a danos no transporte, nutrientes, resistência a doenças e pragas, espessura da casca, tamanho e número de sementes, rendimento por área, época de maturação e outras propriedades, que irão afetar a adequabilidade do fruto ou hortaliças, para este ou aquele determinado método de conservação (Arruda, 2002; Bicalho et al., 2000; Bron, 2001).

O fenômeno de perda de eficiência de defensivo agrícola tem causado considerável dificuldade ao homem moderno, em seus esforços para controlar organismos nocivos pelo uso de compostos tóxicos. Em morangos tratados com benomyl, foram isoladas formas resistentes *Colletotrichum fragariae* e *C. acutatum*, que suportaram até 1.000 mg L⁻¹ do fungicida (Tanaka et al., 1997).

2.5.2 Sanitizantes

A sanitização é uma etapa de relevância no processamento de frutas e hortaliças e o cloro, nas suas varias formas, é o sanitizante mais usado em alimentos. Os compostos à base de cloro são germicidas de amplo espectro de ação que reagem com as proteínas da membrana de células microbianas, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares. A efetividade germicida do cloro depende da sua concentração na forma ativa, que é o ácido hipocloroso (HOCL), não dissociado, presente na solução sanitizante (Antoniolli et al., 2005).

A atividade antimicrobiana dos produtos clorados depende amplamente da quantidade de cloro livre disponível, particularmente na forma de ácido hipocloroso que, por sua vez, depende do pH da água e da quantidade de matéria orgânica, além da temperatura da água. Em soluções aquosas, o equilíbrio entre ácido hipocloroso e o íon hipoclorito (OCl⁻) depende do pH, aumentando o primeiro à medida que o pH e a temperatura diminuem. Por esta razão, as soluções de lavagem se ajustam comumente a um pH entre 6,5 e 7,5. Um pH superior a 7,5 somente permite que pequena quantidade de cloro permaneça em sua forma ativa, o qual é rapidamente convertido ao íon hipoclorito, que requer um tempo mais longo para ter atividade antimicrobiana. Um pH inferior a 6,0 induz a formação de gás nocivo (Cl₂), que não serve como um desinfetante efetivo (Martinez-Téllez et al., 2005).

O hipoclorito de sódio, comercializado sob a forma líquida em teores de 1% a 10% de cloro residual total, é o mais usado dentre os compostos clorados inorgânicos. Os compostos clorados, com exceção do dióxido de cloro, apresentam uma forma semelhante de ação bactericida; quando quaisquer produtos clorados inorgânicos ou orgânicos estão em solução aquosa, liberam o ácido hipocloroso, em sua forma não dissociada, que apresenta ação germicida (Arruda, 2002; Pereira et al., 2003).

O dicloro isocianurato de sódio (NaDCC) é um sal da substância original 1,3,5-triazina 2,4,6, (1H, 3H, 5H)-triona ou triazinetriol - simétrico ou 2,4,6-trihidroxi-1,3,5-triazina, ou ácido triciânico ou, ainda, tri-hidroxicianidina, comercializado na forma de pó ou de comprimido efervescente. Por atender a um processo de fabricação específico para uso em alimentos, não libera metais pesados e tri-halometano (compostos carcinogênicos), quando hidrolisado. Assim, a substituição dos compostos clorados inorgânicos, como o hipoclorito de sódio, pelo NaDCC, para uso em alimentos já está consolidada, desde a década de 1990, nos EUA e na Europa (Macedo, 2001).

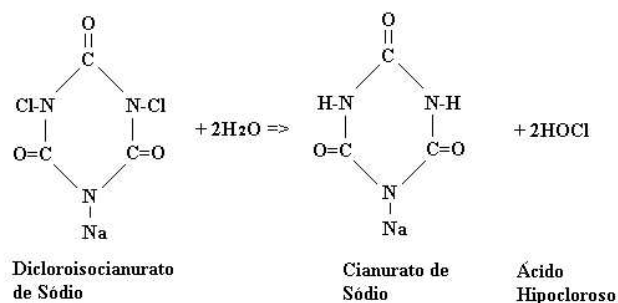


FIGURA 1 Hidrólise do dicloroisocianurato de sódio, favorecendo a forma não ionizada do ácido hipocloroso.

2.6 O uso do 1-MCP como inibidor de etileno

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um regulador vegetal patenteado em 1996 e liberado em 1999 como “EthylBloc®” para uso em plantas e, recentemente, como “smart fresh”, para uso em produtos comestíveis. É um composto volátil que tem sido testado em diferentes produtos hortícolas pós-colheita, visando inibir a ação do etileno sobre o amadurecimento, aumentando a vida útil desses produtos e a manutenção de uma boa qualidade dos mesmos (Chitarra & Chitarra, 2005).

Ele age por meio de fixação irreversível ao receptor de etileno na membrana celular, bloqueando o efeito do etileno procedente de fontes internas

e externas. O posterior amadurecimento do fruto deve-se à formação de novos receptores de etileno (Blankenship & Dole, 2003).

Como a aderência do 1-MCP ao local receptor do etileno é substancialmente mais eficiente do que a do próprio etileno, o 1-MCP é eficaz, mesmo em concentrações extremamente baixas, na faixa de partes por bilhão (Rohm..., 2002).

A concentração e o tempo de exposição dos frutos são fatores limitantes para uma boa resposta ao 1-MCP (Bassetto et al., 2005). A concentração de 1-MCP necessária para bloquear a ação do etileno varia conforme a espécie, a cultivar, o estágio de maturação, a temperatura de exposição, a interação entre concentração e tempo de exposição e a produção de novos receptores de etileno (Rupasinghe et al., 2000).

A forma mais estável do 1-MCP é gasosa. Por isso, deve ser sempre aplicado em doses extremamente baixas, por apresentar difusão rápida pelos tecidos, o que implica em menos tempos de aplicação na pós-colheita. Também tem sido formulado como pó, com 0,14% de concentração, o que libera o ingrediente ativo quando misturado a uma solução básica ou água (Sisler et al., 2001).

2.7 Aparência

À medida que o mercado consumidor se conscientiza sobre o efeito do que consome na manutenção da saúde, torna-se mais exigente por produtos de qualidade, especialmente no consumo ao natural, em que a relação produto/consumidor é muito estreita. Os frutos constituem parte essencial em uma dieta humana balanceada, pois são importantes fontes de minerais e vitaminas, nutrientes indispensáveis para uma vida saudável. O morango é considerado um dos frutos mais importantes, devido a peculiaridades como sabor, coloração, aroma e bom valor nutricional, sendo muito utilizado como

sobremesa. Sua vida pós-colheita é curta e, mesmo sob refrigeração, morangos são muito suscetíveis a fungos que causam rápido apodrecimento. É muito delicado e altamente perecível, o que implica em preço elevado. Os problemas mais importantes são os relativos à embalagem, transporte e conservação.

Como os frutos de morango são consumidos na sua integridade, tanto ao natural como processado (polpa), devem-se utilizar, na sua conservação, produtos totalmente naturais e biodegradáveis e que não alterem seu sabor, sua cor e seu aroma característicos (Damasceno et al., 2001; Chitarra & Chitarra, 2005).

O grande interesse pela cultura do morango deve-se à excelência de seus frutos que, além de terem o gosto natural ou artificial preferido ao de outros frutos, apresenta boas características sensoriais, principal motivo de sua aceitação. É rico em frutose e sacarose, levemente laxativo e diurético, supre a carência de minerais e vitaminas do complexo B e é rico em vitamina C, que é capaz de neutralizar a ação dos radicais livres, responsáveis pelo envelhecimento das células (Lima, 1999).

A aparência de um fruto é o primeiro atributo de qualidade avaliado pelo consumidor no momento da aquisição e sensibiliza a visão do consumidor. A cor, o tamanho, a forma, a turgescência e a ausência de defeitos externos são os critérios que o consumidor utiliza para decidir sobre a compra do produto.

As cultivares diferem entre si pelo tamanho e pela forma e são regidos por exigências de mercado. Nos processos de produção e comercialização agrícola, cada vez mais exigem-se características como perdas reduzidas, rapidez, confiabilidade, baixos custos e flexibilidade. A agricultura moderna, no Brasil, trouxe a criação dos grandes complexos agroindustriais e, como consequência, ocorreram mudanças no padrão de comercialização de produtos agrícolas, que assumiu novas características. Diminuiu o número de intermediários e de etapas nas cadeias de comercialização, estreitaram-se os elos

com os agricultores, aumentou-se o nível de exigência sobre os produtos agrícolas e, em muitos casos, houve uma evolução técnica de comercialização (Antunes & Duarte Filho, 2005).

O enfraquecimento das células é provocado pela perda de água ou de turgescência, o que as torna mais suscetíveis ao ataque de microrganismos, podendo resultar em maior produção de etileno e perda de clorofila, causando o amarelecimento inadequado de muitos produtos. Os frutos perdem água na forma de vapor, o que causa o murchamento e o enrugamento do fruto, afetando diretamente a aparência externa, o sabor e o aroma, ocasionando perdas econômicas (Chitarra & Chitarra, 2005).

2.8 Acidez titulável (AT) e pH

Os métodos comumente utilizados para medir a acidez de frutos são a percentagem de ácido orgânico e a concentração de íon hidrogênio ou pH. O pH (potencial hidrogeniônico) representa o inverso da concentração de íons hidrogênio (H^+) em um dado material. Sua determinação pode ser realizada com o auxílio de papel indicador ou de potenciômetro (peagâmetro). Para indicar o sabor ácido ou azedo, a acidez titulável é o método mais utilizado, enquanto para determinar a qualidade dos produtos processados, o pH é o método mais viável (Oliveira et al., 2006; Vilas Boas, 1999).

Os ácidos orgânicos presentes nos tecidos vegetais podem se encontrar na forma livre ou esterificada (metila, propila, hexila, etc.) e os ácidos fracos livres, na presença de seus sais de potássio, apresentam pequena variação no pH, em função do equilíbrio estabelecido no sistema. Na célula, esses ácidos encontram-se associados com seus sais de potássio e constituem sistemas tampões, que têm importante papel, particularmente na regulação da atividade enzimática (Chitarra & Chitarra, 2005).

A capacidade tampão de alguns sucos permite que ocorram grandes variações na acidez titulável, sem variações apreciáveis no pH. Contudo, numa faixa de concentração de ácidos entre 2,5% e 0,5%, o pH aumenta com a redução da acidez, sendo utilizado como indicativo dessa variação (Oliveira et al., 2006).

A acidez é usualmente determinada por titulometria, ou por potenciometria. Os resultados podem ser expressos em mEq/100mL de suco ou em porcentagem do ácido principal, assumindo como o único presente. Como os ácidos orgânicos encontram-se presentes em misturas complexas, a expressão dos resultados em mEq é mais correta. No entanto, em trabalhos de rotina, utiliza-se a expressão dos resultados em porcentagem do ácido predominante como representante da acidez total titulável (ATT) (Chitarra, 2000).

Durante o processo de maturação, o teor de ácidos orgânicos tende a diminuir, devido à oxidação dos ácidos no ciclo dos ácidos tricarbóxicos em decorrência da respiração. A acidez decresce em função do avanço da maturação, podendo, assim, a variação da acidez ser um indicativo do estágio de maturação do fruto (Oliveira et al., 2005).

Malgarim et al. (2006), estudando sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos da cv. Camarosa, encontraram 0,92% de ácido cítrico em 100 g de polpa no dia da colheita.

Conti et al. (2002), avaliando a produção e a qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba, encontraram valores de pH de 3,84 para a cv. Princesa Isabel e de 3,77 para a cv. AGF 080, no dia da colheita.

2.9 Sólidos solúveis e açúcares

Os sólidos solúveis (SS) indicam a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou na polpa das frutas e sua tendência é

aumentar com o avanço da maturação. Podem ser medidos no produto ainda no campo ou na indústria, com auxílio do refratômetro. O teor de sólidos solúveis (SS) é expresso em grau Brix (°B) ou quantidade, em gramas, de sólidos solúveis existentes em 100 mL de solução (suco). Portanto, se um suco tem uma concentração de 20°Brix, ele terá 20g de SS/100 mL. Também podem ser expressos como porcentagem em peso, ou quantidade de SS, em gramas, existente em 100 gramas de solução (suco, polpa). A porcentagem em volume tem a mesma definição de °Brix. Os métodos de determinação baseiam-se na modificação do índice de refração da solução (Oliveira et al., 2006).

Como o próprio nome indica, os sólidos solúveis (SS) correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas em um determinado solvente, o qual, no caso dos alimentos, é a água. São constituídos, principalmente, por açúcares, considerando que outros compostos, embora em reduzidas proporções, também fazem parte, como, por exemplo, ácidos orgânicos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas, fenólicos, sendo variáveis com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima, com valores médios entre 8% e 14% (Chitarra & Chitarra, 2005).

Os açúcares acumulados constituem as principais substâncias químicas dos frutos, do ponto de vista tecnológico (produção de bebidas fermentadas, sucos, geleias, doces em massa, etc). As matérias-primas serão tanto melhores para a industrialização quanto maiores forem os seus teores de açúcares e, portanto, de sólidos solúveis (SS). As indústrias que processam frutas ou outros produtos vegetais açucarados (cana, beterraba) devem conhecer o teor de sólidos solúveis (SS) das matérias-primas, a fim de efetuar o controle industrial. O teor de SS proporciona a doçura do fruto durante a maturação e é um importante atributo na determinação do seu sabor (Kawamata, 1997).

Vieites et al. (2006), estudando a conservação do morango da cv. Oso-Grande armazenado em atmosfera modificada, encontraram valor de sólidos

solúveis de 7,60°Brix, para os frutos controle.

Donazzolo et al. (2003) obtiveram valores médios de sólidos solúveis de 7,5°Brix para os frutos controle, ao avaliaram a utilização de filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) para prolongar a vida pós-colheita de morangos, cv. Oso-Grande.

Os açúcares solúveis presentes nos frutos, na forma livre ou combinada, são responsáveis pela doçura, por meio do balanço com ácidos, pela cor atrativa, como derivadas das antocianidinas e pela textura, quando combinadas adequadamente com polissacarídeos estruturais. Os principais açúcares solúveis presentes nos frutos são a glicose, a frutose e a sacarose (Chitarra & Chitarra, 2005).

Siqueira et al. (2009), estudando a qualidade pós-colheita de morangos submetidos à atmosfera modificada ativa (2% O₂ + 10% CO₂ e 5% O₂ + 5% CO₂) e armazenados sob refrigeração (9±1°C e 99% UR) por 10 dias, encontraram teores médios de açúcares solúveis totais de 4,90%, para morangos da cultivar Oso-Grande.

2.10 Vitamina C

As vitaminas são substâncias orgânicas pertencentes a diferentes classes de compostos químicos, essenciais à dieta animal e humana em quantidades mínimas. Exerce funções de crescimento, habilidade para gerar descendentes saudáveis, manutenção da saúde, vigor e longevidade no corpo humano (Chitarra & Chitarra, 2005).

A vitamina C tornou-se popular em virtude do seu papel como antioxidante, com potencial de oferecer proteção contra algumas doenças e contra os aspectos degenerativos do envelhecimento (Kluge et al., 2002), sendo utilizada para transformar os radicais livres de oxigênio em formas inertes. O seu poder antioxidante deve-se ao grupo diol (-COH-COH-), o qual pode oxidar-

se e formar o ácido dehidroascórbico (Silva & Mura, 2007) e a enzima envolvida nesse processo é a ácido ascórbico oxidase (Braverman, 1967).

Também conhecida como ácido ascórbico (forma reduzida), sendo o ácido L-ascórbico a sua forma principal e biologicamente ativa, a vitamina C é uma das treze principais vitaminas que fazem parte de um grupo de substâncias químicas complexas necessárias para o funcionamento adequado do organismo. É uma das vitaminas hidrossolúveis, o que significa que seu organismo usa o que necessita e elimina o excesso. Ao oxidar, o ácido ascórbico transforma-se em ácido de-hidroascórbico, que também é ativo. Essa oxidação se dá pela ação da enzima ácido ascórbico oxidase (Oliveira et al., 2006).

O estilo de vida moderno contribui, em muito, para que o nosso organismo não tenha a quantidade ideal de vitaminas. No corre-corre do dia-a-dia, não nos alimentamos corretamente e o estresse provoca uma descarga de hormônios que atrapalham a ação das vitaminas. A necessidade diária de vitamina C varia conforme idade e as condições de saúde. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2001) recomendação de ingestão de vitamina C, segundo a RDC n.268/2005, é de 45 mg/dia (ANVISA, 1998).

A vitamina C é encontrada em alimentos como frutas cítricas, tomates, morangos, pimentão-doce, brócolis, etc. A melhor maneira de se obter a quantidade necessária é por meio de uma alimentação saudável e rica em vitamina C. Uma dieta rica em frutas e vegetais também pode ajudar a prevenir alguns tipos de câncer. A vitamina C auxilia as células do organismo, incluindo os ossos, os dentes, as gengivas, os ligamentos e os vasos sanguíneos, a crescerem e permanecerem saudáveis. Também auxilia o organismo a responder a infecções e ao estresse, além de auxiliar a utilização eficiente de ferro. Se o organismo não recebe quantidades diárias suficientes de vitamina C, fica-se mais propenso a apresentar equimoses na pele, sangramento nas gengivas, má

cicatrização das feridas, perda de dentes, dores nas articulações e infecções (Andrade et al., 2002).

O morango constitui fonte rica de vitamina C, oscilando entre 39 a 89 mg/100g de fruta, sendo o valor médio de 60 mg/100g de fruta. Os teores de ácido ascórbico podem variar, dependendo do estágio de maturação, da cultivar, da época, das condições de cultivo e da duração e das condições de armazenamento (Domingues, 2000).

Barata-Soares et al. (2004), estudando a biossíntese de ácido ascórbico com precursores em plantas, encontraram teores de 63,3 mg 100 g⁻¹ nos frutos verdes e 60,4 mg 100 g⁻¹ em frutos maduros, tendo constatado que não há predomínio de síntese de vitamina C durante o amadurecimento desse fruto.

2.11 Antocianinas

As antocianinas são metabólitos pertencentes à classe dos flavonoides (Walton et al., 2006). São largamente encontradas na natureza e responsáveis pela maioria das colorações azuis, violeta e vermelho das flores e frutos. Sua principal utilização é na indústria, como corante natural (Malacrida & Motta, 2005). O principal emprego biológico atribuído às antocianinas é a atividade antioxidante (Meyers et al., 2003). Essa atividade se deve à sua estrutura química formada por três anéis, que possuem ligações duplas conjugadas e também hidroxilas distribuídas ao longo da estrutura que possibilitam o sequestro de radicais livres, causadores de danos celulares e doenças degenerativas (Silva et al., 2007). Diversos ensaios estão sendo desenvolvidos para a avaliação desta atividade em diferentes vegetais, principalmente frutos e flores (Aaby et al., 2005). Segundo Bagchi et al. (2004), além da atividade antioxidante, as antocianinas apresentam considerável atividade anticarcinogênica e antiangiogênica.

Moraes et al. (2008), determinando as características físicas e químicas de morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada, verificaram que os teores de antocianinas aumentaram durante o período de armazenamento, variando de 21,83 a 24,68 mg g⁻¹.

2.12 Transformações químicas durante o amadurecimento

O amadurecimento é um conjunto de mudanças físicas, químicas e fisiológicas características das cultivares, espécies e, até mesmo, entre frutos de uma mesma cultivar, dependendo das condições de produção ou de armazenamento (Chitarra & Chitarra, 2005).

As alterações na composição continuam após a colheita dos frutos, sendo algumas desejáveis e outras indesejáveis. Os atributos sensoriais, como cor, textura, aroma e balanço açúcar/acidez, são fatores determinantes na qualidade total da fruta. A degradação da clorofila e a síntese de outros pigmentos, como carotenoides e antocianinas, são alterações importantes e desejáveis, considerando que melhoram a qualidade interna e externa do fruto (Kluge et al., 2002).

As modificações nos carboidratos incluem a conversão de amido em açúcares simples, o que é considerado desejável para os frutos, pois aumenta o seu grau de doçura. A solubilização das pectinas e de outros polissacarídeos resulta em amolecimento do fruto e no conseqüente aumento na susceptibilidade às injúrias mecânicas e aos patógenos causadores de podridão. Alterações nos ácidos orgânicos, proteínas, aminoácidos e lipídios podem influenciar o sabor e o aroma dos frutos. A perda de vitaminas, principalmente ácido ascórbico (vitamina C), é prejudicial à qualidade nutricional, enquanto a produção de compostos voláteis associados com o amadurecimento dos frutos é importante para a sua qualidade sensorial (Oliveira et al., 2006).

O sabor do morango é um dos mais importantes aspectos de qualidade

exigidos pelo consumidor, sendo condicionado, em parte, pelo balanço açúcar/acidez do fruto, decorrente de processos de biossínteses ou de degradação dos polissacarídeos existentes nos frutos, apesar do consumo de uma parte destes constituintes pela oxidação respiratória. O conteúdo e a composição de açúcares têm papel fundamental no sabor, sendo também indicadores do estágio de maturação dos mesmos. Uma das transformações químicas mais importantes durante o amadurecimento dos frutos está relacionada à parede celular (Silva, 2007).

2.13 Modificações na parede celular durante o amadurecimento

Durante o amadurecimento, num processo atribuído à ação de enzimas pectolíticas, a fração solúvel das substâncias pécticas aumenta na maioria dos frutos. Assim, o amaciamento é, primariamente, devido a mudanças no metabolismo dos carboidratos de parede celular e uma considerável perda de firmeza ocorre em minutos nesta fase, resultando em redução líquida de alguns componentes estruturais. A perda de polímeros de ácido urônico é a mudança mais aparente e extensivamente estudada na composição da parede celular de frutos, sendo acompanhada por um aumento de poliuronídeos solúveis. Entretanto, uma perda líquida de resíduos de açúcares neutros não celulósicos ocorre durante o amadurecimento de peras, maçãs, morango e tomate, além da solubilização de pectinas (Gross & Sams, 1984; Kluge et al., 2002).

A solubilização de pectinas não é o único fator que afeta a firmeza ou que diferencia frutos firmes de macios. Além disso, a associação entre pectinas e outros polímeros pode afetar sua sensibilidade à solubilização. Portanto, o estudo da solubilidade de pectinas não deve ser dissociado dos outros constituintes da parede celular e suas possíveis interações (Oliveira et al., 2006).

O aumento no volume celular agrava a complexa relação entre composição de carboidratos, estrutura celular e propriedades físicas do morango,

o qual continua durante o amadurecimento do fruto. A síntese líquida de poliuronídeos pode mascarar algumas mudanças ocorridas nos polímeros pré-existentes da parede celular nesta fase (Huber et al., 2001).

Os estudos sobre a composição de parede celular de morango têm se concentrado nas substâncias pécticas. A proporção de poliuronídeos solúveis, que é de 30% nos frutos verdes, passa para 65% nos maduros, havendo, entretanto, pequena alteração no tamanho molecular desses polímeros durante o desenvolvimento dos frutos (Huber et al., 2001).

A mudança no plastídeo, o aumento de hidratação, a desorganização da parede celular e a solubilização da lamela média e da matriz da parede ocorrem durante o amadurecimento do morango. Os fatores determinantes da qualidade e da vida útil pós-colheita são a rapidez e a extensão com que os frutos amaciam e perdem sua firmeza durante o amadurecimento (Manning, 1993).

Um aumento ocorre na proporção de açúcares neutros associados com poliuronídeos solúveis, destacando-se a ramnose e, em menor extensão, arabinose e galactose, durante o amadurecimento do morango. Alterações nas ligações entre carboidratos e parede celular podem ocorrer durante o amadurecimento do fruto, indicando o aumento desses açúcares, os quais podem estar ligados à cadeia poligalacturônica via ramificações de ramnosil (Gross & Sams, 1984; Huber et al., 2001).

Os polissacarídeos hemicelulósicos podem estar sendo degradados ou liberados das ligações interpoliméricas devido a um aumento nos resíduos de xylose, manose e glicose na fração solúvel de parede celular dos morangos (Silva, 2007).

A perda líquida desses resíduos pode ocorrer devido à mudança na taxa de *turnover*, principalmente de galactose e ou arabinose do polímero. No morango, a perda desses açúcares atinge 30% (Kluge et al., 2002).

Uma pequena alteração na composição de açúcar na fração

hemicelulósica, mas uma significativa redução em seu tamanho molecular com o amadurecimento, foi observada por Huber et al. (2001).

As pectinas são importantes não só como fatores primários no processo de amolecimento, mas também devido à possível contribuição no metabolismo da célula (Thé et al., 2001).

As substâncias pécticas encontram-se, principalmente, depositadas na parede celular, atuando como material cimentante, sendo responsáveis pelas mudanças de textura dos frutos. São derivadas do ácido poligalacturônico e ocorrem na forma de protopectina, ácidos pectínicos, ácidos pécticos e pectinas (Chitarra & Chitarra, 2005).

Na prática, se emprega o termo pectina tanto para os ácidos pectínicos como para as pectinas propriamente ditas. As pectinas em frutos encontram-se sob diferentes formas, caracterizadas por diferentes solubilidades (Kluge et al., 2002).

No decorrer do amadurecimento, há transformação da protopectina em pectina e esta, por ação enzimática, sofre desmetilação e simplificação das cadeias, causando a solubilização até a degradação total, quando a fruta está muito madura. A protopectina predomina nas frutas verdes e, juntamente com o amido (em muitos casos), dá firmeza às frutas. Com a hidrólise de ambos, há o amolecimento (Silva et al., 2009).

Uma tendência natural é a solubilização de substâncias pécticas durante o amadurecimento dos frutos. A fração solúvel das substâncias pécticas aumenta durante o amadurecimento de morangos, num processo atribuído à ação de enzimas pectolíticas (Oliveira et al., 2005).

Haminiuk et al. (2009), estudando o comportamento reológico de sistemas pécticos de polpas de frutas vermelhas, relataram que a pectina extraída da polpa de morango apresentou a maior quantidade de ácido galacturônico ($56,5 \mu\text{g mL}^{-1}$) em comparação com as outras pectinas extraídas ($27,87 \mu\text{g mL}^{-1}$

para amora preta e $43,77\mu\text{g mL}^{-1}$ para framboesa). Esse comportamento se repete em relação aos dados obtidos para o peso molecular médio ($101,434\text{g mol}^{-1}$ para morango, $62,865\text{g mol}^{-1}$ para amora preta e $78,332\text{g mol}^{-1}$ para framboesa), viscosidade intrínseca ($351,49\text{mL g}^{-1}$ para morango, $262,15\text{mL g}^{-1}$ para amora preta e $299,99\text{mL g}^{-1}$ para framboesa) e grau de esterificação ($67,28\%$ para morango, $56,61\%$ para amora preta e $61,82\%$ para framboesa), apresentando a pectina de morango os maiores valores ($56,5\mu\text{g mL}^{-1}$). As três pectinas extraídas podem ser consideradas como pectinas com alto grau de metoxilação, por apresentarem mais de 50% das carbonilas esterificadas com grupos metil ($-\text{COOCH}_3$).

Um grande número de enzimas tem participação na degradação biológica das substâncias pécticas, embora algumas não sejam bem estudadas. Dentre elas, as mais importantes, e objeto de maiores estudos, são as pectinametilerases (PME) e as poligalacturonases (PG) (Huber et al., 2001).

2.14 Enzimas hidrolíticas

Durante o amadurecimento, ocorrem a solubilização e a despolimerização de poliuronídeos, que são atribuídas a duas enzimas: a poligalacturonase (EC 3.2.1.15), que catalisa a hidrólise de ligações α -1,4 entre dois resíduos adjacentes de ácido galacturônico e a pectinametilerase (EC 3.1.1.11), que promove a desmetilação na posição C6 de resíduos de ácido metilgalacturônico (Resende et al., 2004).

Na degradação das pectinas parcialmente desmetiladas, a PG é mais ativa. A PME tem papel fundamental na determinação da extensão na qual a pectina é acessível à degradação pela PG (Fisher & Bennett, 1991).

A presença da endopoligalacturonase (endo-PG) tem sido correlacionada com o aumento na pectina solúvel e o amaciamento de vários frutos durante o amadurecimento. Após o aumento da produção de etileno no amadurecimento,

ocorre a síntese de endo-PG. A exopoligalacturonase (exo-PG) participa da completa hidrólise da fração péctica solubilizada pela endo-PG (Hobson & Grierson, 1993).

A presença de PG em morangos é incerta, não tendo sido relatada em alguns trabalhos (Barnes & Patchett, 1976; Huber, 1984), mas sim em outros (El Zoghbi, 1994; Nogata et al., 1993).

Os blocos de grupos carboxílicos livres e de distribuição aleatórias são aumentados pela PME, que catalisa a desesterificação da pectina ao longo da cadeia. A PME baseia-se no coeficiente de atividade do cálcio, que é uma função complexa da densidade linear de cargas, isto é, da distância média entre dois grupos carboxílicos livres vizinhos (Chitarra & Chitarra, 2005).

Altos níveis de atividade da PME, durante o amadurecimento dos frutos, inibem completamente a hidrólise, indicando que a PG deve agir sobre um substrato com uma extensão limitada de desesterificação (Silva et al., 2009).

Tem-se evidenciado que as modificações de textura não ocorrem somente pela hidrólise de pectinas pela PG, uma vez que esta, sozinha, não pode explicar a perda de açúcares neutros que se observa *in vivo*, mas, sim, por outros mecanismos, aos quais se podem atribuir papéis importantes durante o amadurecimento de frutos (Gross, 1990).

Alguns frutos amaciam-se em ausência de atividade de PG; mesmo tendo atividade de PG inibida, há solubilização de poliuronídeos (Silva, 2007).

Durante o amadurecimento de morangos, há alta proporção de poliuronídeos solúveis, o que pode ser devido à quebra de ligações da parede resultante da hidrólise enzimática de poliuronídeos causadas pela PG (Silva, 2007).

Camargo et al. (2000), estudando efeito do cálcio sobre o amadurecimento de morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Campineiro, relataram que, nos frutos tratados com 2% e 4% de CaCl₂, aqueles no estágio

meio maduro apresentaram maior atividade de PME, seguido pelos frutos verdes. A atividade da PME foi menor nos frutos maduros. A atividade da poligalacturonase aumentou nos frutos-controle durante o amadurecimento, observando comportamento inverso nos frutos tratados com 2 e 4% de CaCl₂. Em geral, os frutos tratados com 2% apresentaram maior atividade de PG nos estádios verde e meio maduro. Já nos frutos maduros, esse tratamento reduziu a atividade da PG.

Outros mecanismos de solubilização da parede devem ser estudados, já que atividade de PG não parece ser o único determinante do amaciamento de frutos. Pontes de cálcio, grau de esterificação e presença de cadeias laterais de açúcares neutros, características estruturais e teor dos substratos pécticos, podem regular a ação da PG (Camargo et al., 2000; Gross, 1990).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AABY, K.; SKREDE, G.; WROLSTAD, R. E. Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 10, p. 4032-4040, May 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria n. 33, de 13 de janeiro 1998**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/33_98.htm>. Acesso em: 22 mar. 2010.

ANDRADE, R. S. G. de; DINIZ, M. C. T.; NEVES, E. A.; NÓBREGA, J. A. Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclética Química**, São Paulo, v. 27, p. 393-401, 2002. Número especial.

ANTONIOLLI, L. R.; BENEDETTI, B. C.; SOUZA FILHO, M. de S. M.; BORGES, M. de F. Efeito do hipoclorito de sódio sobre a microbiota de abacaxi 'Pérola' minimamente processado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 157-160, abr. 2005.

ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J. **Sistema de produção do morango**: produção de mudas. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap01.htm>>. Acesso em: 22 mar. 2010.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2006. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2006. 136 p.

ARRUDA, M. C. de. **Processamento mínimo de melão rendilhado**: tipo de corte, temperatura de armazenamento e atmosfera modificada. 2002. 71 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

BAGCHI, D.; SEN, C. K.; BAGCHI, M.; ATALAY, M. Anti-angiogenic, antioxidant, and anti-carcinogenic properties of a novel anthocyanin-rich berry extract formula. **Biochemistry**, Moscow, v. 69, n. 1, p. 75-80, Jan. 2004.

BARATA-SOARES, A. D.; GOMEZ, M. L. P. A.; MESQUITA, C. H. de; LAJOLO, F. M. Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 16, n. 3, p. 147-154, nov. 2004.

BARNES, M. F.; PATCHETT, B. J. Cell wall degrading enzymes and the softening of senescent strawberry fruit. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 41, n. 6, p. 1392-1395, Nov. 1976.

BASSETTO, E.; JACOMINO, A. P.; PINHEIRO, A. L.; KLUGE, R. A. Delay of ripening of 'Pedro Sato' guava with 1- methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v. 35, n. 3, p. 303-308, Mar. 2005.

BELIK, W. Perspectivas para segurança alimentar e nutricional no Brasil prospects for food and nutritional safety in Brazil. **Saúde Social**, São Paulo, v. 12 n. 1, p. 12-20, jan./jun. 2003.

BICALHO, U. de; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F.; COELHO, A. H. R. Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagens de PVC. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 136-146, jan./mar. 2000.

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

BRACKMANN, A.; FREITAS, S. T.; MELLO, A. M.; NEUWALD, D. A. Efeito da temperatura de armazenamento sobre a qualidade do morango cultivar 'Oso Grande'. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 1, p. 77-78, jan./abr. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT – sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 22 mar. 2010.

BRAVERMAN, J. B. S. Vitaminas. In: _____. **Introducion a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Omega, 1967. cap. 14, p. 206-241.

BRON, I. U. **Alterações anatômicas e físico-químicos associadas ao armazenamento refrigerado de pêssegos**. 2001. 66 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

CAMARGO, Y. R.; LIMA, L. C. de O.; SCALON, S. de P. Q.; SIQUEIRA, A. C. Efeito do cálcio sobre o amadurecimento de morangos (*Fragaria ananassa Duch*) cv. Campineiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 968-972, out./dez. 2000.

CANTILLANO, R. F. F. Fisiologia e manejo na colheita e pós-colheita de morangos. In: CARVALHO, S. P. de. **Boletim do morango**: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 97-105.

CANTILLANO, R. F. F. **Sistema de produção do morango**: colheita e pós-colheita. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap12.htm>>. Acesso em: 21 mar. 2010.

CARVALHO, S. P. de. Histórico, importância socioeconômica e zoneamento da produção no estado de Minas Gerais. In: _____. **Boletim do morango**: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 9-13.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. Morango. **Jornal Entrepósito**, São Paulo, jul. 2004. Entrevista. <Disponível em: <http://www.jornalentrepосто.com.br>>. Acesso em: 4 mar. 2010.

CHITARRA, M. I. F. **Tecnologia e qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 68 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**: fisiologia e manuseio. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 783 p.

CONFERÊNCIA NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL: A CONSTRUÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL, 2., 2004, Olinda. **Anais...** Olinda: CONSEA, 2004.

CONFERÊNCIA NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL: A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL, 3., 2007, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CONSEA, 2007.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 10-17, mar. 2002.

DAMASCENO, K. S. F. da S. C.; STAMFORD, T. L. M.; ALVES, M. A. Vegetais minimamente processados: uma revisão. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 15, n. 85, p. 20-25, jun. 2001.

DOMINGUES, D. M. **Efeito da radiação gama e embalagem na conservação de morangos "Toyonoka" armazenados sob refrigeração**. 2000. 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Piracicaba.

DONAZZOLO, J.; HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A.; WACLAWOVSKY, A. J. Utilização de filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) para prolongar a vida pós-colheita de morangos, cv. Oso-Grande. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 165-172, jan./fev. 2003.

EL-ZOGHBI, M. Biochemical changes in some tropical fruit during ripening. **Food Chemistry**, Essex, v. 49, n. 1, p. 33-37, Jan. 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE EXTENSÃO RURAL/MG. **Sistemas de produção para a cultura do morango**. Pouso Alegre: EMATER, 1983. 32 p.

FACHINELLO, J. C.; COUTINHO, E. F.; MARONDIN, G. A. B.; BOTTON, M.; DE MIO, L. L. M. (Ed.). **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de pêssego**. Pelotas: UFPel/FAEM, 2003. 92 p. (Documentos, 1).

FISHER, R. L.; BENNETT, A. B. Role of cell wall hydrolyses in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 675-703, June 1991.

FORTES, J. F. **Sistema de produção do morango: doenças do morangueiro**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap06.htm>>. Acesso em: 21 mar. 2010.

GROSS, K. C. Recent developments on tomato fruit softening. **Postharvest News and Information**, Wallingford, v. 1, n. 1, p. 109-112, Feb. 1990.

GROSS, K. C.; SAMS, C. E. Changes in cell wall neutral composition during fruit ripening: a species survey. **Phytochemistry**, Oxford, v. 23, n. 11, p. 2457-2461, Nov. 1984.

HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSKI, M. R.; IZIDORO, D. R.; MACIEL, G. M.; SCHEER, A. de P.; MASSON, M. L. Comportamento reológico de sistemas pécticos de polpas de frutas vermelhas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 225-231, mar. 2009.

HOBSON, G. E.; GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruits ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. chap. 13, p. 405-442.

HUBER, D. J. Strawberry fruit softening: the potential roles of polyuronides and hemiceluloses. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 5, p. 1310-1315, Sep./Oct. 1984.

HUBER, D. J.; KARAKURT, Y.; JEONG, J. Pectin degradation in ripening and wounded fruits. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 2, p. 224-241, ago. 2001.

KAWAMATA, S. Studies on sugar component for fruits by gas-liquid chromatography. **Bulletin Tokio Agricultural Experiment Station**, Tokyo, n. 10, p. 53-63, 1997.

KLUGE, A. A.; NACHINELLO, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: Emopi, 2002. 214 p.

LIMA, L. C. O. de. Qualidade, colheita e manuseio pós-colheita de frutos de morangueiro: morango: tecnologia inovadora. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 80-83, maio/jun. 1999.

LUNATI, F. Le fragile italiane in cerca di un posto al solo. **Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura**, Bologna, v. 68, n. 4, p. 9-10, abr. 2006.

MACEDO, J. A. B. **Subprodutos do processo de desinfecção de água pelo uso de derivados clorados**. Juiz de Fora: [s.n.], 2001. 67 p.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Compostos fenólicos totais e antocianinas em sucos de uva. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 659-664, out./dez. 2005.

MALGARIM, M. B.; CANTILLANO, R. F. F.; COUTINHO, E. F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. Camarosa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 185-189, ago. 2006.

MANNING, G. Soft fruit. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. Londres: Chapman & Hall, 1993. chap. 12, p. 347-378.

MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M. A.; VARGAS-ARISPURO, L.; CUAMEA-NAVARRO, F.; MORÓN, C. Producción primaria y manejo. In: GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; GARDEA, A. A.; CUAMEA-NAVARRO, F. (Ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. Hermosillo: CIAD, 2005. cap. 2, p. 17-34.

MATTOS, M. L. T. **Sistema de produção do morango: meio ambiente e segurança alimentar**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap11.htm>>. Acesso em: 21 mar. 2010.

MEYERS, K. J.; WATKINS, C. B.; PRITTS, M. P.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 23, p. 6887-6892, Nov. 2003.

MORAES, I. V. M.; CENCI, S. A.; BENEDETTI, B. C.; MAMEDE, A. N. G. N.; SOARES, A. G.; BARBOZA, H. T. G. Características físicas e químicas de morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 274-281, abr./jun. 2008.

NOGATA, Y.; OHTA, H.; VORAGEN, A. G. J. Polygalacturonase in strawberry fruit. **Phytochemistry**, Oxford, v. 34, n. 3, p. 617-620, Oct. 1993.

OLIVEIRA, F. E. da R.; ABREU, C. M. P.; ASMAR, S. A.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D. Firmeza de pêssegos 'diamante' tratados com 1-MCP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 366-368, dez. 2005.

OLIVEIRA, S. M. A.; TERAPO, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. H. **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 855 p.

PEREIRA, L. M.; RODRIGUES, A. C. C.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. de L. Vida de prateleira de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 427-433, set. 2003.

PINHEIRO, A. R. de O.; CARVALHO, D. B. B. de. Estado e mercado: adversários ou aliados no processo de implementação da política nacional de alimentação e nutrição? Elementos para um debate sobre medidas de regulamentação. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 170-183, abr./jun. 2008.

RESENDE, J. M.; CHITARRA, M. I. F.; MALUF, W. R.; CHITARRA, A. B.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Atividade de enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase durante o amadurecimento de tomates do grupo multilocular. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 206-212, abr./jun. 2004.

ROHM AND HAAS COMPANY. **1-Metilciclopropene (1-MCP)**. Philadelphia: Agrofresh, 2002. (Boletim Técnico).

RUPASINGHE, H. O. V.; MURR, D. P.; PALIYATH, G.; SKOG, L. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v. 75, n. 3, p. 271-276, May 2000.

SANHUENZA, R. M. V. Desafios da produção integrada de frutas no Brasil. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 8., 2006, Vitória. **Anais...** Vitória: INCAPER, 2006. p. 21-23.

SANTOS, A. M. dos. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, Morango: tecnologia inovadora, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 24-29, maio/jun. 1999.

SARGENT, D. J.; GEIBEL, M.; HAWKINS, J. A.; WILKINSON, M. J.; BATTEY, N. H.; SIMPSON, D. W. Quantitative and qualitative differences in morphological traits revealed between diploid *Fragaria* species. **Annals of Botany**, London, v. 94, n. 6, p. 787-796, Dec. 2004.

SILVA, F. L.; ESCRIBANO-BAILÓN, M. T.; ALONSO, J. J. P.; RIVAS-GONZALO, J. C.; SANTOS-BUELGA, C. Anthocyanins pigments in strawberry. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 40, n. 2, p. 374-382, Mar. 2007.

SILVA, P. A. **Qualidade de morangos cultivados na região de Lavras, MG, armazenados em temperatura ambiente**. 2007. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, P. A.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; ASMAR, S. A. Modificações nas atividades da poligalacturonase e pectinametilsterase em morangos armazenados a temperatura ambiente. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1953-1958, 2009. Edição Especial.

SILVA, S. M. C. S.; MURA, J. D. P. **Tratado de alimentação, nutrição & dietoterapia**. São Paulo: Roca, 2007.L

SIQUEIRA, H. H.; VILAS BOAS, B. M.; SILVA, J. D.; NUNES, E. E.; LIMA, L. C. O. SANTANA, M. T. A. Armazenamento de morango sob atmosfera modificada e refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1712-1715, 2009. Edição Especial.

SISLER, E. C.; BLANKENSHIP, S. M.; GUEST, M. Compounds interacting with the ethylene receptor. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 553, p. 159-162, Mar. 2001.

TANAKA, M. A. S.; PASSOS, F. A.; BETTI, J. A. Resistência de *Colletotrichum fragariae* E *C. acutatum* ao benomyl na cultura do morango no estado de São Paulo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n. 3, p. 139-146, set./dez. 1997.

THÉ, P. M.; CARVALHO, V. D. de; ABREU, C. M. P. de; NUNES, R. de P.; PINTO, N. A. V. D. Modificações na atividade enzimática em abacaxi ‘*Smooth Cayenne*’ em função da temperatura de armazenamento e do tecido de maturação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 364-370, mar./abr. 2001.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Agricultural Research Service. National program germoplasm system. In: _____. **Germoplasm resources information network**. Beltsville, 2007. Disponível em: <<http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/exsplist.pl>>. Acesso em: 8 mar. 2010.

VENDRUSCOLO, J. L. S.; VENDRUSCOLO, C. T. **Sistema de produção do morango**: conservação de morango para a elaboração de produtos industrializados. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap14.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2010.

VIEITES, R. L.; EVANGELISTA, R. M.; SILVA, C. S.; MARTINS, M. L. Conservação do morango armazenado em atmosfera modificada. **Semina**. Ciências Agrárias, Londrina, v. 27, n. 2, p. 243-252, abr./jun. 2006.

VILAS BOAS, E. V. de B. **Técnicas para diversas análises de alimentos**. Lavras: Ed. UFLA, 1999. 74 p.

WALTON, M. C.; LENTLE, R. G.; REYNOLDS, G. W.; KRUGER, M. C.; MCGHIE, T. K. Anthocyanins absorption and antioxidant status in pigs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 20, p. 7940-7946, Oct. 2006.

CAPÍTULO 2

SANITIZANTES NA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE MORANGOS ‘OSO-GRANDE’

1 RESUMO

Do ponto de vista da qualidade, a segurança alimentar significa garantir ao consumidor a aquisição de alimentos com atributos nutricionais e sanitários adequados às suas necessidades. Nesse sentido, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de dois sanitizantes na qualidade microbiológica de morangos cv. Oso-grande ao natural e comercializados em Lavras, MG, e armazenados por 6 dias, à temperatura ambiente. Foram utilizados 5 tratamentos (controle, hipoclorito de sódio 100 e 200 mg L⁻¹ e dicloro isocianurato de sódio (Hidrosan®) 100 e 200 mg L⁻¹ por 15 minutos) e 3 dias de análises, correspondente aos dias 0, 3 e 6, com 4 repetições de 10 frutos para cada tratamento. As análises microbiológicas realizadas foram: contagem de coliformes a 35°C e termotolerantes, detecção de *salmonella* spp., contagem de aeróbios psicrotrófilos e isolamento e identificação de fungos e contagem de leveduras. Todos os sanitizantes estudados foram eficientes para manter a qualidade dos morangos durante o armazenamento à temperatura ambiente. Porém, o dicloro isocianurato a 200 mg L⁻¹ inibiu o crescimento de fungos filamentosos e psicrotrófilos e a contagem de leveduras foi menor quando comparada com a de outros tratamentos.

Palavras-chaves: Segurança alimentar. Qualidade. Dicloroisocianurato de sódio. Hipoclorito de sódio.

SANITIZING IN MICROBIOLOGICAL QUALITY OF STRAWBERRIES 'OSO-GRANDE'

2 ABSTRACT

From the point of view of quality, food security means ensuring the consumer the purchase of foods with nutritional and health attributes appropriate to their needs. In this sense the objective of this study was to evaluate the effect of two disinfectants on the microbiological quality of strawberries cv. 'Oso-grande' in nature the Lavras, MG, and stored for 6 days at room temperature. Were used 5 treatments (control, sodium hypochlorite 100 and 200 mg L⁻¹ and sodium dichloroisocyanurate (Hidrosan ®) 100 and 200 mg L⁻¹ for 15 min) and 3 days of analysis, corresponding to days 0, 3 and 6, with 4 replicates of 10 fruits for each treatment. Microbiological tests were performed: coliform count at 35 ° C and heat tolerant, detection of *salmonella* spp. psychrotrophs aerobic count and isolation and identification of fungi and yeast count. All disinfectants studied were effective in maintaining the quality of strawberries during storage at room temperature. But the dichloroisocyanurate and 200 mg L⁻¹ inhibited the growth of filamentous fungi and psychrotrophs and yeast count was lower when compared with other treatments.

Index terms: Food safety. Quality. Sodium dichloroisocyanurate. Sodium hypochlorite.

3 INTRODUÇÃO

A sanitização é uma etapa de relevância no processamento de frutas e hortaliças e o cloro, nas suas várias formas, é o sanitizante mais utilizado em alimentos. Os compostos à base de cloro são bactericidas de amplo espectro de ação que reagem com as proteínas da membrana de células microbianas, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares (Reis et al., 2008).

A atividade antimicrobiana dos produtos clorados depende amplamente da quantidade de cloro livre disponível, particularmente na forma de ácido hipocloroso que, por sua vez, depende do pH e da temperatura da água e da quantidade de matéria orgânica, além da temperatura da água (Martinez-Téllez et al., 2005).

O hipoclorito de sódio, comercializado sob a forma líquida em teores de 1% a 10% de cloro residual total, é o mais utilizado, dentre os compostos clorados inorgânicos. Os compostos clorados, com exceção do dióxido de cloro, apresentam forma semelhante de ação bactericida; quando quaisquer produtos clorados inorgânicos ou orgânicos estão em solução aquosa, liberam o ácido hipocloroso, em sua forma não dissociada, que apresenta ação germicida (Takeuchi & Frank, 2001).

O dicloro isocianurato de sódio (NaDCC) é um composto clorado orgânico comercializado na forma de pó ou comprimido efervescente (Hidrosan®). Por atender a um processo de fabricação específico para uso em alimentos, não libera metais pesados e tri-halometano (compostos carcinogênicos), quando hidrolisado. Assim, a substituição dos compostos clorados inorgânicos, como o hipoclorito de sódio, pelo NaDCC, para uso em alimentos já está consolidada, desde a década de 1990, nos EUA e na Europa (Oliveira & Oliveira, 2004).

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a influência do dicloro isocianurato de sódio e do hipoclorito de sódio na qualidade microbiológica de morangos cultivados em Itutinga, MG, armazenados a temperatura ambiente ($21\pm 1,4^{\circ}\text{C}$ e $55\pm 5,7\%$ UR), por um período de 6 dias.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matéria-prima

Os frutos da cultivar Oso-Grande foram colhidos pela tarde, em um pomar comercial da região de Itutinga, MG, situado a 910 m de altitude, nas coordenadas geográficas de 21°18'45" de latitude Sul e 44°41'15" de longitude W. Gr. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1959).

Os 800 frutos foram levados para o Laboratório de Bioquímica no Departamento de Química da UFLA, onde foram selecionados em relação ao tamanho, ao estágio de maturação e à ausência de defeitos.

4.2 Tratamentos

Foram utilizados 5 tratamentos (controle, hipoclorito de sódio 100 e 200 mg L⁻¹ e dicloro isocianurato de sódio (Hidrosan®) 100 e 200 mg L⁻¹ por 15 min) e 3 tempos de análises, correspondente aos dias 0, 3 e 6, com 4 repetições de 10 frutos para cada tratamento.

4.3 Preparo das amostras e instalação do experimento

Os frutos foram separados, ao acaso, em 5 lotes de 160 frutos cada e imersos nos respectivos sanificantes: hipoclorito de sódio 100 mg L⁻¹, por 15 minutos; hipoclorito de sódio 200 mg L⁻¹, por 15 minutos; dicloro isocianurato de sódio (Hidrosan®) 100 mg L⁻¹, por 15 minutos; dicloro isocianurato de sódio (Hidrosan®) 200 mg L⁻¹, por 15 minutos e controle.

Em seguida, foram colocados sobre papel-toalha em uma bancada, à temperatura ambiente, por seis dias. As análises foram iniciadas logo após a imersão e, a cada 3 dias, até o fim do período de armazenamento, o mesmo foi feito para os frutos controle.

4.4 Análises microbiológicas

4.4.1 Contagem de coliformes a 35°C e coliformes termotolerantes, pelo método do número mais provável (NMP)

O procedimento utilizado foi o método do número mais provável, da American Public Health Association, descrita no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (Silva et al., 2007).

4.4.1.2 Coliformes a 35°C

Pesaram-se 25 g da polpa dos morangos de cada repetição de cada tratamento e adicionaram-se em 225 mL de água peptonada 0,1% (H₂O p). Homogeneizou-se, sob agitação, por 5 minutos, sendo esta solução a diluição 10⁻¹. Para cada diluição, fez-se um tubo com 9 mL de água peptonada 0,1% (H₂O p).

Pipetou-se 1mL da diluição 10⁻¹, colocando-a no primeiro tubo (10⁻²) com 9 mL de água peptonada 0,1%; 1 mL desta mistura foi colocado no segundo tubo (10⁻³) e assim sucessivamente, até a diluição 10⁻⁵.

Para cada diluição, foram utilizados três tubos de caldo LTS, para inocular. Pipetaram-se 3 mL do tubo de maior diluição e colocou-se 1 mL nos seus correspondentes de caldo lauril. Repetiu-se o procedimento até os tubos de diluição 10⁻⁵. Terminado o processo, colocaram-se os tubos inoculados em estufa de cultura, por 48 horas, a 37°C. Transcorrido este tempo, fez-se a leitura. Aqueles tubos que turvaram o meio (formação de ácido) e produziram bolhas dentro do tubo de Durham (CO₂) foram considerados positivos para coliformes totais. Qualquer outra opção é interpretada como negativo.

A quantificação foi realizada pela tabela de número mais provável (NMP) e a última diluição tem que ter, pelo menos, um tubo negativo.

4.4.1.3 Coliformes termotolerantes

Dos tubos positivos para coliformes totais, repicou-se para os tubos de caldo *Escherichia coli* (EC) com alça de platina, sempre flambando. Os tubos foram incubados em banho-maria, por 48 horas, a 44,5°C.

A quantificação foi feita pela tabela de números mais prováveis e a última diluição deve ter, pelo menos, um tubo negativo.

4.4.2 Detecção de *Salmonella* spp

O procedimento descrito para a análise de *Salmonella* spp. foi adaptado de Uboldi Eiroa (1982), descrito por Silva et al. (2007).

Foram pesados 25 g dos morangos de cada repetição de cada tratamento. Homogeneizou-se em 225 mL de água peptonada tamponada esterilizada e incubou-se, por 18 horas, a 35°C. Aliquotas de 1 mL dessa cultura pré-enriquecida foram transferidas para dois tubos, contendo, cada um, 10 mL de caldo de enriquecimento seletivo, composto pelo caldo tetrionato e pelo caldo Rappaport, e incubadas, a 35°C, por 24 horas. A partir desses caldos, uma alíquota de cada tubo foi semeada em ágar (*hektoen enteric agar*) e incubadas, a 35°C, por 24 horas. Do ágar hektoen selecionaram-se colônias incolores ou de cor rosada, entre translúcida e ligeiramente opaca, e cujo meio básico apresentou tom maravilha. Posteriormente, as colônias foram semeadas em ágar tríplice açúcar ferro (TSI) e ágar ferro lisina (LIA), com incubação, a 35°C, por 24 horas.

4.4.3 Contagem de aeróbios psicrotrófilos

A contagem de aeróbios psicrotrófilos foi realizada conforme Samson et al. (2000) descrito por Silva et al. (2007).

Foram pesados 25 g da polpa dos morangos de cada repetição de cada tratamento e adicionaram-se a 225 mL de água peptonada 0,1% (H₂O p).

Homogeneizou-se sob agitação por 5 minutos, sendo esta solução a diluição 10^{-1} . Para cada diluição fez-se um tubo com 9 mL de água peptonada 0,1% (H₂O p).

Pipetou-se 1 mL da diluição 10^{-1} , colocando-a no primeiro tubo (10^{-2}), com 9 mL de água peptonada 0,1%; 1 mL desta mistura foi colocado no segundo tubo (10^{-3}).

Para cada diluição, foram utilizados três tubos de caldo LTS, para inocular. Pipetaram-se 3 mL do tubo de maior diluição e colocou-se 1 mL nos seus correspondentes de caldo lauril. Repetiu-se o procedimento até os tubos de diluição 10^{-5} .

Foram transferidos 100 µL para cada placa de meio contendo PCA, incubando-as por 10 dias, a 7°C. Após o período de incubação, foi realizada a contagem das colônias nas diferentes diluições e os resultados foram expressos em UFC g⁻¹.

4.4.4 Isolamento e identificação de fungos e contagem de leveduras

4.4.4.1 Diluição selada

Adicionaram-se 25 g dos morangos de cada repetição de cada tratamento nos quais houve crescimento visual de fungos, em 225 mL de água peptonada e agitou-se por 5 minutos, conforme Samson et al. (2000) descrito por Silva et al. (2007).

Foram transferidos 100 µL para cada placa de meio contendo dicloran rosa de bengala cloranfenicol, ou DRBC, incubado-as por 7 dias, a 25°C. Após o período de incubação, foi realizada a contagem das colônias nas diferentes diluições e os resultados foram expressos em UFC/g. Após a contagem, os fungos foram transferidos para o meio extrato de malte ágar, até serem obtidas culturas puras. Com as culturas puras foi realizada a identificação dos fungos, conforme Samson et al. (2000), em meios de cultura padronizados.

Com o auxílio de uma alça de platina, foram preparadas lâminas coradas (azul de metileno) e observadas em microscópio, para a identificação dos gêneros dos fungos filamentosos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Resolução RDC nº 12, são apresentados dados relativos aos Padrões Microbiológicos Sanitários para Alimentos, segundo os quais morangos frescos e similares, *in natura*, inteiros, selecionados ou não, têm tolerância de 2×10^3 para coliformes a 45°C/g e ausência para *Salmonella* sp./25 g (Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, 2001). Verificou-se que os morangos analisados apresentaram ausência de coliformes (a 35°C e termotolerantes) e *Salmonella* sp., para todos os tratamentos, inclusive o controle, o que pode comprovar que os cuidados higiênico-sanitários tomados durante o processamento do produto são de fundamental importância e podem contribuir para que o mesmo apresente baixa contagem microbiana.

Durante o armazenamento, verificou-se que os morangos sem tratamentos apresentaram grandes contagens de aeróbios psicrófilos e os tratados com 100 mg L⁻¹ de hipoclorito de sódio e 100 mg L⁻¹ de dicloro isocianurato de sódio obtiveram contagens menores que os frutos controle, mas superiores aos tratados com 200 mg L⁻¹ de hipoclorito de sódio e 200 mg L⁻¹ de dicloro isocianurato de sódio. Comparando-se os morangos tratados com 200 mg L⁻¹ de hipoclorito de sódio e os com 200 mg L⁻¹ de dicloro isocianurato de sódio, pode-se notar que naqueles que receberam tratamento com dicloro isocianurato de sódio na concentração de 200 mg L⁻¹ não houve crescimento de psicrófilos durante os seis dias de armazenamento à temperatura ambiente, o que pode ser verificado na Tabela 1.

Antoniolli et al. (2007), avaliando a qualidade de abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado e armazenado sob atmosfera controlada, analisaram os seguintes parâmetros: cor, coliformes a 35 e a 45 °C, microrganismos aeróbios mesófilos, psicrófilos, bolores e leveduras. Concluíram que não foram detectados coliformes totais e fecais. A combinação 5:15 (O₂:CO₂, %) reduziu

ligeiramente o crescimento microbiano, entretanto o abacaxi Pérola minimamente processado parece ser pouco sensível ao armazenamento sob atmosfera controlada, considerando-se que ao término do armazenamento as fatias apresentavam-se pouco escurecidas e livres de contaminação que compromettesse a segurança do alimento.

TABELA 1 Valores médios de contagens de aeróbios psicrotrófilos em morangos cv. Oso-grande, armazenados, à temperatura ambiente, por um período de seis dias, sob condições ambientais.

Sanitizante	Dias	Psicrotrófilos (UFC g⁻¹)
Controle	0	0,7x10 ³
	3	2,0x10 ³
	6	INC
Hipoclorito de sódio 100 mg L ⁻¹	0	0,4x10 ³
	3	5,4x10 ³
	6	4,0x10 ³
Hipoclorito de sódio 200 mg L ⁻¹	0	< 25
	3	0,1x10 ³
	6	0,3x10 ³
Hidrosan® 100 mg L ⁻¹	0	0,3x10 ³
	3	0,3x10 ³
	6	0,3x10 ³
Hidrosan® 200 mg L ⁻¹	0	< 25
	3	< 25
	6	< 25

*INC: Incontável.

Quanto à contagem de fungos filamentosos e leveduras, verificou-se que é de fundamental importância o uso de sanificantes para inibir seu crescimento. Todas as amostras controle apresentaram grandes contagens de fungos filamentosos e leveduras, o que pode também ser verificado visualmente, principalmente no 6º dia de armazenamento. As amostras tratadas com hipoclorito de sódio apresentaram maiores contagens de fungos filamentosos e leveduras, quando comparadas com as tratadas com o dicloro isocianurato de sódio. Nos primeiros dias de armazenamento, pode-se verificar que houve diferença entre os tratamentos hipoclorito de sódio a 100 mgL^{-1} e 200 mg L^{-1} , mas, comparando-se os tratamentos dicloro isocianurato de sódio a 100 mgL^{-1} e 200 mgL^{-1} , verifica-se que a concentração de 200 mgL^{-1} foi o tratamento mais eficiente (Tabela 2). A hidrólise do dicloroisocianurato de sódio acarreta vantagens em relação ao hipoclorito de sódio, pois é ácida, favorecendo a forma não ionizada do ácido hipocloroso, além de sua liberação ser gradativa, em função do equilíbrio químico da reação.

A presença de fungos em número elevado é indesejável, quanto à qualidade microbiológica, porque eles são capazes de produzir grandes variedades de enzimas, que provocam a deterioração de frutos (podridão mole). Além disso, muitos fungos filamentosos podem produzir metabólitos tóxicos quando estão se desenvolvendo nos alimentos.

Utto et al. (2008), estudando a redução de *Botrytis cinerea* em tomates, relataram que as taxas de fungos filamentosos e leveduras são consideradas baixas quando permanecerem entre 10^3 e 10^4 UFC.g^{-1} .

Os fungos filamentosos identificados foram o *Rhizopus stolonifer*, que causa doença preferencialmente em pós-colheita, durante o processo de comercialização, e raramente na lavoura, também conhecida como podridão mole e o *Cladosporium cladosporioides*, que provoca manchas escuras em frutos danificados. A partir das espécies identificadas, os resultados deste estudo

demonstraram uma deterioração fúngica natural que ocorre em frutos de morango, após a sua vida de prateleira.

O morango é considerado uma das frutas mais sensíveis ao apodrecimento e os responsáveis por essa rápida deterioração são os fungos dos gêneros *Botrytis*, *Penicillium*, *Phomopsis* e *Rhizopus* (Dias et al., 2009).

TABELA 2 Valores médios de contagens de fungos filamentosos e leveduras em morangos cv. Oso-grande, armazenados, à temperatura ambiente, por um período de seis dias, sob condições ambientais.

Sanitizante	Dias	Fungos filamentosos (UFC g ⁻¹)	Leveduras (UFC g ⁻¹)	Contagem total
Controle	0	0,9x10 ³	0,2x10 ⁴	2,6x10 ³
	3	8,2x10 ³	2,0x10 ⁴	28,2x10 ³
	6	INC	5,0x10 ⁴	INC
Hipoclorito de sódio 100 mg L ⁻¹	0	3,4x10 ²	4,6x10 ²	8,0x10 ²
	3	6,0x10 ²	4,5x10 ²	1,1x10 ³
	6	INC	INC	INC
Hipoclorito de sódio 200 mg L ⁻¹	0	2,0x10 ²	2,5x10 ²	4,5x10 ²
	3	4,4x10 ²	5,0x10 ²	9,4x10 ²
	6	INC	INC	INC
Hidrosan® 100 mg L ⁻¹	0	<30	0,3x10 ³	0,3x10 ³
	3	<30	2,4x10 ³	2,4x10 ³
	6	<30	3,0x10 ³	3,0x10 ³
Hidrosan® 200 mg L ⁻¹	0	<30	1,0x10 ²	1,0x10 ²
	3	<30	1,1x10 ²	1,1x10 ²
	6	<30	1,0x10 ²	1,0x10 ²

6 CONCLUSÃO

O uso de sanificantes foi de fundamental importância, mantendo baixas as contagens de fungos filamentosos e leveduras. Todos os sanificantes estudados foram eficientes para manter a qualidade de morangos cv. Oso-Grande por seis dias de armazenamento à temperatura ambiente. Porém, o dicloro isocianurato a 200 mg L^{-1} inibiu o crescimento de fungos filamentosos e aeróbios psicrotrófilos e as contagens de leveduras foram menores quando comparadas com as dos outros tratamentos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n. 12, de 02 de janeiro de 2001**. Disponível em: <www.file\Avisa-Legislação-Resolução.htm>. Acesso em: 17 mar. 2010.

ANTONIOLLI, L. R.; BENEDETTI, B. C.; SIGRIST, J.; M. M.; SILVEIRA, N. F. de A. Quality evaluation of fresh-cut Pérola pineapple stored in controlled atmosphere. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 530-534, 2007.

DIAS, A. C. F.; COSTA, F. E. C.; ANDREOTE, F. D.; LACAVA, P. T.; TEIXEIRA, M. A.; ASSUMPÇÃO, L. C.; ARAÚJO, W. L.; AZEVEDO, J. L.; MELO, I. S. Isolation of micropropagated strawberry endophytic bacteria and assessment of their potential for plant growth promotion. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 189-195, Feb. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Enciclopédia dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro, 1959. 670 p.

MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M. A.; VARGAS-ARISPURO, L.; CUAMEA-NAVARRO, F.; MORÓN, C. Producción primaria y manejo. In: GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; GARDEA, A. A.; CUAMEA-NAVARRO, F. (Ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. Hermosillo: CIAD, 2005. cap. 2, p. 17-34.

OLIVEIRA, L. M. de; OLIVEIRA, P. A. P. L. V. de. Revisão: principais agentes antimicrobianos utilizados em embalagens plásticas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 161-165, 2004.

REIS, K. C.; SIQUEIRA, H. H.; ALVES, A. P.; SILVA, J. D.; LIMA, L. C. O. Efeito de diferentes sanificantes sobre a qualidade de morango cv. Oso-grande. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 196-202, jan./fev. 2008.

SAMSON, R. A.; HOEKSTRA, E. S.; FRISVAD, J. C.; FILTENBORG, O. **Introduction to food-borne Fungi**. 4. ed. Baarn: Centraalbureau Voor Schimmelcultures, 2000.

SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S. dos; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007. 552 p.

TAKEUCHI, K.; FRANK, J. F. Quantitative determination of the role of lettuce leaf structures in protecting *Escherichia coli* O157:H7 from chlorine disinfection. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 64, n. 2, p. 147-151, Feb. 2001.

UBOLDI EIROA, M. N. **Curso de microbiologia de alimentos**. Campinas: ITAL, 1982. 83 p.

UTTO, W.; MAWSON, A. J.; BRONLUND, J. E. Hexanal reduces infection of tomatoes by *Botrytis cinerea* whilst maintaining quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 47, n. 3, p. 434-437, Mar. 2008.

CAPÍTULO 3

DETERMINAÇÃO DE VITAMINA C EM MORANGOS, UTILIZANDO AS TÉCNICAS COLORIMÉTRICAS E HPLC

1 RESUMO

Foram selecionados 160 morangos da cultivar Oso-Grande que receberam tratamento com dicloroisocianurato de sódio $200 \mu\text{g L}^{-1}$, para desinfecção, sendo armazenados por 6 dias, à temperatura ambiente e analisados, a cada 2 dias, pelos métodos cromatográfico e espectrofotométrico para quantificar e avaliar o comportamento da vitamina C. Concluiu-se que o método HPLC utilizando coluna e pré-coluna de fase reversa ($250 \times 4,6 \text{ mm}$; $5\mu\text{MID}$), 100% de um tampão pH 6,67, contendo acetato de sódio $0,04 \text{ mol L}^{-1}$, EDTA ácido $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, fosfato de tetrabutilamônio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ (1:1:1) como fase móvel, modo isocrático, fluxo $0,6 \text{ mL min}^{-1}$ e o detector UV, no comprimento de onda de 254 nm, detectou maiores teores de vitamina C, quando comparado com o método espectrométrico. Os teores de ácido ascórbico diminuíram durante o armazenamento à temperatura ambiente.

Palavras-chaves: Morango. Vitamina C. HPLC. Espectrométrico.

DETERMINATION OF VITAMIN C IN STRAWBERRIES USING THE TECHNIQUES COLORIMETRIC AND HPLC

2 ABSTRACT

We selected 160 strawberry cultivar Oso-large who were treated with sodium dichloroisocyanurate $200\mu\text{g L}^{-1}$ for disinfection and stored for 6 days at room temperature and analyzed every two days by chromatographic and spectrophotometric methods to quantify and evaluate the behavior vitamin C. It was concluded that the HPLC method using pre-column and reversed phase column (250 x 4.6 mm; $5\mu\text{MID}$), 100% of a buffer pH 6,67, containing sodium acetate 0.04 mol L^{-1} , EDTA acid 0.05 mol L^{-1} , tetrabutylammonium phosphate, 0.5 mol L^{-1} (1:1:1) as mobile phase, isocratic mode, flow $0,6\text{ mL min}^{-1}$ and UV detector at wavelength of 254 nm detected higher levels of vitamin C when compared with the spectrophotometric method. The levels of ascorbic acid decreased during storage at room temperature.

Index terms: Strawberry. Vitamin C. HPLC. Spectrometric.

3 INTRODUÇÃO

As vitaminas são substâncias orgânicas pertencentes a diferentes classes de compostos químicos, essenciais à dieta, em pequenas quantidades. Exercem funções de crescimento, capacidade de gerar descendentes saudáveis, manutenção da saúde, vigor e longevidade do organismo (Rosa et al., 2007; Mezdari et al., 2008).

A determinação da vitamina C em alimentos é bastante complexa, em função dos baixos níveis em que esta pode ser encontrada, além da presença de substâncias interferentes da matriz estudada que podem, inclusive, contribuir para a sua degradação. Como está presente em níveis baixos, nos alimentos, a escolha de um método de dosagem de vitamina C total deve considerar o custo/benefício dos resultados obtidos (Rosa et al., 2007).

O morango constitui fonte rica de vitamina C, oscilando entre 39 a 89 mg 100g⁻¹ de fruta, sendo o valor médio 60 mg 100g⁻¹ de fruta (Domingues, 2000). Os teores de ácido ascórbico podem variar, dependendo do estágio de maturação, da cultivar, da época, das condições de cultivo e da duração e das condições de armazenamento (Chitarra, 1999).

O método mais usual para a determinação de vitamina C em frutos é o de Strohecker & Henning (1967). Trata-se um método espectrométrico que utiliza ácido sulfúrico concentrado para quantificação. Outros métodos para se determinar esta vitamina em frutos também são utilizados, como a cromatografia líquida de alta eficiência, em que se encontram várias técnicas com diferentes formas de extração e condições cromatográficas.

Existem várias técnicas para se determinar vitamina C em frutos por HPLC. Rodriguez et al. (1992) determinaram vitamina C e ácidos orgânicos em vários frutos utilizando coluna de fase reversa e, como fase móvel, solução de ácido sulfúrico pH 2,2. Hernández et al. (2006) determinaram vitamina C em

frutos tropicais utilizando como fase estacionária uma coluna C₁₈ e, como fase móvel, ácido ortofosfórico 0,2%. Odriozola-Serrano et al. (2007) determinou vitamina C em frutos em duas diferentes condições cromatográficas. Na primeira, eles utilizaram como fase móvel uma solução de ácido sulfúrico a 0,01% em pH 2,6 e, como fase estacionária, uma coluna de fase reversa e, no outro experimento, eles utilizaram como fase móvel uma solução de 10mmol.L⁻¹ de fosfato de potássio di-hidrogenado pH 2,6 e acetonitrila, na proporção de 60:40 e, como fase estacionária, uma coluna de NH₂-Spherisorb S₅.

Colunas de fase reversa como a C₁₈ apresentam, na especificação do fabricante, um pH ótimo de trabalho entre 2 e 8. Pode-se verificar, no entanto, que é bastante comum o uso de fase móvel ácida em pH próximo ao limite da coluna. Neste contexto, este estudo foi realizado com o objetivo de quantificar vitamina C em morangos da cultivar Oso-Grande armazenados por seis dias, à temperatura ambiente, utilizando a técnica cromatográfica e a espectrofotométrica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matéria-prima

Duzentos frutos da cultivar Oso-Grande foram colhidos em um pomar comercial da região de Itutinga, MG, situado a 910 m de altitude, e nas coordenadas geográficas de 21°18'45" de latitude Sul e 44°41'15" de longitude W. Gr. (IBGE, 1959), e levados para o Laboratório de Bioquímica no Departamento de Química da UFLA, em Lavras, MG, onde foram selecionados 160 frutos em relação ao tamanho, ao estágio de maturação e à ausência de defeitos.

4.2 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo 4 dias de análises, correspondente aos dias 0, 2, 4 e 6, com 4 repetições de 10 frutos.

4.3 Preparo das amostras e instalação do experimento

Os 160 frutos foram imersos em uma solução de dicloroisocianurato a uma concentração de $200\mu\text{g L}^{-1}$, por 15 minutos, para desinfecção. Em seguida, foram colocados sobre papel-toalha para secar à temperatura ambiente. Após essa etapa, foram separados, ao acaso, em 4 lotes de 40 frutos cada e armazenados à temperatura ambiente, $21\pm 1,4^{\circ}\text{C}$ e $55\pm 5,7\%$ UR, por 6 dias. As análises foram iniciadas logo após o armazenamento (dia zero) e, a cada dois dias, até o fim do período de armazenamento.

4.4 Vitamina C

Pesaram-se 5 g de morangos, previamente triturados e 50 mL de ácido oxálico 0,5%. Agitou-se, por 15 minutos, em agitador orbital-TECNAL e

filtrou-se com papel celulósico, conforme a técnica de Strohecker & Henning (1967).

O conteúdo de ácido ascórbico (após a oxidação a ácido dehidroascórbico) foi determinado pelo método colorimétrico com 2,4-dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker & Henning (1967) e pelo método HPLC, utilizando um equipamento UFLC Shimadzu modelo (LC 20 A), equipado com bomba binária de alta pressão, injetor automático com autoamostrador, forno e detector UV em 254 nm. Os padrões e as amostras foram injetados em uma coluna (250 x 4,6 mm, 5 μ m ID- Nucleosil), acoplada a uma pré-coluna C18 (15 x 3,2 mm (partícula de 5 μ m). A fase móvel foi composta por 100% de solução tampão acetato de sódio, pH 6,67, contendo acetato de sódio 0,04 mol L⁻¹, EDTA ácido 0,05mol L⁻¹, fosfato de tetrabutílamônio 0,5 mmol L⁻¹ (1:1:1), no modo isocrático, fluxo de 0,6 mL min⁻¹ e o volume de injeção de 20 μ L. A temperatura da coluna foi mantida constante em 15°C. A vitamina C foi eluída da coluna em 6,83 minutos, sendo o tempo total da corrida de 15 minutos. O desvio padrão do método foi de 7,72%, apresentando recuperação de 93,15%, conforme a técnica de Silva et al. (2009).

4.5 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANAVA), por meio do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2003). As médias dos tratamentos foram analisadas por regressão polinomial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O armazenamento influenciou significativamente no teor de vitamina C dos frutos (Figura 1). Observa-se que, em ambos os métodos de quantificação, houve uma diminuição dos teores de vitamina C dos frutos ao longo do armazenamento, oriundas das transformações sofridas no processo de amadurecimento.

O decréscimo nos teores de vitamina C pode ter ocorrido devido às reações enzimáticas oxidativas, que transformam a forma reversível do ácido dehidroascórbico (forma reduzida do ácido ascórbico) na forma irreversível de ácido 2,3 dicetogulônico (Watada, 1990), causando diminuição da quantidade total de vitamina C.

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), perdas substanciais de nutrientes podem ocorrer com o armazenamento, especialmente de vitamina C. Algumas vezes, até mesmo interações com outras substâncias presentes no alimento contribuem para a diminuição do teor de vitamina C; seu decréscimo, por exemplo, pode ser catalisado pela lumiflavina, produto de degradação da riboflavina (vitamina B2) ou, ainda, pela presença de enzimas como a ácido ascórbico oxidase (Rosa et al., 2007).

A quantidade de ácido ascórbico nos morangos encontrados neste estudo para doseamento via HPLC foi superior ao obtido por espectrometria durante todo o armazenamento.

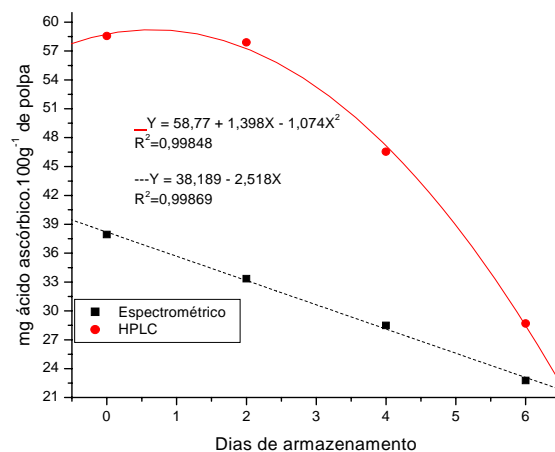


FIGURA 1 Curva e equação de regressão de vitamina C de morangos 'Oso Grande' quantificados via HPLC e por espectrometria.

Isso, provavelmente, porque, durante o doseamento via espectrometria, a adição de ácido sulfúrico concentrado pode ter oxidado o ácido ascórbico (AA), uma vez que este é um complexo termolábil sensível e, para que a sua extração ou doseamento apresentem rendimento elevado e não haja qualquer decomposição do mesmo, são necessários cautela e experiência dos analistas para que a amostra não degrade e não carbonize (Nojavan, 2008). Em ambos os casos, o resultado obtido foi diferente do teor real de AA na amostra, para mais ou para menos.

Observa-se, no gráfico da Figura 2, que o tempo de retenção da amostra na determinação via HPLC é pequeno (7 minutos) e que há uma boa resolução do pico. O teor de AA em amostras de morango obtidos via HPLC foi cerca de duas vezes maior que o teor obtido por espectrometria, exceto no último dia.

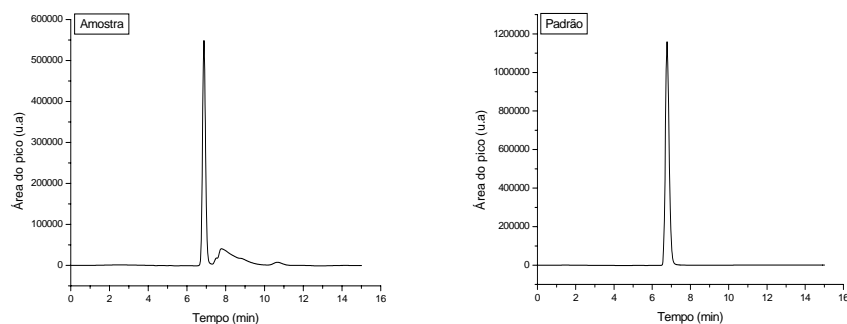


FIGURA 2 Cromatograma da amostra de morangos ‘Oso Grande’ armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias e do padrão de ácido ascórbico.

Como, naturalmente, o ácido ascórbico está presente em níveis baixos nos alimentos, a escolha de um método de dosagem de vitamina C total deve considerar o custo/benefício dos resultados obtidos.

Apesar de o método colorimétrico apresentar-se bastante simples e acessível, ele tem algumas desvantagens, tais como está sujeito a muitos interferentes, apresenta longo tempo de análise, utiliza grande quantidade de amostra e pode haver a oxidação do AA. O método via HPLC tem a vantagem de ser simples no preparo dos reagentes, sensível, rápido, utiliza pequeno volume de amostra e apresenta elevado grau de confiabilidade nos resultados; o pH da fase móvel é 6,6 e apresenta rendimento elevado, o que indica que não há decomposição do A.A.

6 CONCLUSÃO

A determinação de vitamina C em morangos da cultivar Oso-grande, armazenados à temperatura ambiente, por seis dias, foram maiores no método HPLC. Apresentando boa resolução entre os picos, utilizaram-se, como fase móvel, soluções aquosas bastante diluídas com pH 6,67, reagentes de baixa periculosidade, em temperatura ambiente (25°C) e também otimizou o tempo de análise, podendo ser empregada com sucesso em frutos, pois a precisão do método foi de 93%. Os teores de ácido ascórbico decresceram durante todo o armazenamento.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHITARRA, A. B. **Armazenamento de frutos e hortaliças por refrigeração**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 58 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 783 p.

DOMINGUES, D. M. **Efeito da radiação gama e embalagem na conservação de morangos "Toyonoka" armazenados sob refrigeração**. 2000. 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Piracicaba.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - sistema de análise de variância, Versão 4. 6. Lavras: Dex/UFLA, 2003. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/danielff/df02.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

HERNÁNDEZ, Y.; LOBO, M. G.; GONZÁLEZ, M. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. **Food Chemistry**, London, v. 96, n. 4, p. 654-664, June 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Enciclopédia dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro, 1959. 670 p.

MEZADRI, T.; VILLAÑO, D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M. S.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 21, n. 4, p. 282-290, June 2008.

NOJAVAN, S.; KHALILIAN, F.; KIAIE, F. M.; RAHIMI, A.; ARABANIAN, A.; CHALAVI, S. Extraction and quantitative determination of ascorbic acid during different maturity stages of *Rosa canina* L. fruit. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 21, n. 4, p. 300-305, June 2008.

ODRIOZOLA-SERRANO, I.; HERNÁNDEZ-JOVER, T.; MARTÍN-BELLOSO, O. Comparative evaluation of UV-HPLC methods and reducing agents to determine vitamin C in fruits. **Food Chemistry**, London, v. 105, n. 3, p. 1151-1158, 2007.

RODRIGUEZ, M. A. R.; ODERIZ, M. L. V.; HERNANDEZ, J. L.; LOZANO, S. Determination of vitamin C and organic acids in various fruits by HPLC. **Journal of Chromatographic Science**, Niles, v. 30, n. 11, p. 433-437, Nov. 1992.

ROSA, J. S.; GODOY, L. O.; OIANO NETO, J.; CAMPOS, R. S.; MATTA, V. M.; FREIRE, C. A.; SILVA, A. S.; SOUZA, R. S. Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 837-846, out./dez. 2007.

SILVA, P. A.; QUEIROZ, E. R.; ABREU, C. M. P.; SACZK, A. A.; CORRÊA, A. D. Desenvolvimento de metodologia analítica para determinação de vitamina C em morango por HPLC. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBQ, 2009. CD-ROM.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: metodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 44, n. 5, p. 116-122, May 1990.

CAPÍTULO 4

QUALIDADE DE MORANGOS ‘OSO-GRANDE’ SUBMETIDOS AO 1-METILCICLOPROPENO E ARMAZENADOS A TEMPERATURA AMBIENTE

1 RESUMO

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade de morangos submetidos ao 1-metilciclopropeno. Quatrocentos frutos da cultivar Oso-Grande provenientes de Itutinga, MG, foram imersos em uma solução de dicloroisocianurato na concentração de $200\mu\text{g L}^{-1}$, por 15 minutos para desinfecção. Depois foram separados ao acaso, em 2 lotes de 200 frutos cada e colocados em uma câmara hermeticamente fechada, onde receberam tratamento com 1-MCP. Ao final do período de 2 horas, os frutos foram armazenados a $21\pm 1,4^{\circ}\text{C}$ e $55\pm 5,7\%$ UR, por 6 dias. Os parâmetros estudados foram: perda de massa, sólidos solúveis totais, acidez titulável, pH, açúcares totais, redutores e não redutores, vitamina C, firmeza, pectina total e solúvel, porcentagem de solubilização, atividade da pectinametilesterase (PME) e atividade de poligalacturonase (PG). Concluiu-se que o 1-MCP foi eficiente em manter a qualidade dos frutos, pois os mesmos apresentaram maiores teores de vitamina C, firmeza e pectina total, menores valores de pH, acidez titulável e sólidos solúveis, de atividades de PG e de PME e de teores de perda de massa, pectina solúvel e porcentagem de solubilização em relação. Esses frutos estavam com boa aparência até o 6º dia de armazenamento. Os frutos não tratados já se apresentavam com aparência comprometida a partir do 4º dia.

Palavras-chaves: Armazenamento. 1-MCP. Morango. Pós-colheita.

**QUALITY OF STRAWBERRIES 'OSO GRANDE' SUBJECT TO
1-METHYLCYCLOPROPENE AND STORED
TEMPERATURE**

2 ABSTRACT

The study aimed to evaluate the quality of strawberries subjected to 1-methylcyclopropene. The fruits of the cultivar Oso Grande were from Itutinga, MG. The 400 fruits were immersed in a solution of chlorinated concentration of $200\mu\text{g L}^{-1}$ for 15 minutes for disinfection. And then separated randomly into 2 groups of 200 fruits each and placed in a sealed chamber, where they received treatment with 1-MCP. At the end of the period of 2 hours, the fruits were stored at 21 ± 1.4 ° C and $55 \pm 5.7\%$ RH for 6 days. The parameters studied were: weight loss, soluble solids, titratable acidity, pH, total sugars, reducing and non reducing sugars, vitamin C, firmness, total pectin and soluble percentage solubilization and pectin methylesterase activity (PME) and polygalacturonase activity (PG). It was concluded that 1-MCP was effective in maintaining fruit quality, as they showed higher levels of vitamin C, firmness and total pectin levels lower pH, titratable acidity and soluble solids, the activities of PG and PME and levels of loss mass, and soluble pectin% solubilization compared. These fruits were looking good until the 6th day of storage. The non-treated fruits, as presented with poor appearance from the 4th day.

Index terms: Storage. 1-MCP. Strawberry. Post-harvest.

3 INTRODUÇÃO

À medida que o mercado consumidor se conscientiza sobre o efeito do que consome, na manutenção da saúde, torna-se mais exigente por produtos de qualidade, especialmente no consumo *in natura*, em que a relação produto/consumidor é muito estreita (Vilas Boas et al., 2004).

As frutas constituem parte essencial em uma dieta humana balanceada, pois são importantes fontes de minerais e vitaminas, nutrientes indispensáveis para uma vida saudável. O morango é considerado uma das frutas mais importantes, devido a peculiaridades como sabor, coloração, aroma e bom valor nutricional, sendo muito utilizado como sobremesa (Pazinato, 1999).

Sua vida pós-colheita é curta e, mesmo sob refrigeração, morangos são muito suscetíveis a fungos que causam rápida deteriorização. É muito delicado e altamente perecível, o que implica em preço elevado e tem como problemas importantes os relativos à embalagem, transporte e conservação. Como os frutos de morango são consumidos na sua integridade, tanto ao natural como processado (polpa), devem-se utilizar, na sua conservação, produtos naturais e biodegradáveis e que não alterem seu sabor, sua cor e seu aroma característicos.

Estudos têm demonstrado a eficiência do 1-metilciclopropeno (1-MCP) em estender a vida pós-colheita de frutos, inibindo a ação do etileno, composto chave envolvido nos processos metabólicos do amadurecimento e estendendo, assim, a vida útil desses produtos. Portanto, este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a influência do 1-MCP nas substâncias envolvidas com o amaciamento e a qualidade de morangos, armazenados à temperatura ambiente.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matéria-prima

Os frutos da cultivar Oso-Grande foram colhidos maduros, pela tarde, em um pomar comercial da região de Itutinga, MG, situado a 910 m de altitude e nas coordenadas geográficas de 21°18'45" de latitude Sul e 44°41'15" de longitude W. Gr. (IBGE, 1959).

Foram colhidos 320 frutos que foram levados para o Laboratório de Bioquímica, no Departamento de Química da UFLA, em Lavras, MG, onde foram selecionados em relação ao tamanho, ao estágio de maturação e à ausência de defeitos.

4.2 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) e os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial (2X4), sendo 2 tratamentos (controle e tratados com 100 nL L⁻¹ de 1-MCP), 4 tempos de análises, correspondente aos dias 0, 2, 4 e 6, com 4 repetições de 10 frutos para cada tratamento.

4.3 Preparo das amostras e instalação do experimento

Os 320 frutos foram imersos em uma solução de dicloroisocianurato de sódio, à concentração de 200 µg L⁻¹, por 15 minutos, para desinfecção. Em seguida, foram colocados sobre papel-toalha para secar, à temperatura ambiente. Após essa etapa, foram separados, ao acaso, em dois lotes de 160 frutos cada, os quais foram colocados em câmaras hermeticamente fechadas. Em uma das câmaras foram aplicados 100 nL L⁻¹ de 1-MCP, por 2 horas. Ao final desse período, os frutos foram retirados das câmaras, codificados, pesados e

armazenados à temperatura ambiente, $21\pm 1,4^{\circ}\text{C}$ e $55\pm 5,7\%$ UR, por seis dias. As análises foram iniciadas logo após a aplicação do 1-MCP (dia zero) e, a cada dois dias, até o fim do período de armazenamento, o mesmo foi feito para os frutos controle.

Após a análise física de firmeza, os frutos foram cortados em pedaços e uma parte foi triturada em homogeneizador de tecidos, na proporção de 1:5 (fruto/água), filtrada em organza para avaliações de pH, sólidos solúveis e acidez titulável. O restante da polpa foi congelado com nitrogênio líquido e armazenado, em freezer, a -18°C , para análises posteriores.

4.4 Análises físicas

4.4.1 Perda de massa

Foi registrado o valor da massa da fruta no momento da instalação do experimento (dia zero) e no sexto dia. A diferença entre ambas foi expressa em porcentagem de perda de massa, com referência ao valor inicial. Para este experimento, foi utilizada balança semianalítica Precision, modelo PR1000.

4.4.2 Firmeza

A firmeza dos frutos foi determinada com auxílio de um texturômetro modelo TA. TX2i, equipado com sonda de aço inoxidável de 2mm de diâmetro (P/2N), que mediu a força de penetração com velocidade de descida de 10mm/s e com distância máxima de introdução de 10mm. Foram realizadas quatro medições por fruto, na região equatorial. Os resultados obtidos foram multiplicados por 4,4482 e expressos em Newton (N).

4.5 Análises químicas

4.5.1 pH

O pH foi determinado por potenciometria em eletrodo de vidro, utilizando-se um peagâmetro Micronal modelo B371, segundo técnica da Association of Official Analytical Chemistry - AOAC (2005).

4.5.2 Sólidos solúveis (SST)

A determinação dos SS foi determinada no filtrado, com o auxílio de um refratômetro digital da marca Atago, modelo PR-100 Palette, com ajuste automático de temperatura e os resultados expressos em °Brix, conforme metodologia da AOAC (2005).

4.5.3 Acidez titulável (AT)

A acidez titulável foi determinada por titulação do filtrado, com uma solução padronizada de NaOH 0,1M, segundo a técnica do Instituto... (1985), citada por Zenebon et al. (2008). Os resultados obtidos foram expressos em g de ácido cítrico por 100g⁻¹ de polpa.

4.5.4 Extração e análise de açúcares totais, redutores e não-redutores

Os açúcares totais e redutores foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (2005) e o doseamento, segundo a técnica de Somogyi adaptada por Nelson (1944), citado por Oliveira et al. (2006). A leitura foi realizada em espectrofotômetro com sistema computadorizado e os resultados foram expressos em mg de açúcares por 100g⁻¹ de polpa.

4.5.5 Vitamina C

Pesaram-se 5 g de morangos previamente triturados e acrescentaram-se 50 mL de ácido oxálico 0,5%. Agitou-se, por 15 minutos, em agitador orbital-Tecnal e filtrou-se com papel celulósico, conforme a técnica de Strohecker & Henning (1967). A quantificação foi realizada utilizando-se um equipamento HPLC Shimadzu modelo (LC 20 A), equipado com bomba binária de alta pressão, injetor automático com autoamostrador, forno e detector UV em 254nm. Os padrões e as amostras foram injetados em uma coluna (250 x 4,6 mm, 5 µm ID-Nucleosil) acoplada a uma pré-coluna C18 (15 x 3,2 mm (partícula de 5 µm). A fase móvel foi composta por 100% de solução tampão acetato de sódio, pH 6,67, contendo acetato de sódio 0,04 mol L⁻¹, EDTA ácido 0,05 mol L⁻¹, fosfato de tetrabutilamônio 0,5 mmol L⁻¹ (1:1:1), no modo isocrático, fluxo de 0,6 mL min⁻¹ e o volume de injeção de 20 µL. A temperatura da coluna foi mantida constante em 15°C. A vitamina C foi eluída da coluna em 6 minutos e 83 segundos, sendo o tempo total da corrida de 15 minutos. O desvio padrão do método foi de 7,72%, apresentando recuperação de 93,15%, conforme a técnica de Silva et al. (2009). Os resultados foram expressos em mg 100g⁻¹ de polpa.

4.5.6 Pectina total e solúvel

A extração das substâncias pécicas foi realizada segundo a técnica descrita por McCready & McComb (1952). A determinação colorimétrica foi feita por meio da reação com carbazol, segundo a técnica de Bitter & Muir (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g⁻¹ de polpa.

4.5.7 Porcentagem de solubilização

O cálculo da porcentagem de solubilização foi feito a partir dos dados de

pectina total e solúvel, por meio da seguinte equação:

$$\% \text{ de solubilização} = (\text{pectina solúvel} / \text{pectina total}) \times 100.$$

4.5.8 Análises bioquímicas

4.5.8.1 Atividade da pectinametilesterase (PME)

A PME foi determinada segundo Jen & Robinson (1984). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1nmol de NAOH min⁻¹ grama⁻¹ de polpa, sob as condições do ensaio.

4.5.8.2 Atividade de poligalacturonase (PG)

A atividade enzimática da PG foi determinada pela medida da liberação de grupos redutores, utilizando-se o método do ácido dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959). Uma unidade de atividade de PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1 nmol de açúcar redutor minuto⁻¹ grama⁻¹ de polpa, sob as condições de ensaio.

4.5.9 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANAVA), por meio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2003). As médias dos tratamentos foram analisadas por regressão polinomial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre tratamento e dias de armazenamento para todos os parâmetros estudados ($p < 0,05$). Os resumos das análises de variância das variáveis analisadas são mostrados nas Tabelas 1A, 2A e 3A, dos Anexos.

5.1 Perda de massa

Durante armazenamento, houve perda de massa nos frutos de ambos os tratamentos. Ela está relacionada à perda de água e é uma das principais causas de deterioração, resultando não apenas em perdas quantitativas, mas também na aparência (causando murchamento e enrugamento nos frutos), nas qualidades texturais (causando amaciamento, perda de frescor e de suculência) e na qualidade nutricional (Kader, 2002). Durante o armazenamento, os frutos tratados com 1-MCP apresentaram 13,6% de perda de massa e os frutos sem tratamento, 20,9%. Essa diferença pode ser devido a uma diminuição nos processos metabólicos nos frutos tratados, com consequente diminuição de perda de água (Figura 1).

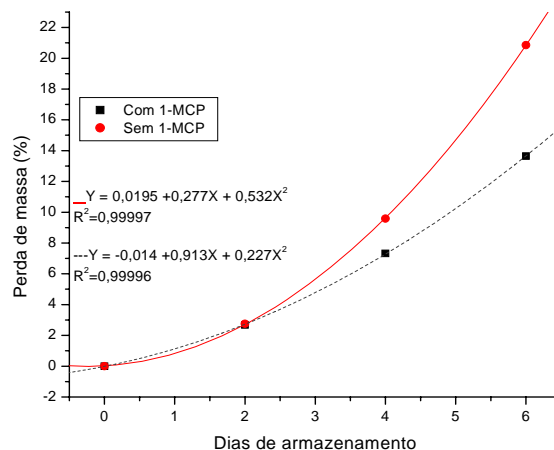


FIGURA 1 Curvas e equações de regressão de perda de massa de morangos ‘Oso Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

Os valores da perda de massa dos frutos não tratados com 1-MCP se apresentam próximos do encontrado por Calegari et al. (2002) (17,1%, em 7 dias de armazenamento, à temperatura ambiente), em experimento utilizando atmosfera modificada na conservação pós-colheita de morangos ‘Oso-Grande’.

5.2 Firmeza

Em ambos os tratamentos, houve diminuição da firmeza dos frutos ao longo do armazenamento, oriunda das transformações sofridas no processo de amadurecimento dos mesmos (Figura 2). Entretanto, nos frutos tratados com 1-MCP, a perda de firmeza foi menor.

Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram, no primeiro dia de armazenamento (dia 0), firmeza de 0,66 N e, no final (dia 6), 0,46 N. Já os frutos que não receberam o 1-MCP apresentaram firmeza de 0,62 N e 0,29 N no dia 0 e 6, respectivamente. A perda de firmeza para os frutos sem 1-MCP foi mais acentuada (53,05%) em relação os frutos com 1-MCP (29,83%), no final do

armazenamento. Essa diferença infere que o 1-MCP retardou a senescência dos frutos, estendendo, por mais tempo sua vida útil, por impedir a ação do etileno.

A diminuição da firmeza durante o armazenamento também foi observada por Hojo et al. (2006), estudando o amaciamento de mangas tratadas com 1-MCP. Mangas que receberam tratamento com 1-MCP apresentaram-se mais firmes, enquanto os frutos que não receberam o tratamento apresentaram-se mais macios.

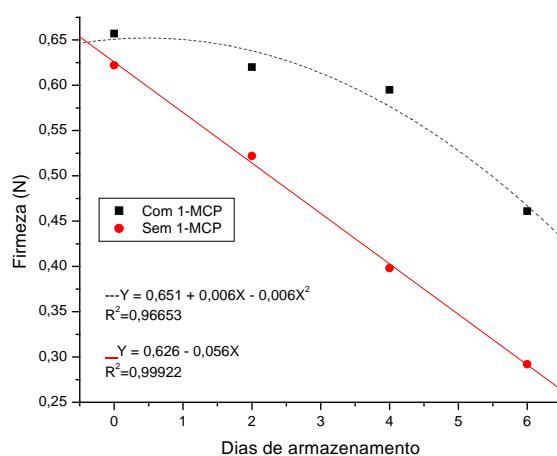


FIGURA 2 Curvas e equações de regressão da firmeza de morangos ‘Oso-Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

O amaciamento dos frutos no decorrer do amadurecimento é frequentemente atribuído à decomposição enzimática da lamela média da parede celular (Awad, 1993). Existem evidências de que esse amaciamento é acompanhado pelo aumento na solubilização de substâncias pécnicas na parede celular e lamela média e um incremento no teor de pectina solúvel em água é também observado.

O aumento na solubilização de pectinas e no teor de pectina solúvel também foi observado neste trabalho.

5.3 pH

Ocorreu, ao longo do armazenamento, um ligeiro acréscimo nos valores médios de pH, em ambos os tratamentos. Entretanto, nos frutos tratados com 1-MCP, este aumento foi menos intenso que nos frutos controle, caracterizando um amadurecimento menos acentuado (Figura 3).

A determinação do pH dos frutos é importante na definição da finalidade de uso das cultivares. De acordo com Passos (1979), morangos que apresentam o pH ácido (menor que 3,5) são apropriados para uso industrial e o mercado consumidor prefere, para consumo ao natural, frutos pouco ácidos, o que demonstra que as exigências para cultivares de uso industrial e consumo ao natural são opostas.

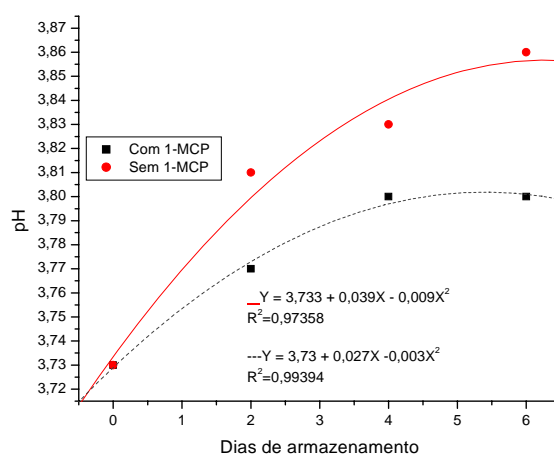


FIGURA 3 Curvas e equações de regressão de pH de morangos 'Oso-Grande' submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

Moraes et al. (2004), estudando a influência do tempo de armazenamento e da cultura na qualidade de morangos, encontrou valores de pH variando de 3,60 a 3,70, para os frutos da cv. Oso-Grande, nos dias 0 e 6, respectivamente, de armazenamento à temperatura ambiente. Os frutos do experimento citado apresentaram variação de pH semelhante à observada neste trabalho, que foi de 3,73 a 3,86 nos frutos controle e de 3,73 a 3,80 nos frutos tratados com 1-MCP, ambos no dia 0 e no dia 6, respectivamente (Figura 3).

5.4 Sólidos solúveis

Os teores de sólidos solúveis são utilizados como indicativos de maturidade e também determinam a qualidade do fruto, exercendo importante papel no sabor. Os sólidos solúveis representam o conteúdo de açúcares solúveis, ácidos orgânicos e outros constituintes menores (Hobson & Grierson, 1993).

Usualmente, o teor de sólidos solúveis aumenta no transcorrer do processo de maturação do fruto, seja por biossíntese ou pela degradação de polissacarídeos. Durante o armazenamento, observou-se o aumento nos teores de sólidos solúveis (Figura 4). Os maiores valores de sólidos solúveis totais foram observados nos frutos sem 1-MCP (7,5° e 10,5°Brix, no dia 0 e no sexto dia, respectivamente). Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram teor de sólidos solúveis de 7,5° e 9,3°Brix (Figura 4), comprovando, mais uma vez, que o 1-MCP retardou a degradação de polissacarídeos.

Os valores encontrados de sólidos solúveis estão de acordo com Moraes et al. (2004) que, estudando a influência do tempo de armazenamento a 1°C e das cultivares Oso-Grande e Sweet Charlie, na qualidade de morango, encontrou valores de 7,7°Brix no dia 0 e 8,4°Brix no oitavo dia de armazenamento.

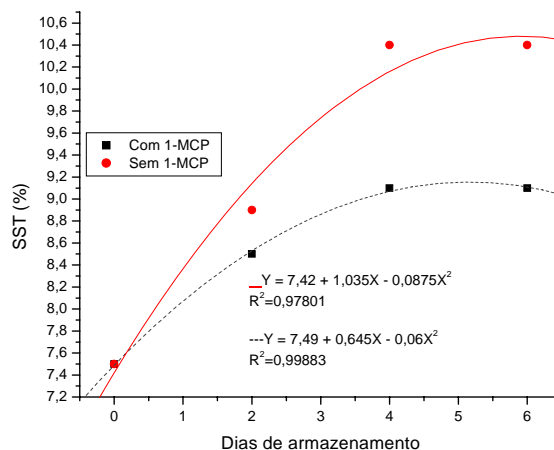


FIGURA 4 Curvas e equações de regressão de sólidos solúveis (SS) de morangos ‘Oso-Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

5.5 Acidez titulável

Espera-se que, durante o amadurecimento, os teores de acidez decresçam, pois os ácidos orgânicos são utilizados no metabolismo dos frutos, sendo convertidos em açúcares ou servindo de substrato para o processo respiratório (Chitarra & Chitarra, 2005). Durante o armazenamento, houve diminuição nos teores de acidez titulável, nos dois tratamentos analisados (Figura 5). Malgarim et al. (2006), estudando a qualidade de morangos var. Camarosa, verificaram redução nos teores de acidez titulável durante o armazenamento para os frutos controle, sendo este valor igual a 0,65 para o dia 0 e 0,55g de ácido cítrico 100g⁻¹ de polpa, para o 9º dia. Berbari et al. (1998), estudando efeito de diferentes tratamentos pré-congelamento sobre a qualidade do morango var. Chandler congelado, encontraram valores de acidez titulável (AT) variando de 0,92 a 0,83g de ácido cítrico 100g⁻¹ de polpa, para os frutos controle.

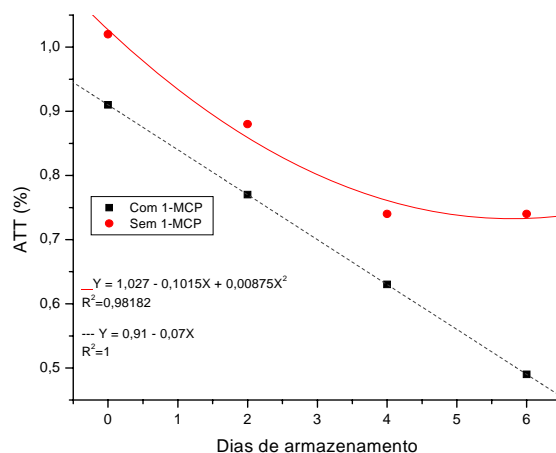


FIGURA 5 Curvas e equações de regressão de acidez total titulável (ATT) de morangos ‘Oso-Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

Esses frutos apresentaram variação semelhante à observada nestes trabalhos, que foi de 0,49 no dia 0 e 1,02g de ácido cítrico 100g⁻¹ de polpa no 6º dia de armazenamento, à temperatura ambiente. O decréscimo dos teores de acidez nos frutos coincide com o aumento do pH durante o período de armazenamento (Figura 3).

5.6 Açúcar total, redutor e não-redutor

Durante todo o armazenamento, notou-se um acréscimo dos teores de açúcares totais para ambos os tratamentos. Esse acréscimo pode ser devido à degradação de carboidratos de parede celular com liberação de açúcares ligados. Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram menor porcentagem de açúcares totais que os frutos sem 1-MCP (6,23% e 7,24%), ao final do armazenamento (Figura 6). Isto se deve à menor degradação da parede celular nos frutos desse tratamento.

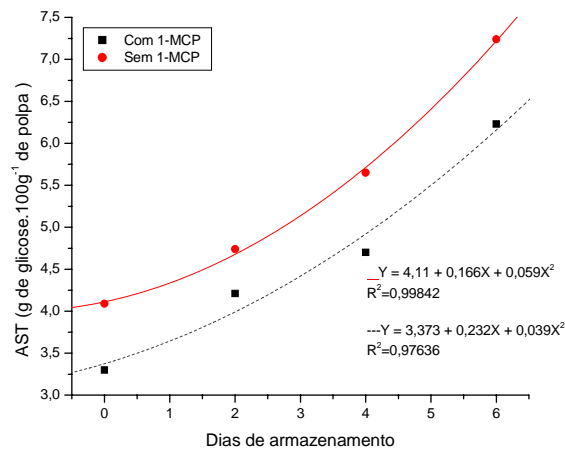


FIGURA 6 Curvas e equações de regressão de açúcares solúveis totais (AST) em morangos ‘Oso-Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

O acúmulo de açúcares totais também foi observado em mangas da cv. Tommy Atkins (Evangelista, 1999; Coccozza, 2004; Moraes et al., 2004), independente dos tratamentos.

Na Figura 7, observa-se o comportamento dos açúcares redutores dos frutos submetidos aos tratamentos (com 1-MCP e sem 1-MCP), ao longo do armazenamento. Verificou-se que os teores de açúcares redutores aumentaram durante o armazenamento, tanto nos frutos tratados com 1-MCP (1,31% a 3,58%) quanto nos frutos controle (1,64% a 5,03%).

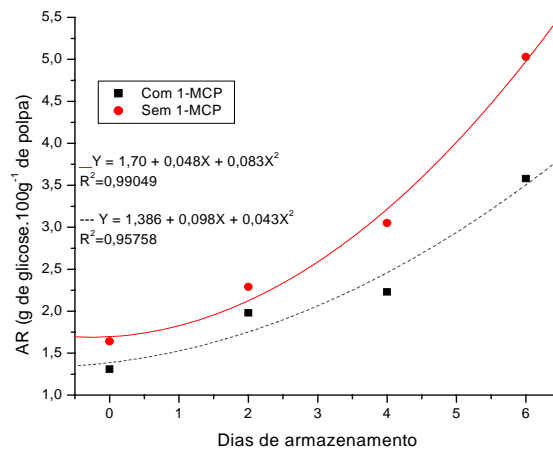


FIGURA 7 Curvas e equações de regressão de açúcar redutor (AR) em morangos ‘Oso-Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

Essa menor elevação de açúcares redutores nos frutos com 1-MCP indica que houve menor hidrólise de sacarose (Figura 4) ao longo do armazenamento.

Os teores de açúcares não-redutores (sacarose) decresceram no decorrer do armazenamento (Figura 8), devido à degradação da sacarose a açúcares redutores, o que justifica o aumento dos mesmos (Figura 7).

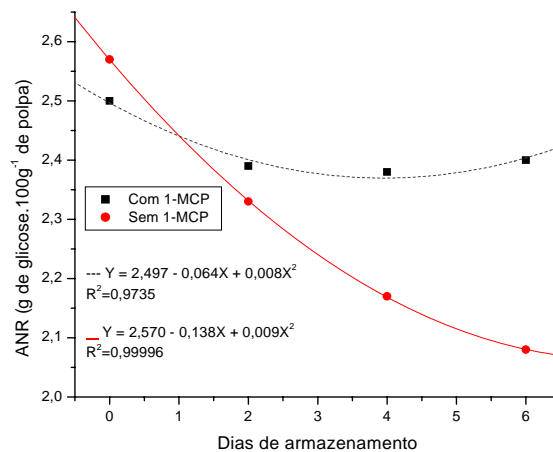


FIGURA 8 Curvas e equações de regressão de açúcar não-redutor (ANR) em morangos ‘Oso-Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram maiores teores de açúcares não-redutores ($2,4 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) que os frutos controle ($2,08 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), no final do armazenamento, o que caracteriza um menor metabolismo nos frutos que receberam tratamento com o produto.

O decréscimo nos teores de açúcares não-redutores ao longo do armazenamento também foi observado por Nunes (2003), ao estudar a conservação de pêsegos da cv. Premier tratados com cálcio à temperatura ambiente.

5.7 Vitamina C

Observa-se, na Figura 9 que, durante o armazenamento, os frutos tratados com 1-MCP apresentaram menor perda de vitamina C que os frutos sem tratamento (23% e 38%, respectivamente). Isso indica que o 1-MCP

diminuiu o metabolismo dos frutos, explicando a menor perda de vitamina C durante o armazenamento (Figura 9).

O decréscimo nos teores de vitamina C pode ter ocorrido devido às reações enzimáticas oxidativas, que o transformam, pela ação do ácido ascórbico oxidase, e de forma reversível, em ácido di-hidroascórbico (forma reduzida do ácido ascórbico). Este, após hidrólise, é convertido a ácido 2,3 diceto-L-gulônico, causando diminuição da quantidade total de vitamina C (Watada et al., 1990; Rosa et al., 2007).

Os teores de vitamina C encontrados nos morangos, no dia da colheita (81,59 mg 100g⁻¹ para os frutos com 1-MCP e 58,56 mg 100g⁻¹ para os frutos controle), são semelhantes aos encontrados por Rocha et al. (2008) que, analisando os nutrientes funcionais em morangos, encontraram teores de 81,14 mg 100 g⁻¹, para a cultivar Aroma; de 73,14 mg 100 g⁻¹, para a cultivar Oso-Grande e de 57,14 mg 100 g⁻¹, para a cultivar Toyorrinho, no dia da colheita.

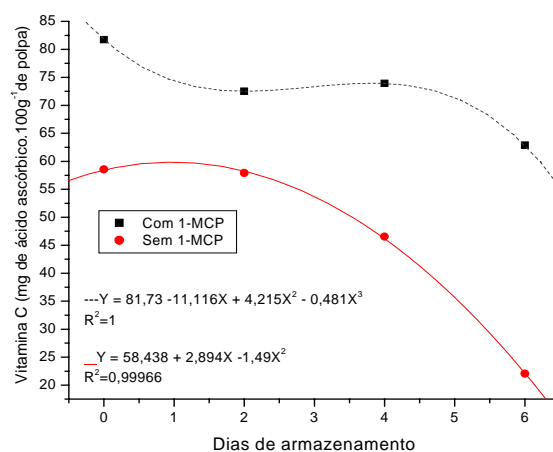


FIGURA 9 Curvas e equações de regressão de vitamina C em morangos 'Oso Grande' submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

5.8 Pectina total, solúvel e percentagem de solubilização

Durante o armazenamento, houve um aumento nos teores de pectina total, de 50,0%, nos morangos tratados com 1-MCP e 42,9%, nos sem 1-MCP. Em ambos os tratamentos, os teores de pectina total foram próximos (0,78 g e 0,80 g de ácido galacturônico 100 g⁻¹ de polpa, respectivamente), no sexto dia de armazenamento (Figura 10).

No decorrer do amadurecimento, há transformação da protopectina em pectina total e esta, por ação enzimática, sofre desmetilação e simplificação das cadeias, causando a solubilização até a degradação total, quando a fruta está muito madura (Fonseca, 1974; Nunes, 2003).

Vilas Boas et al. (1996) e Abreu et al. (1998) também encontraram aumento da pectina total e solúvel durante a maturação de frutos de abacaxi e banana prata, respectivamente, tendo, portanto, o mesmo comportamento encontrado na fruta em estudo.

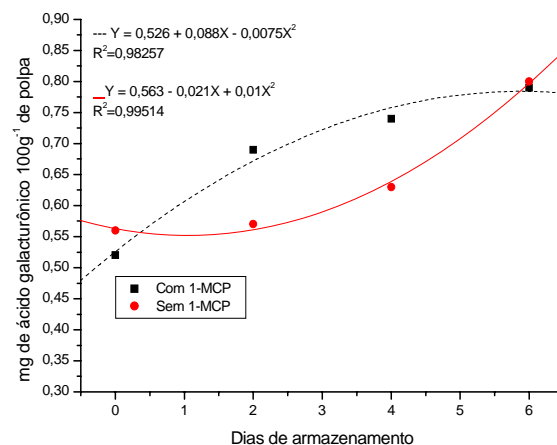


FIGURA 10 Curvas e equações de regressão de pectina total de morangos 'Oso Grande' submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

Houve um aumento nos teores de pectina solúvel ao longo do armazenamento (Figura 11). Esse comportamento se deve ao aumento das atividades das enzimas PME (Figura 13) e PG (Figura 14).

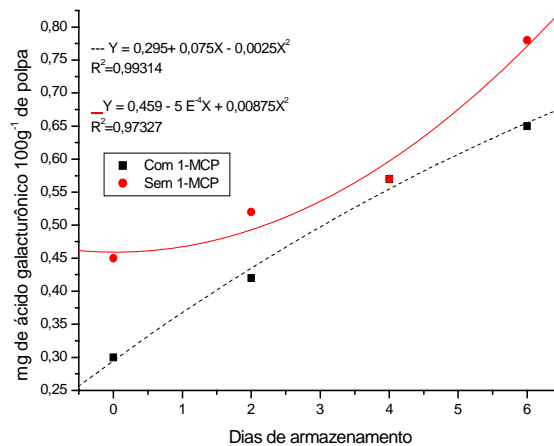


FIGURA 11 Curvas e equações de regressão de pectina solúvel de morangos ‘Oso Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

O comportamento da pectina solúvel durante o armazenamento foi semelhante nos dois tratamentos. Entretanto, pode-se observar no gráfico da Figura 11, que os frutos sem 1-MCP apresentaram maior solubilização de pectinas em relação aos frutos tratados. Isso se deve a uma maior atividade das enzimas pectolíticas, apresentadas por esses frutos (Figuras 13 e 14) e também uma maior perda na firmeza (Figura 2).

Corrêa et al. (2000), estudando os constituintes químicos da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* ST. Hil.), encontraram aumento de pectina total e solúvel durante a maturação.

Ocorreu um aumento da porcentagem de solubilização das pectinas durante o armazenamento, em ambos os tratamentos. Ao final do armazenamento, os frutos sem 1-MCP apresentaram maior solubilização que os tratados com 1-MCP (97,5% e 82,28%, respectivamente) (Figura 12). Esse fato

está de acordo com o gráfico da Figura 2, no qual esses mesmos frutos apresentaram menor firmeza, no final do armazenamento.

Oliveira et al. (2005) relataram que, na maioria dos frutos, a fração solúvel das substâncias pécticas aumenta durante o amadurecimento, num processo atribuído à ação de enzimas pectolíticas e que a solubilização de substâncias pécticas é uma tendência natural durante o amadurecimento dos frutos.

D'Amour & Asboe-Hansen (1993) observaram grande solubilização de pectinas e relataram que essa solubilização contribui para o amadurecimento de morangos.

Camargo et al. (2000) também observaram uma tendência de elevação da porcentagem de solubilização nos frutos testemunha, em estudo com morangos cv. Campineiro.

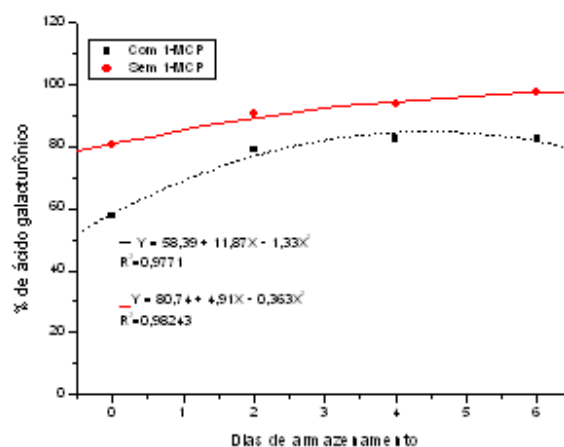


FIGURA 12 Curvas e equações de regressão de porcentagem de solubilização de morangos 'Oso-Grande' submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

5.9 Atividade da poligalacturonase (PG) e da pectinametilsterase (PME)

A atividade da PME aumentou com o período de armazenamento, para ambos os tratamentos, tendo, ao final do armazenamento, os frutos sem 1-MCP apresentado maior atividade enzimática ($60,2 \text{ nmol min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de polpa para os frutos sem 1-MCP e $30,0 \text{ nmol min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de polpa para os frutos tratados com 1-MCP). No final do armazenamento, a atividade de PME dos frutos sem 1-MCP foi o dobro da atividade dos frutos tratados com 1-MCP (Figura 13).

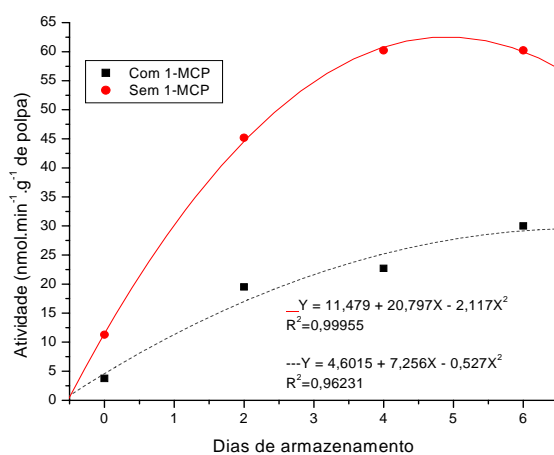


FIGURA 13 Curvas e equações de regressão de atividade de PME de morangos 'Oso Grande' submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

A partir do quarto dia de armazenamento, a atividade de PME tendeu a diminuir nos frutos sem 1-MCP e nos frutos com 1-MCP houve aumento até o sexto dia. Esse comportamento, provavelmente, reflete que esta enzima desesterificou quase a totalidade dos compostos pécnicos que constituem o fruto sem 1-MCP, enquanto nos frutos tratados com 1-MCP ainda havia substrato para que a enzima desmetilasse.

A PG teve o mesmo comportamento da PME, aumentando a atividade durante o armazenamento, em ambos os tratamentos. Os frutos sem 1-MCP apresentaram maior atividade enzimática durante todo o armazenamento. No sexto dia de armazenamento, a atividade da PG para os frutos sem 1-MCP foi de 6.240 nmol min⁻¹ g⁻¹ de polpa e a dos frutos tratados com 1-MCP 4.672 nmol min⁻¹ g⁻¹ de polpa (Figura 14).

Como a solubilização péctica ocasionada pela ação de enzimas, tais como a PG e a PME, é uma das principais causas de perda de firmeza em tecidos vegetais e o 1-MCP tem sido associado à prevenção do amaciamento dos frutos, esses resultados sugerem a efetividade do 1-MCP na prevenção do amaciamento e na manutenção da firmeza.

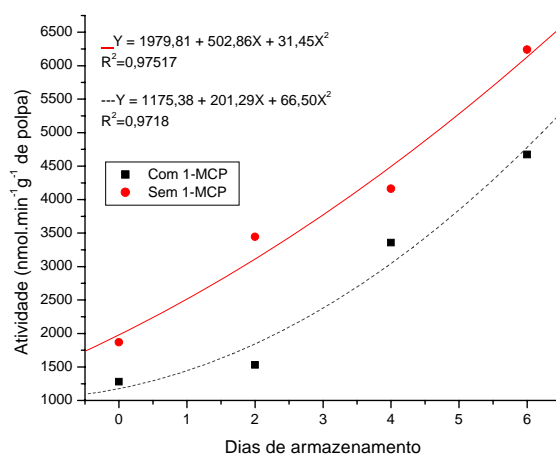


FIGURA 14 Curvas e equações de regressão de atividade de PG de morangos ‘Oso Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

Os resultados encontrados para PG e PME estão de acordo com os de Camargo et al. (2000) que, estudando o amaciamento de morangos, observaram que a atividade da poligalacturonase (PG), da pectinametilesterase (PME) e a

solubilização de pectinas aumentaram nos frutos controle durante o amadurecimento dos mesmos.

Na literatura, também foram encontrados relatos de que, na maioria dos frutos, a atividade da PG aumenta durante o amadurecimento, concomitantemente com um aumento na maciez do fruto (Hobson & Grierson, 1993; Huber, 1984; citados por Bicalho et al., 2000). E que, normalmente, a degradação de polissacarídeos da parede celular é acompanhada por um aumento na atividade de poligalacturonase (enzimas responsáveis pela solubilização de pectinas) e pectinametilesterase (enzimas que catalizam a desesterificação de grupos carboxílicos livres) (Gonçalves et al., 2000). Os dados de atividades de PG e de PME estão coerentes com os dados de firmeza (Figura 2). Portanto, à medida que as atividades das enzimas aumentam, a firmeza diminui.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que o 1-MCP, na concentração de 100 nL L^{-1} aplicados nos morangos, por exposição de duas horas em câmara hermeticamente fechada, seguido do armazenamento por seis dias à temperatura ambiente, foi eficiente em retardar o amaciamento dos morangos. Isso por que esses frutos apresentaram maior firmeza, teor de vitamina C, pectina total e acidez titulável, menor perda de massa, pH, sólidos solúveis, pectina solúvel e porcentagem de solubilização e atividades de PG e de PME, quando comparados aos não tratados, estendendo em dois dias a vida de prateleira desses produtos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D.; CHAGAS, S. J. R.; COSTA, L. Efeito da embalagem de polietileno e da refrigeração no escurecimento interno e nas atividades da peroxidase e polifenoloxidase durante a maturação do abacaxi c.v. Smooth Cayenne. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 4, p. 444-465, out./dez. 1998.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association of official agriculture chemistry**. 18. ed. Mayland: AOAC, 2005. 1094 p.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.
- BERBARI, S. A. G.; NOGUEIRA, J. N.; CAMPOS, S. D. S. Efeito de diferentes tratamentos pré-congelamento sobre a qualidade do morango var. Chandler congelado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 82-86, jan./abr. 1998.
- BICALHO, U. de; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F.; COELHO, A. H. R. Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagens de PVC. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 136-146, jan./mar. 2000.
- BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 4, n. 4, p. 330-334, Oct. 1962.
- CALEGARO, J. M.; PEZZI, E.; BENDER, R. J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1049-1055, ago. 2002.
- CAMARGO, Y. R.; LIMA, L. C. de O.; SCALON, S. de P. Q.; SIQUEIRA, A. C. Efeito do cálcio sobre o amadurecimento de morangos (*Fragaria ananassa Duch*) cv. Campineiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 968-972, out./dez. 2000.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 783 p.

COCOZZA, F. M.; PEREIRA, M. E. C.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; JORGE, J. T. Respiration rate and chemical characteristics of cold stored. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 645, p. 645-650, 2004.

CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D.; RIBEIRO, L. J. Constituintes químicos da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) durante a maturação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 130-135, jan./mar. 2000.

D'AMOUR, J.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 54, n. 3, p. 484-489, Apr. 1993.

EVANGELISTA, R. M. **Qualidade de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração e tratadas com cloreto de cálcio pré-colheita**. 1999. 129 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - sistema de análise de variância, Versão 4. 6. Lavras: Dex/UFLA, 2003. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/danielff/dff02.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

FONSECA, H. Amadurecimento de frutas. In: FONSECA, H. **Bioquímica de alimentos**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 249 p.

GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D.; GONÇALVES, J. R. A. Efeito do cloreto de cálcio e do tratamento hidrotérmico na atividade enzimática e no teor de fenólicos do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 2075-2081, out. 2000.

HOBSON, G. E.; GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruits ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. chap. 13, p. 405-442.

HOJO, E. T. D.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; VILAS BOAS, E. V. B. Amaciamento de mangas 'Palmer' tratadas com 1-Metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 181-186, jul./dez. 2006.

HUBER, D. J. Strawberry fruit softening: the potential roles of polyuronides and hemiceluloses. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 5, p. 1310-1315, Sep./Oct. 1984.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para a análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 533 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Enciclopédia dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro, 1959. 670 p.

JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. P. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 4, p. 1085-1087, July/Aug. 1984.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. Davis: University of California, 2002. chap. 4, p. 39-47.

MALGARIM, M. B.; CANTILLANO, R. F. F.; COUTINHO, E. F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. Camarosa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 185-189, ago. 2006.

MCCREADY, P. M.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, Dec. 1952.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, Mar. 1959.

MORAES, I. V. M.; MAMEDE, A. M. G. N.; CENCI, S. A.; SOARES, A. G.; BENEDETTI, B. C.; GODOY, R. L. O. Influência do tempo de armazenamento e da cultura na qualidade de morangos (*Fragaria X ananassa* Duch) minimamente processado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. v. 1. p. 1-4.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 135, n. 1, p. 136-175, May 1944.

NUNES, E. E. **Conservação pós-colheita de pêssegos ‘Premier’ tratados com cálcio e armazenados em condições ambiente**. 2003. 46 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

OLIVEIRA, F. E. da R.; ABREU, C. M. P.; ASMAR, S. A.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D. Firmeza de pêssegos ‘diamante’ tratados com 1-MCP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 366-368, dez. 2005.

OLIVEIRA, S. M. A.; TERAPO, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. H. **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 855 p.

PASSOS, F. A.; CAMARGO, L. de S.; SCARANARI, H. J.; MARTINS, F. P. ‘Guarani’, novo clone de morangueiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 19., 1979, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: EMPASC, 1979. v. 1, p. 64-65.

PAZINATO, B. C. **Que delícia é tempo de morango**. Campinas: CATI, 1999. 14 p. Apostila.

ROCHA, D. A.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D.; FONSECA, E. W. N. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1124-1128, dez. 2008.

ROSA, J. S.; GODOY, R. L. O.; OIANO NETO, J.; CAMPOS, R. S.; MATTA, V. M.; FREIRE, C. A.; SILVA, A. S.; SOUZA, R. S. Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 837-846, out./dez. 2007.

SILVA, P. A.; QUEIROZ, E. R.; ABREU, C. M. P.; SACZK, A. A. Desenvolvimento de metodologia analítica para determinação de vitamina C em morango por HPLC. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBQ, 2009. CD-ROM.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

VILAS BOAS, B. M.; PRADO, M. E. T.; VILAS BOAS, E. V. de B.; NUNES, E. E.; ARAUJO, F. M. M. C.; CHITARRA, E. B. Qualidade pós-colheita de melão 'Orange Flesh' minimamente processado armazenado sob refrigeração e atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 424-427, dez. 2004.

VILAS BOAS, E. V. B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Modificações pós-colheita de banana "prata", g-irradiada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 599-607, set. 1996.

ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz/Secretaria de Estado da Saúde, 2008. 1020 p.

WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 44, n. 5, p. 116-122, May 1990.

CAPÍTULO 5

QUALIDADE DE MORANGOS, SUBMETIDOS AO 1-METILCICLOPROPENO E ARMAZENADOS SOB REFRIGERAÇÃO

1 RESUMO

Objetivou-se avaliar a qualidade de morangos submetidos ao 1-metilciclopropeno e armazenados sob refrigeração. Os frutos da cultivar Oso-Grande eram provenientes de Itutinga, MG. Os 560 frutos foram imersos em uma solução de dicloroisocianurato, à concentração de 200mg L^{-1} por 15 minutos para desinfecção. Depois, foram separados ao acaso, em 2 lotes de 280 frutos cada e colocados em uma câmara hermeticamente fechada, onde receberam tratamento com 1-MCP. Ao final do período de 2 horas, os frutos foram armazenados a $5,0\pm 0,74^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 6,4\%$ UR, por 18 dias. Os parâmetros estudados foram: perda de massa, sólidos solúveis totais, acidez titulável, pH, açúcares totais, redutores e não redutores, vitamina C, antocianinas, pectina total e solúvel, porcentagem de solubilização, atividade da pectinametilsterase (PME) e atividade de poligalacturonase (PG). O tratamento com 1-MCP a 100 nL L^{-1} , por 2 horas, associado à refrigeração, foi eficiente em manter a qualidade dos frutos por um período de 18 dias, pois os mesmos apresentaram maiores teores de vitamina C, antocianinas e açúcar não redutor menores valores de pH, acidez titulável e sólidos solúveis e de atividades de PG e de PME e de teores de perda de massa, pectina solúvel e porcentagem de solubilização em relação aos frutos controle.

Palavras-chaves: 1-MCP. Morango. Pós-colheita. Refrigeração.

**QUALITY OF STRAWBERRIES, SUBJECT TO
1-METHYLCYCLOPROPENE AND STORED UNDER
REFRIGERATION**

2 ABSTRACT

Aimed to evaluate the quality of strawberries subjected to 1-methylcyclopropene and stored under refrigeration. The fruits of the cultivar Oso-Grande were from Itutinga, MG. The 560 fruits were immersed in a solution of chlorinated concentration of 200mg L⁻¹ for 15 minutes for disinfection. And then separated randomly into 2 lots of 280 fruits each and placed in a sealed chamber, where they received treatment with 1-MCP. At the end of 2 hours, the fruits were stored at 5,0 ±0,74 °C and 90 ±6,4 % RH for 18 days. The parameters studied were: weight loss, soluble solids, titratable acidity, pH, total sugars, reducing and non reducing sugars, vitamin C, anthocyanins, total and soluble pectin, the percentage of solubilization, the activity of pectin methylesterase (PME) and polygalacturonase activity (PG). Treatment with 1-MCP at 100 nL L⁻¹ for 2 hours with cooling, was efficient in maintaining the quality of fruits for a period of 18 days, as they showed higher levels of vitamin C, anthocyanins and raw reducing lower pH, titratable acidity and soluble solids and activities of PG and PME levels and weight loss, and soluble pectin% solubilization compared to control fruits.

Index terms: 1-MCP. Strawberry. Post-harvest. Refrigeration.

3 INTRODUÇÃO

O morango, em todo o mundo, é apontado como a mais importante das pequenas frutas, sendo bastante apreciada pelo seu aspecto atrativo e por suas qualidades organolépticas e nutricionais (Silva, 2007).

O morangueiro é uma planta perene, rasteira, herbácea pertencente à família Rosácea e do gênero *Fragaria*. A parte comestível é o morango, que é um pseudofruto não-climatérico de coloração vermelho-brilhante, odor envolvente, textura e sabor levemente acidificado (Gomes, 2007).

Alguns fatores de pós-colheita, como danos ocorridos durante a colheita e transporte, temperatura inadequada de armazenamento, embalagens não apropriadas, podem comprometer a qualidade final do morango que chega ao consumidor, pois trata-se de um fruto muito perecível, tendo curta vida pós-colheita (Drehmer & Amarante, 2008).

A refrigeração é o método mais econômico para o armazenamento prolongado dos frutos e é fundamental para a manutenção da qualidade do produto, até que chegue ao consumidor. Com isso, retarda-se a senescência e diminui-se a incidência de podridões, dois problemas chaves na vida pós-colheita de morangos. Em adição a isso, outras técnicas podem ser utilizadas, como o tratamento dos frutos com 1-metilciclopropeno (1-MCP), inibidor da ação do etileno. Essas técnicas visam reduzir a atividade respiratória e de produção de etileno, e preservar os atributos de maturação, como aroma, cor, textura, acidez e sólidos solúveis, entre outros (Blankenship & Dole, 2003; Watkins, 2006).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade pós-colheita de morangos submetidos ao 1-MCP e armazenados sob refrigeração.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matéria-prima

Os frutos da cultivar Oso-Grande foram colhidos maduros, pela tarde, em um pomar comercial da região de Itutinga, MG, situado a 910 m de altitude e nas coordenadas geográficas de 21°18'45" de latitude Sul e 44°41'15" de longitude W. Gr. (IBGE, 1959).

Foram colhidos 600 frutos, levados para o Laboratório de Bioquímica no Departamento de Química da UFLA, em Lavras, MG e selecionados 560 em relação ao tamanho, ao estágio de maturação e à ausência de defeitos, para comporem os tratamentos.

4.2 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo os tratamentos arranjos em esquema fatorial (2X7), sendo 2 tratamentos (com 1-MCP e controle), 7 dias de análises, correspondente aos dias 0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18, com 4 repetições de 10 frutos para cada tratamento.

4.3 Preparo das amostras e instalação do experimento

Os 560 frutos selecionados foram imersos em uma solução de dicloroisocianurato de sódio à concentração de 200 mg L⁻¹, por 15 minutos, para desinfecção. Em seguida, foram colocados sobre papel-toalha para secar à temperatura ambiente. Após essa etapa, foram separados, ao acaso, em 2 lotes de 280 frutos cada.

Os frutos do primeiro lote receberam o tratamento com 1-MCP na concentração de 100nL L⁻¹, por 2 horas, em câmara hermeticamente fechada. Os

do segundo lote não receberam tratamento e foram utilizados como controle. No entanto, para que o experimento fosse conduzido nas mesmas condições, os frutos desse lote foram mantidos em outra câmara hermeticamente fechada por 2 horas.

Ao final desse período, os frutos foram retirados das câmaras, codificados, pesados e armazenados sob refrigeração, a $5,0\pm 0,7^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 6,0\%$ UR, por 18 dias. As análises foram iniciadas logo após a aplicação do 1-MCP (dia zero) e, a cada 3 dias, até o fim do período de armazenamento, o mesmo foi realizado com os frutos controle.

Para a realização das análises, os frutos foram cortados em pedaços e a polpa congelada em nitrogênio líquido e armazenada, em freezer, a -18°C , para análises posteriores.

4.4 Análises físicas

4.4.1 Perda de massa

Foi registrado o valor da massa da fruta no momento da instalação do experimento (dia zero) e no sexto dia. A diferença entre ambas foi expressa em porcentagem de perda de massa, com referência ao valor inicial. Para este experimento, foi utilizada balança semianalítica Precision, modelo PR1000.

4.5 Análises físico-químicas e químicas

4.5.1 pH

O pH foi determinado por potenciometria em eletrodo de vidro, utilizando-se um peagâmetro Micronal modelo B371, segundo técnica da AOAC (2005).

4.5.2 Sólidos solúveis (SST)

Os sólidos solúveis (SS) foi determinada no filtrado, com o auxílio de um refratômetro digital da marca Atago, modelo PR-100 Palette, com ajuste automático de temperatura e os resultados expressos em °Brix, conforme metodologia da AOAC (2005).

4.5.3 Acidez titulável (AT)

A acidez titulável foi determinada por titulação do filtrado, com uma solução padronizada de NaOH 0,1M, segundo a técnica do Instituto... (1985), citado por Zenebon et al. (2008). Os resultados obtidos foram expressos em g de ácido cítrico por 100g⁻¹ de polpa.

4.5.4 Extração e análise de açúcares totais, redutores e não-redutores

Os açúcares totais e redutores foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (2005) e o doseamento, segundo a técnica de Somogyi adaptada por Nelson (1944), citado por Oliveira et al. (2006). A leitura foi realizada em espectrofotômetro com sistema computadorizado. Os resultados foram expressos em mg de açúcares por 100g⁻¹ de polpa.

4.5.5 Vitamina C

Pesaram-se 5g de morangos previamente triturados e acrescentam-se 50 mL de ácido oxálico 0,5%. Agitou-se por 15 minutos em agitador orbital Tecnal e filtrou-se com papel celulósico, conforme a técnica de Strohecker & Henning (1967). Foram quantificados utilizando-se um equipamento HPLC Shimadzu modelo (LC 20 A), equipado com bomba binária de alta pressão, injetor automático com autoamostrador, forno e detector UV em 254nm. Os padrões e as amostras foram injetadas em uma coluna (250 x 4,6 mm, 5µm ID Nucleosil),

acoplada a uma pré-coluna C18 (15 x 3,2 mm (partícula de 5 μ m). A fase móvel foi composta por 100% de solução tampão acetato de sódio, pH 6,67, contendo acetato de sódio 0,04 mol L⁻¹, EDTA ácido 0,05mol L⁻¹, fosfato de tetrabutílamônio 0,5 mmol L⁻¹ (1:1:1), no modo isocrático, fluxo de 0,6 mL min⁻¹ e o volume de injeção de 20 μ L. A temperatura da coluna foi mantida constante em 15°C. A vitamina C foi eluída da coluna em 6 minutos e 83 segundos, sendo o tempo total da corrida de 15 minutos. O desvio padrão do método foi de 7,72%, apresentando uma recuperação de 93,15%, conforme a técnica de Silva et al. (2009). Os resultados foram expressos em mg 100g⁻¹ de polpa.

4.5.6 Antocianina

O teor de antocianina foi determinado pelo método de Fuleki & Francis (1968). Foram homogeneizados, em politron, 10 g de morango com 100 mL de metanol (95%) acidificado com ácido clorídrico (1,5 mol L⁻¹), na proporção de 85:15 v/v. O conteúdo foi armazenado por 24 horas, à temperatura de 5°C e, posteriormente, filtrado em papel Wathman nº1. As leituras foram efetuadas em espectrofotômetro UV visível (535). O conteúdo total de antocianina (mg 100g⁻¹ de morango) foi calculado em quantidades absolutas, com a utilização do coeficiente de extinção (E= 98,2) estabelecido para o pigmento predominante em morango (cianidina 3- galactosidase) em solvente alcoólico.

4.5.7 Pectina total e solúvel

A extração das substâncias pécticas foi realizada segundo a técnica descrita por McCready & McComb (1952). A determinação colorimétrica foi feita por meio da reação com carbazol, segundo a técnica de Bitter & Muir (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g⁻¹ de polpa.

4.5.8 Porcentagem de solubilização

O cálculo da porcentagem de solubilização foi feito a partir dos dados de pectina total e solúvel, por meio da seguinte equação:

$$\% \text{ de solubilização} = (\text{pectina solúvel} / \text{pectina total}) \times 100.$$

4.5.9 Análises bioquímicas

4.5.9.1 Atividade da pectinametilesterase (PME)

A PME foi determinada segundo Jen & Robinson (1984). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 nmol de NaOH min⁻¹ grama⁻¹ de polpa, sob as condições do ensaio.

4.5.9.2 Atividade de poligalacturonase (PG)

A atividade enzimática da PG foi determinada pela medida da liberação de grupos redutores, utilizando-se o método do ácido dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959). Uma unidade de atividade de PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1 nmol de açúcar redutor minuto⁻¹ grama⁻¹ de polpa, sob as condições de ensaio.

4.5.10 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANAVA), por meio do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2003). As médias dos tratamentos foram analisadas por regressão polinomial, quando houve diferença significativa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças significativas para a interação do tratamento versus dia de armazenamento, para todos os parâmetros estudados ($p < 0,05$). Os resumos das análises de variância das variáveis analisadas são mostrados nas Tabelas 1B, 2B e 3B, dos Anexos.

5.1 Perda de massa

Observou-se que houve perdas significativas de massa fresca à medida que aumentou o período de armazenamento, nos frutos de ambos os tratamentos, sendo maior nos frutos controle. Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram, no final do armazenamento, 12,49% de perda de massa e os frutos sem tratamento, 21,02%. Essa diferença entre os tratamentos pode ser devido ao efeito do 1-MCP ter retardado a ação do etileno, fazendo com que os frutos tratados com 1-MCP tivessem metabolismo mais lento com menor perda de água (Figura 1).

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), uma perda de massa acima de 10% já é suficiente para depreciar o fruto. Os frutos não tratados já apresentavam perda de massa superior a 10%, com 10 dias de armazenamento.

As perdas de massa fresca em frutos armazenados ocorrem em decorrência da água eliminada por transpiração e dos processos metabólicos de respiração (Antunes et al., 2003).

Calegari et al. (2002), em estudo utilizando atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita, encontraram valores de 17,1%, em 7 dias de armazenamento, à temperatura ambiente. Os valores encontrados neste trabalho para os frutos não tratados são maiores, devido às diferentes condições do ensaio.

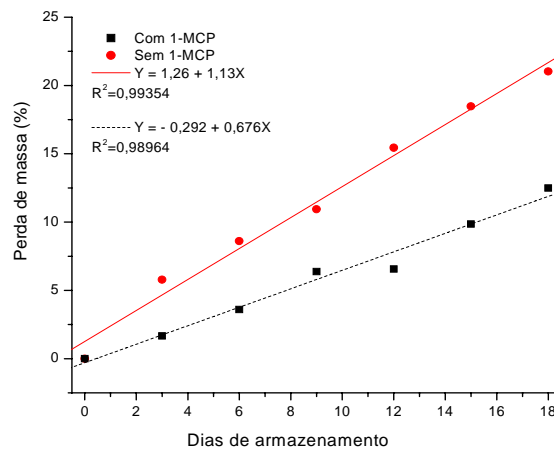


FIGURA 1 Curvas e equações de regressão de perda de massa de morangos ‘Oso Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

5.2 pH

O pH apresentou mesmo comportamento durante o armazenamento para os dois tratamentos. Entretanto, nos frutos controle o pH foi maior durante todo o período de armazenamento (3,63 a 3,70 nos frutos tratados e 3,70 a 3,80 nos frutos controle, ambos no dia 0 e no dia 18, respectivamente). Como, provavelmente, o metabolismo desses frutos estava mais intenso, os ácidos orgânicos poderiam estar sendo utilizados no ciclo de Krebs, daí o pH maior.

Ao longo do período de armazenamento, pode-se observar que os valores de pH mantiveram-se constantes até o 12º dia e ocorreu um aumento nos valores médios, mantendo-se constantes até o 18º dia, em ambos os tratamentos. Também pode ser observado que os valores de pH dos frutos controle foram maiores que os dos frutos tratados com 1-MCP (Figura 2).

Moraes et al. (2008), estudando as características físicas e químicas de morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera

controlada, observou, no 3º dia de armazenamento, a 5°C, diferença significativa de pH entre os frutos mantidos nas atmosferas 3% O₂+15% CO₂ (3,74) e atmosfera ambiente (3,67), que não diferiram dos mantidos sob 3% O₂ + 10% CO₂ (3,71). Não houve diferença entre as atmosferas de armazenamento no 7º dia de armazenamento, nesta mesma temperatura. A 10°C, não houve diferença significativa entre as atmosferas no 3º dia de armazenamento. Porém, no 7º dia, houve diferença significativa entre O₂+15% CO₂ (3,86) e atmosfera ambiente (3,77) (p<0,05), que não diferiram da atmosfera 3% O₂ + 10% CO₂ (3,81). Os frutos do experimento citado apresentaram variação de pH semelhante à observada neste trabalho, que foi de 3,63 a 3,70, nos frutos tratados com 1-MCP e de 3,70 a 3,80, nos frutos controle, ambos no dia 0 e no dia 18, respectivamente.

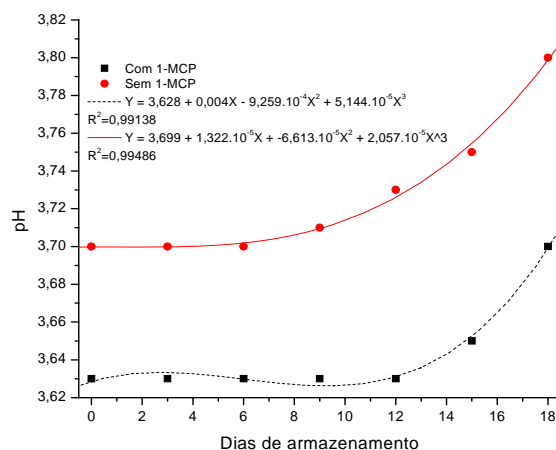


FIGURA 2 Curvas e equações de regressão de pH de morangos ‘Oso-Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

5.3 Sólidos Solúveis Totais

Durante o armazenamento, observou-se aumento nos teores de sólidos solúveis totais (SST), para ambos os tratamentos (Figura 3). Os maiores valores de SST foram observados nos frutos sem 1-MCP (7,3° e 8,2°Brix, no dia 0 e no 18° dia, respectivamente). Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram teor de SST de 6,0° e 7,4° Brix (Figura 3). Essa diferença entre os frutos tratados com 1-MCP e os frutos controle parece ser devido a um metabolismo mais lento nos frutos tratados.

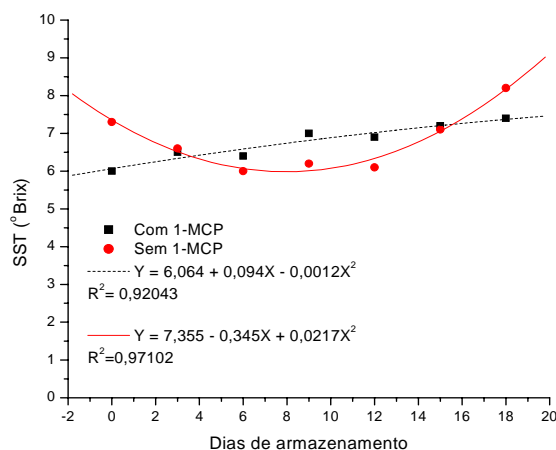


FIGURA 3 Curvas e equações de regressão de sólidos solúveis totais (°Brix) em morangos ‘Oso-Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

Usualmente, o teor de SST aumenta no transcorrer do processo de maturação do fruto, seja por biossíntese ou pela degradação de polissacarídeos.

Os valores de SST encontrados estão de acordo com os relatados por Moraes et al. (2004) que, estudando a influência do tempo de armazenamento a 1°C e das cultivares Oso-Grande e Sweet Charlie na qualidade de morango,

encontraram valores de 7,7°Brix no dia 0 e 8,4°Brix no oitavo dia de armazenamento.

Os teores de sólidos solúveis totais são utilizados como indicativos de maturidade e também determinam a qualidade do fruto, exercendo importante papel no sabor (Chitarra & Chitarra, 2005).

5.4 Acidez titulável (AT)

Em geral, a acidez titulável dos frutos diminuiu ao longo do período de armazenamento (Figura 4), o que está de acordo com o comportamento do pH (Figura 2) que, a partir do 12º dia, diminuiu. Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram menor acidez titulável que os frutos sem 1-MCP (0,38 e 0,46), respectivamente, ao final do armazenamento (Figura 4).

Os valores de acidez total titulável (mg 100 g⁻¹ de polpa) obtidos são inferiores aos descritos na literatura por Françoso et al. (2008), entre 1,14 e 1,68 mg.100 g⁻¹. No entanto, as discrepâncias observadas podem ser devido às diferenças entre as cultivares e os diferentes tratamentos.

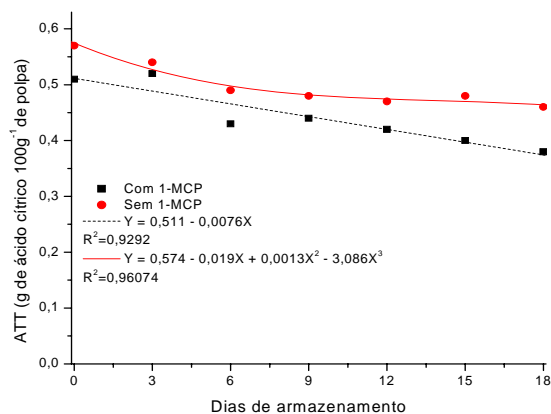


FIGURA 4 Curvas e equações de regressão de acidez total titulável (ATT) de morangos 'Oso-Grande' submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

Os resultados encontrados estão de acordo com o esperado, pois os ácidos orgânicos tendem a diminuir durante o amadurecimento, em virtude de sua utilização como substrato para a respiração. Moraes et al. (2008) também observou redução significativa da acidez titulável ao longo do período de armazenamento, com exceção dos frutos mantidos em atmosfera ambiente a 5°C, que mantiveram a acidez constante.

5.5 Açúcares totais, redutor e não-redutor

Durante todo o armazenamento, notou-se um acréscimo nos teores de açúcares totais, para ambos os tratamentos. Esse acréscimo pode ser devido à degradação de carboidratos de parede celular com liberação de açúcares ligados. No entanto, no tratamento com 1-MCP 100nL L⁻¹ associado à refrigeração, os teores de açúcares totais foram menores durante todo o armazenamento em comparação aos frutos controle. Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram menor porcentagem de açúcares totais que os frutos sem 1-MCP (12,2% e 16,4%, respectivamente), ao final do armazenamento (Figura 5). Isto se deve à menor degradação da parede celular nos frutos deste tratamento.

Oliveira et al. (2005) relatam que o teor de açúcares usualmente aumenta com o amadurecimento dos frutos, por meio de processos de biossíntese ou pela degradação de polissacarídeos. Em experimento com morangos, Dias et al. (2002) também encontraram teores de açúcares totais aumentando ao longo do armazenamento.

O aumento no teor desses açúcares também pode estar relacionado à perda de água durante o armazenamento, o que causa maior concentração dos mesmos.

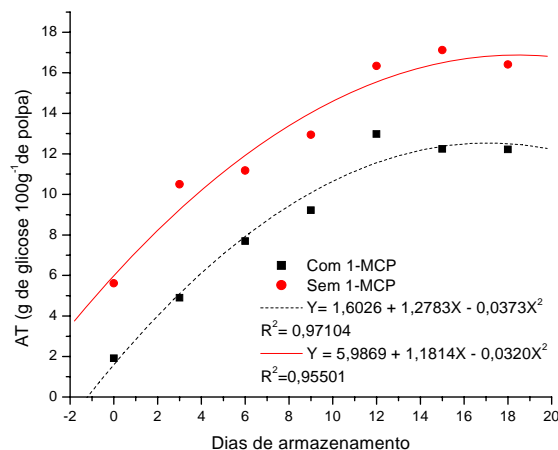


FIGURA 5 Curvas e equações de regressão de açúcares totais (AT) em morangos ‘Oso-Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

O acúmulo de açúcares totais também foi observado em mangas da cv. Tommy Atkins (Cocozza et al., 2004), em graviolas (Lima et al., 2004) e em bananas maçã (Pinheiro et al., 2005).

Na Figura 6, observa-se o comportamento dos açúcares redutores dos frutos submetidos aos tratamentos com 1-MCP e sem 1-MCP, ao longo do armazenamento. Verifica-se que o teor de açúcares redutores aumentou durante o armazenamento, tanto nos frutos tratados com 1-MCP (0,56% a 11,33%) quanto nos frutos controle (4,49% a 15,87%).

Essa menor elevação dos açúcares redutores para os frutos tratados com 1-MCP está relacionada à diminuição da atividade metabólica dos frutos tratados e indica que houve menor hidrólise de sacarose (Figura 7), ao longo do armazenamento ou, ainda, a perda de água dos frutos pode ter contribuído para o aumento da concentração dos açúcares, bem como a degradação de açúcares não-redutores.

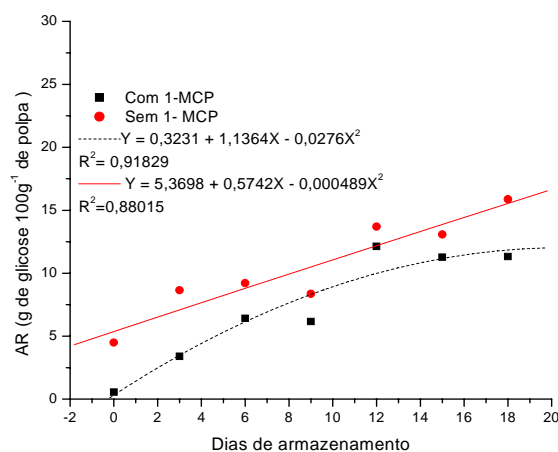


FIGURA 6 Curvas e equações de regressão de açúcares redutores (AR) em morangos ‘Oso-Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

O aumento nos teores de açúcares redutores também foi encontrado por Silva (2007), estudando a qualidade de diferentes cultivares de morango durante armazenamento à temperatura ambiente.

Os teores de açúcares não-redutores (sacarose) decresceram no decorrer do armazenamento (Figura 7) para os frutos de ambos os tratados (com 1-MCP e frutos controle). Este comportamento deve-se à degradação da sacarose que, ao longo do armazenamento, foi hidrolisada a açúcares redutores, o que justifica o aumento dos mesmos como mostrado na Figura 6. No entanto, os frutos tratados com 1-MCP apresentaram maiores teores de açúcares não-redutores em comparação com o controle, (0,88 g 100g⁻¹ e 0,53 g 100g⁻¹, respectivamente) ao final do armazenamento, o que caracteriza um menor metabolismo nos frutos que receberam tratamento com este produto.

Chim et al. (2006), em estudo de determinação físico-químicas em polpas de morangos, encontraram teores de 0,9 g 100g⁻¹ de sacarose no dia da

colheita. Os resultados encontrados por Chim et al. (2006) são semelhantes aos encontrados nos frutos tratados com 1-MCP no final do período de armazenamento ($0,88 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$).

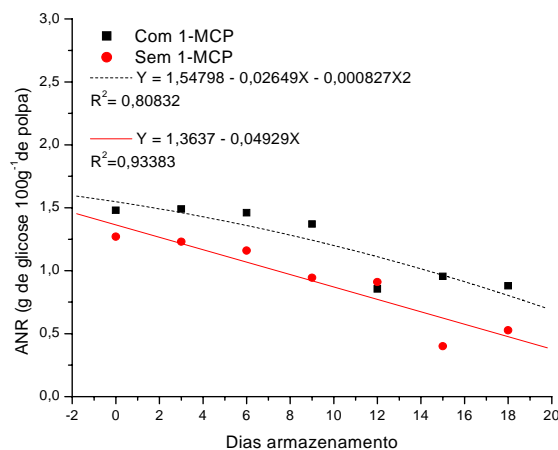


FIGURA 7 Curvas e equações de regressão de açúcares não redutores em morangos 'Oso-Grande' submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

O decréscimo nos teores de açúcares não-redutores ao longo do armazenamento também foi observado por Cordenunsi et al. (2003), avaliando mudanças físico-químicas relacionadas à qualidade de cinco cultivares de morango durante armazenamento refrigerado (6°C). No entanto, em seu experimento, os teores de ANR não foram detectados a partir do segundo dia de armazenamento em todas as cultivares.

5.6 Vitamina C

Observa-se, na Figura 8, que, durante o armazenamento, os frutos tratados com 1-MCP apresentaram menor perda de vitamina C (49,4%), quando comparados aos frutos controle (56,0%). Isso indica que o 1-MCP diminuiu o

metabolismo dos frutos, reduzindo as perdas de vitamina C durante o armazenamento.

Essa redução deve-se à alta atividade pós-colheita da enzima ácido ascórbico oxidase, que oxida de forma reversível, o ácido ascórbico a ácido L-deidroascórbico e que, por ser extremamente lábil, é rapidamente hidrolisado ao ácido 2,3-diceto-L-gulônico, por meio de uma abertura irreversível no anel da lactona, perdendo a atividade vitamínica (Chitarra & Chitarra, 2005).

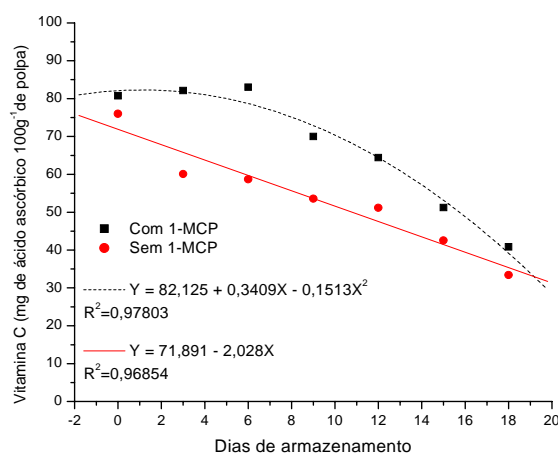


FIGURA 8 Curvas e equações de regressão de vitamina C em morangos 'Oso-Grande' submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

Calegario et al. (2002) verificaram diminuição nos teores de vitamina C em morango, durante o seu armazenamento.

Os teores de vitamina C encontrados neste experimento (80,76 a 40,83 nos frutos tratados e 75,99 a 33,42 nos frutos controle, ambos no dia 0 e no dia 18, respectivamente) estão de acordo com os de Rocha et al. (2008). Estes autores, comparando os nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras, MG, encontraram valores médios de 81,14 para a

cultivar Aroma, 73,14 para a cultivar Oso-grande e 57,14 para a cultivar Toyorrinho. Domingues (2000), estudando o efeito da radiação gama e embalagem na conservação de morangos ‘Toyonoka’ armazenados sob refrigeração, encontrou teores de vitamina C variando de 39 a 89 mg 100 g⁻¹ de polpa, sendo o valor médio, para morangos, de 60 mg/100 g de fruta.

5.7 Antocianinas totais

Durante o período de armazenamento, houve decréscimo de 16,78% para os frutos com 1-MCP e de 21,21% para os frutos controle, no teor de antocianinas dos morangos (Figura 9).

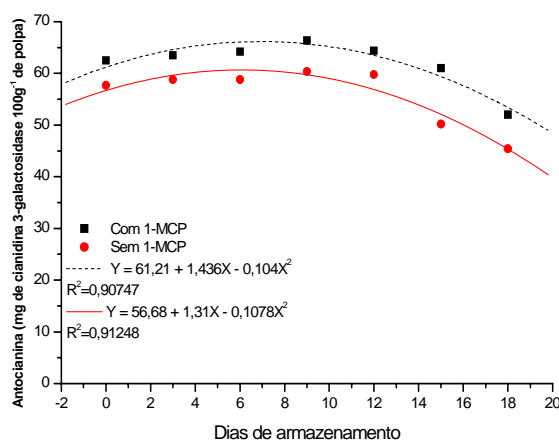


FIGURA 9 Curvas e equações de regressão de antocianinas em morangos ‘Oso-Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

A variação verificada nos teores de antocianinas em função do tratamento com 1-MCP mostra, mais uma vez, que o metabolismo desses frutos era mais lento do que os frutos controle.

As antocianinas também podem ter sido degradadas por enzimas endógenas presentes nos tecidos dos vegetais, tais como glicosidases, polifenol oxidases e peroxidases.

O decréscimo nos teores de antocianinas podem também ter ocorrido devido à reação de condensação entre o ácido ascórbico e a antocianina, formando produtos instáveis que se degradam em compostos incolores (Chitarra & Chitarra, 2006). Os frutos sem 1-MCP apresentaram menores teores de antocianinas (Figura 9) e menores teores de vitamina C (Figura 8), o que indica que podem ter ocorrido reações de condensação entre antocianinas e ácido ascórbico, seguidas da degradação desses produtos.

Segundo Malacrida & Mota (2006), o oxigênio pode causar degradação das antocianinas por mecanismos de oxidação direta e indireta, quando constituintes oxidados reagem com as antocianinas. Antocianinas também sofrem degradação por enzimas e açúcares, compostos metálicos e formam complexos com numerosos compostos, como proteínas, ácidos nucleicos, ácidos orgânicos e polissacarídeos, por meio de copigmentação intermolecular.

Os resultados encontrados neste estudo (62,52 a 51,04 mg 100g⁻¹ nos frutos tratados e 57,66 a 45,44 mg 100g⁻¹ nos frutos controle, ambos no dia 0 e no dia 18, respectivamente) concordam com os de Bordignon Júnior et al. (2009) que, estudando a influência do pH da solução extrativa no teor de antocianinas em frutos de morango, encontraram teores de 76,60 mg 100 g⁻¹ de morango, em pH 1,0.

5.8 Pectina total, solúvel e percentagem de solubilização

Durante o período de armazenamento, houve um aumento nos teores de pectina total nos dois tratamentos (Figura 10). Os frutos controle apresentaram maior teor de pectina total (0,23 mg de ácido galacturônico por 100g⁻¹), comparada com os frutos tratados com 1-MCP (0,17 mg de ácido galacturônico

por 100g^{-1}), no final do armazenamento. Isso pode ser consequência da maior perda de água dos frutos controle, quando comparados com os frutos tratados com 1-MCP.

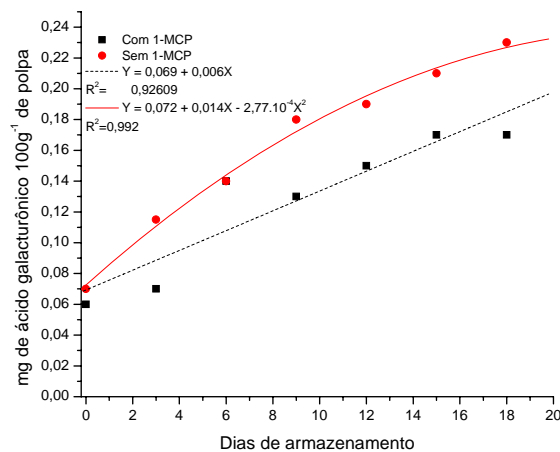


FIGURA 10 Curvas e equações de regressão de pectina total de morangos ‘Oso Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

Os teores médios encontrados neste trabalho (Figura 10) são inferiores aos descritos por França et al. (2008) que encontraram de 0,64 a $0,70\text{mg}$ de ácido galacturônico por 100g^{-1} , em morangos da variedade Sweet Charles, colhidos na região de Valinhos, SP, irradiados um dia após a colheita em fonte de ^{60}Co , nas doses de 0,5; 1,0; 1,5 e $2,0\text{ kGy}$ e controle e armazenados, sob refrigeração (4°C), por 1, 8, 15, 22 e 29 dias.

Um aumento nos teores de pectina solúvel foi observado durante o período de armazenamento nos frutos dos dois tratamentos (Figura 11). Esse aumento se deve ao aumento das atividades das enzimas PME (Figura 13) e PG

(Figura 14). Aumento nos teores de pectina solúvel também foram constatados por outros autores, como Silva et al. (2009) e Françoso et al. (2008).

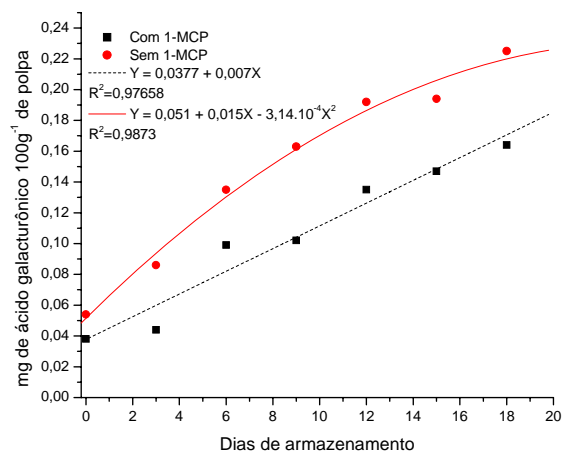


FIGURA 11 Curvas e equações de regressão de pectina solúvel de morangos 'Oso Grande' submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

Durante o armazenamento, o comportamento da pectina solúvel foi semelhante nos dois tratamentos. Entretanto, observa-se, na Figura 11, que os frutos sem 1-MCP apresentaram maior solubilização de pectinas em relação aos frutos tratados.

Pode observar, ainda, que, no 10º dia de armazenamento, os frutos controle já apresentavam teores de pectina solúvel (0,163 g ácido galacturônico 100g⁻¹ de polpa) semelhantes aos encontrados nos frutos tratados no final do armazenamento (0,164 g ácido galacturônico 100g⁻¹ de polpa).

Ocorreu um aumento da porcentagem de solubilização das pectinas durante o armazenamento, nos dois tratamentos, tendo os frutos controle maior solubilização (Figura 12).

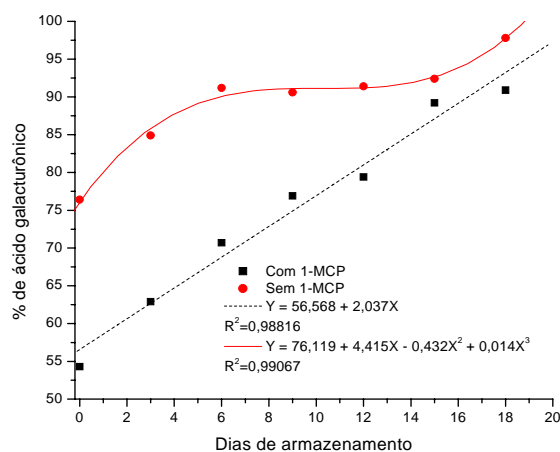


FIGURA 12 Curvas e equações de regressão de porcentagem de solubilização de morangos ‘Oso-Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

Silva et al. (2009) observaram um aumento da porcentagem de solubilização das pectinas durante o armazenamento, em todas as cultivares de morangos analisadas.

Françoso et al. (2008) também observaram tendência de elevação da solubilização das pectinas em morangos irradiados e controle, armazenados sob refrigeração (4°C), por 1, 8, 15, 22 e 29 dias.

5.9 Atividade da poligalacturonase e da pectinametilsterase

A atividade da PME aumentou com o período de armazenamento, para os dois tratamentos (Figura 13), porém, foi menor nos frutos com 1-MCP. No final do armazenamento, os frutos controle apresentaram maior atividade enzimática (22,4 nmol/min/g de polpa), quando comparados aos com 1-MCP (13,6 nmol/min/g de polpa) (Figura 10).

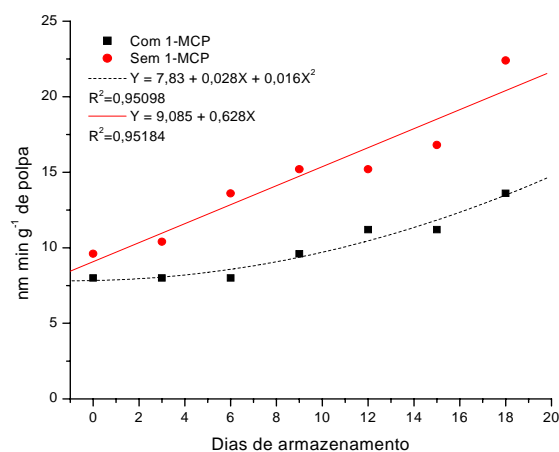


FIGURA 13 Curvas e equações de regressão de atividade de PME de morangos 'Oso Grande' submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

A atividade de PG também aumentou, durante o período de armazenamento, em ambos os tratamentos (Figura 14). Os frutos controle apresentaram maior atividade enzimática durante todo o armazenamento. No final do período de armazenamento, a atividade da PG para os frutos controle foi de 1.019 nmol/min/ g de polpa e a dos frutos tratados com 1-MCP, 581,57 nmol/min/g de polpa (Figura 14).

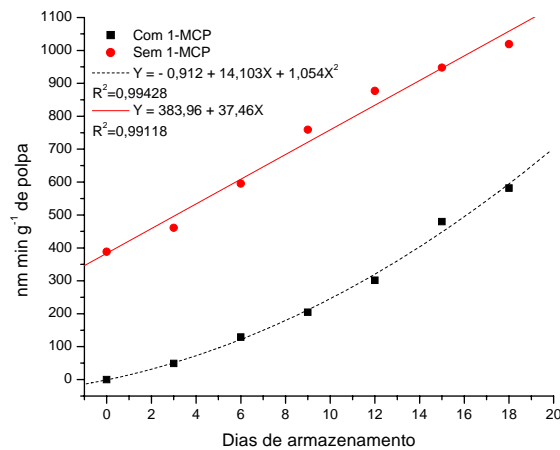


FIGURA 14 Curvas e equações de regressão de atividade de PG de morangos ‘Oso Grande’ submetidos ao 1-MCP e armazenados, sob refrigeração, por dezoito dias.

Uma das causas do amolecimento dos morangos, durante o período de armazenamento, pode ter sido a atividade da poligalacturonase que acarretou um aumento da solubilização das substâncias pécnicas. O mesmo pode ser observado no trabalho realizado por Silva et al. (2009).

Os resultados encontrados para a atividade da PG e da PME estão de acordo com Silva et al. (2009). Estes autores, estudando as modificações nas atividades da poligalacturonase (PG) e da pectinametilesterase (PME) em morangos armazenados à temperatura ambiente, observaram que ambas, além da solubilização de pectinas, aumentou nos frutos, durante o armazenamento dos mesmos.

Nos gráficos das Figuras 13 e 14 pode-se observar que, logo após o tratamento com 1-MCP (dia 0), a atividade de PME e PG já estava mais elevada nos frutos sem 1-MCP (controle), indicando que, nas duas horas em que os

frutos estavam nas mesmas condições dos frutos tratados, essas enzimas já estavam mais ativas que as dos frutos que estavam sendo tratados com 1-MCP.

6 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o 1-MCP, aplicado em morangos na concentração de 100 nL L⁻¹, por 2 horas e armazenados, por 18 dias, sob refrigeração, foi eficiente em estender a vida útil desses frutos por 8 dias.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, L. E. 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, mar. 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association of official agriculture chemistry**. 18. ed. Mayland: AOAC, 2005. 1094 p.

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 4, n. 4, p. 330-334, Oct. 1962.

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

BORDIGNON JÚNIOR, C. L.; FRANCESCETTO, V.; NIENOW, A. A.; CALVETE, E.; REGINATTO, F. H. Influência do pH da solução extrativa no teor de antocianinas em frutos de morango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 183-188, jan./mar. 2009.

CALEGARO, J. M.; PEZZI, E.; BENDER, R. J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1049-1055, ago. 2002.

CHIM, J. F.; ZAMBIAZI, R. C.; BRUSCATTO, M. H. Doces em massa light de morango: caracterização físico-química e sensorial. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 3, p. 295-301, jul./set. 2006.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 783 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: glossário**. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 256 p.

COCOZZA, F. M.; PEREIRA, M. E. C.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A.

C.; JORGE, J. T. Respiration rate and chemical characteristics of cold stored. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 645, p. 645-650, 2004.

CORDENUNSI, B. R.; NASCIMENTO, J. R. O.; LAJOLO, F. M. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. **Food Chemistry**, New York, v. 83, n. 2, p. 167-173, Nov. 2003.

DIAS, M. S. C.; RIBEIRO JUNIOR, P. M.; SILVA, M. S.; SANTOS, L. O.; CANUTO, R. S.; CASTRO, M. V.; COSTA, S. M. Caracterização físico-química de morangos cultivados na região norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002. p. 1-4.

DOMINGUES, D. M. **Efeito da radiação gama e embalagem na conservação de morangos "Toyonoka" armazenados sob refrigeração.** 2000. 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Piracicaba.

DREHMER, A. M. F.; AMARANTE, C. V. T. do. Conservação pós-colheita de frutos de araçá-vermelho em função do estágio de maturação e temperatura de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 322-326, jun. 2008.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - sistema de análise de variância, Versão 4. 6. Lavras: Dex/UFLA, 2003. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/danielff/df02.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

FRANÇOSO, I. L. T.; COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 614-619, jul./set. 2008.

FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins: extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 33, n. 1, p. 72-83, Jan./Feb. 1968.

GOMES, P. **Fruticultura brasileira.** 13. ed. São Paulo: Nobel, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para a análise de alimentos.** 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 533 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Enciclopédia dos municípios brasileiros.** Rio de Janeiro, 1959. 670 p.

JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. P. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 4, p. 1085-1087, July/Aug. 1984.

LIMA, M. A. C. de; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; LIMA, J. R. G. Uso de cera e 1-metilciclopropeno na conservação refrigerada de graviola (*Annona muricata* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 26, n. 3, p. 433-437, dez. 2004.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Antocininas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 59-82, jan./jun. 2006.

MCCREADY, P. M.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, Dec. 1952.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, Mar. 1959.

MORAES, I. V. M.; CENCI, S. A.; BENEDETTI, B. C.; MAMEDE, A. N. G. N.; SOARES, A. G.; BARBOZA, H. T. G. Características físicas e químicas de morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 274-281, abr./jun. 2008.

MORAES, I. V. M.; MAMEDE, A. M. G. N.; CENCI, S. A.; SOARES, A. G.; BENEDETTI, B. C.; GODOY, R. L. O. Influência do tempo de armazenamento e da cultura na qualidade de morangos (*Fragaria X ananassa* Duch) minimamente processado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. v. 1. p. 1-4.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 135, n. 1, p. 136-175, May 1944.

OLIVEIRA, F. E. da R.; ABREU, C. M. P.; ASMAR, S. A.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D. Firmeza de pêssegos 'diamante' tratados com 1-MCP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 366-368, dez. 2005.

OLIVEIRA, S. M. A.; TERAPO, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. H. **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 855 p.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. de B.; MESQUITA, C. T. Ação do 1-metilciclopropeno (1-MCP) na vida de prateleira da banana 'maçã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 25-28, abr. 2005.

ROCHA, D. A.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D.; FONSECA, E. W. N. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1124-1128, dez. 2008.

SILVA, P. A. **Qualidade de morangos cultivados na região de Lavras, MG, armazenados em temperatura ambiente**. 2007. 87 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, P. A.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; ASMAR, S. A. Modificações nas atividades da poligalacturonase e pectinametilesterase em morangos armazenados a temperatura ambiente. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1953-1958, 2009. Edição Especial.

SILVA, P. A.; QUEIROZ, E. R.; ABREU, C. M. P.; SACZK, A. A. Desenvolvimento de metodologia analítica para determinação de vitamina C em morango por HPLC. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBQ, 2009. CD-ROM.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz/Secretaria de Estado da Saúde, 2008. 1020 p.

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

ANEXO

Anexo, A	Página	
ANEXO 1A	Resumo da análise de variância para perda de massa – PM (%), sólidos solúveis – SS (°Brix), açúcares totais – AçT (% glicose), açúcares não redutores – AçNR (%glicose), açúcares redutores AçR (%glicose), vitamina C – VC (mg de ácido ascórbico) de morangos armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias....	131
ANEXO 2A	Resumo da análise de variância para pH, acidez titulável – AT (% ácido cítrico), Firmeza – FIR (N), pectinametilesterase – PME (nmol/min/g polpa), poligalacturonase – PG (nmol/min/g polpa) de morangos armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.....	132
ANEXO 3A	Resumo da análise de variância para pectina total – PT (mg ácido galacturônico/100g de polpa), pectina solúvel – PS (mg ácido galacturônico), solubilização de pectinas – SL (% ácido galacturônico) de morangos armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.....	133

ANEXO 1A Resumo da análise de variância para perda de massa – PM (%), sólidos solúveis – SS (°Brix), açúcares totais – AçT (% glicose), açúcares não redutores – AçNR (%glicose), açúcares redutores AçR (%glicose), vitamina C – VC (mg de ácido ascórbico) de morangos armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

FV	GL	QM					
		PM	SS	AçT	AçNR	AR	VC
Tratamento	1	53,35**	3,14**	5,38**	0,13**	4,26**	1165,07**
Dias	3	463,61**	8,55**	13,39**	0,13**	11,69**	5615,54**
Trat. x Dias	3	21,14**	0,92**	0,09*	0,05**	0,58**	239,09**
Resíduo	24	0,08	0,03	0,02	0,00	0,01	2,17
CV %	-	4,20	2,25	2,93	0,61	4,22	2,48
Média geral	-	7,12	8,87	5,01	2,35	2,63	59,51

NS, *, ** Regressão não-significativa; significativa, a 5% de probabilidade e significativa, a 1% de probabilidade, respectivamente.

ANEXO 2A Resumo da análise de variância para pH, acidez titulável – AT (% ácido cítrico), Firmeza – FIR (N), pectinametilsterase – PME (nmol/min/g polpa), poligalacturonase – PG (nmol/min/g polpa) de morangos armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

FC	GL	QM				
		pH	AT	FIR	PME	PG
Tratamento	1	0,00**	0,15**	0,10**	3829,43**	10442450,00**
Dias	3	0,01**	0,19**	0,12**	2722,00**	22930094,37**
Trat x Dias	3	0,00**	0,00**	0,01**	325,11**	577774,75**
Resíduo	24	0,00	0,00	0,00	1,62	25081,10
CV%	-	0,31	5,25	4,88	3,70	4,72
Média geral	-	3,78	0,77	0,52	34,46	3352,06

NS, *, ** Regressão não-significativa; significativa, a 5% de probabilidade e significativa, a 1% de probabilidade, respectivamente.

ANEXO 3A Resumo da análise de variância para pectina total – PT (mg ácido galacturônico/100g de polpa), pectina solúvel – PS (mg ácido galacturônico), solubilização de pectinas – SL (% ácido galacturônico) de morangos armazenados, à temperatura ambiente, por seis dias.

FC	GL	QM		
		PT	PS	SL
Tratamento	1	0,04**	0,10**	6541,67**
Dias	3	0,04**	0,15**	2260,57**
Trat. x Dias	3	0,03**	0,01**	2488,34**
Resíduo	24	0,00	0,00	3,54
CV %	-	3,27	3,29	2,01
Média geral	-	0,62	0,56	93,52

NS, *, ** Regressão não-significativa; significativa, a 5% de probabilidade e significativa, a 1% de probabilidade, respectivamente.

Anexo, B	Página
ANEXO 1B	Resumo da análise de variância para perda de massa – PM (%), sólidos solúveis – SS (°Brix), açúcares totais – AçT (% glicose), açúcares não redutores – AçNR (%glicose), açúcares redutores AçR (%glicose), vitamina C – VC (mg de ácido ascórbico) de morangos armazenados, sob refrigeração, por 18 dias..... 135
ANEXO 2B	Resumo da análise de variância para pH, acidez titulável – AT (% ácido cítrico), Antocianinas – ANT (mg de cianidina 3-galactosidase), pectinametilesterase – PME (nmol/min/g polpa), poligalacturonase – PG (nmol/min/g polpa) de morangos armazenados, sob refrigeração, por 18 dias..... 136
ANEXO 3B	Resumo da análise de variância para pectina total – PT (mg ácido galacturônico/100g de polpa), pectina solúvel – PS (mg ácido galacturônico), solubilização de pectinas – SL (% ácido galacturônico) de morangos armazenados, sob refrigeração, por 18 dias..... 137

ANEXO 1B Resumo da análise de variância para perda de massa – PM (%), sólidos solúveis – SS (°Brix), açúcares totais – AçT (% glicose), açúcares não redutores – AçNR (%glicose), açúcares redutores AçR (%glicose), vitamina C – VC (mg de ácido ascórbico) de morangos armazenados, sob refrigeração, por 18 dias

FV	GL	QM					
		PM	SS	AçT	AçNR	AR	VC
Tratamento	1	483,16**	0,02 ^{NS}	153,12**	1,01**	215,83**	2624,64**
Dias	6	276,00**	2,04**	121,60**	0,75**	133,12**	1741,59**
Trat. x Dias	6	21,35**	1,29**	4,09**	0,06**	8,57**	114,02**
Resíduo	42	0,22	0,08	0,08	0,00	0,19	7.10
CV %	-	5,44	4,29	2,96	5,58	4,84	4,40
Média Geral	-	8,62	6,77	10,09	1,06	9,21	60,53

NS, *, ** Regressão não-significativa; significativa, a 5% de probabilidade e significativa, a 1% de probabilidade, respectivamente.

ANEXO 2B Resumo da análise de variância para pH, acidez titulável – AT (% ácido cítrico), Antocianinas – ANT (mg de cianidina 3-galactosidase), pectinametilsterase – PME (nmol/min/g polpa), poligalacturonase – PG (nmol/min/g polpa) de morangos armazenados, sob refrigeração, por 18 dias

FC	GL	QM				
		pH	AT	FIR	PME	PG
Tratamento	1	0,01**	0,04**	561,66**	321,91**	3115389,83**
Dias	6	0,23**	0,01**	207,69**	83,69**	420228,41**
Trat x Dias	6	0,05**	0,00**	26,14**	8,72**	9768,25**
Resíduo	42	0,00	0,00	2,63	0,30	76,85
CV%	-	0,37	0,66	2,75	4,51	1,81
Média Geral	-	3,62	0,47	59,03	12,23	485,25

NS, *, ** Regressão não-significativa; significativa, a 5% de probabilidade e significativa, a 1% de probabilidade, respectivamente.

ANEXO 3B Resumo da análise de variância para pectina total – PT (mg ácido galacturônico/100g de polpa), pectina solúvel – PS (mg ácido galacturônico), solubilização de pectinas – SL (% ácido galacturônico) de morangos armazenados, sob refrigeração, por 18 dias

FC	GL	QM		
		PT	PS	SL
Tratamento	1	0,01**	0,03**	2610,15**
Dias	6	0,01**	0,02**	712,69**
Trat. x Dias	6	0,00**	0,00**	144,45**
Resíduo	42	0,00	0,00	2,38
CV %	-	5,59	3,65	1,89
Média Geral	-	0,14	0,12	81,73

NS, *, ** Regressão não-significativa; significativa, a 5% de probabilidade e significativa, a 1% de probabilidade, respectivamente.