

SELMA GARCIA HOLTZ

**APLICAÇÃO DE OZÔNIO E DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS EM
MORANGOS (*Fragaria ananassa* Duch.) MINIMAMENTE
PROCESSADOS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Microbiologia
Agrícola, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2006

SELMA GARCIA HOLTZ

**APLICAÇÃO DE OZÔNIO E DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS EM
MORANGOS (*Fragaria ananassa* Duch.) MINIMAMENTE
PROCESSADOS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Microbiologia
Agrícola, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

APROVADA: 25 de julho de 2006.

Prof. Rolf Puschmann
(Co-Orientador)

Prof^a Valéria Paula Rodrigues Minim
(Co-Orientadora)

Prof^a Nilda de Fátima Ferreira Soares

Dr^a. Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto

Prof^a Maria Cristina Dantas Vanetti
(Orientadora)

A Deus, sábio Criador, que nos deu a vida e a ciência do espírito, pelo infinito amor que me fez entender que toda vitória tem mais sabor quando há mais luta para alcançá-la.

Agradeço

Ao meu esposo Anderson, pelo amor, paciência, dedicação e pela força que me ajudou a chegar ao fim.

Aos meus filhos: Filipe, que me acompanhou desde a graduação, e André que tem a idade do meu Mestrado, pela esperança de vida

e de dias melhores e por me fazem sentir o quão árduo e sublime é ser mãe..

Aos meus pais, João (in memorian) e Dorca, que plantaram a primeira semente no meu coração e me ensinaram a valorizar os estudos e o conhecimento.

Aos meus irmãos Sônia, Gilmar (in memorian), Geronias e Sueli, aos meus cunhados Valney e Alessandro, aos meus sogros Belmiro e Madalena e às minhas primas Márcia, Girlene, Duda e Joselita, pelo apoio, afeto e constantes orações.

À Cida, fiel ajudadora e segunda mãe dos meus filhos durante todo o tempo em Viçosa.

Dedico

*À amiga e mestre, Maria Cristina Vanetti Dantas, pela amizade e ensinamentos.
Aos cientistas e aos brasileiros.*

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Microbiologia, pela oportunidade de poucos neste país.

À FAPEMIG, pelo incentivo e recursos dedicados a esta pesquisa.

À Prof^a. Maria Cristina Dantas Vanetti, pessoa simples e admirável, pelo apoio, ensino, dedicação e amizade.

Aos Profs. Rolf Puschmann e Valéria Paula Rodrigues Minim, pela amizade, valiosos ensinamentos e disposição em ajudar.

À Dr^a. Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto, Pesquisadora da EPAMIG, pela amizade e incentivo desde os tempos de estágio no Laboratório.

Aos demais professores do Departamento de Microbiologia, pelos ensinamentos e pela amizade.

À Escola Agrotécnica Federal de Alegre, à Universidade Federal de Viçosa, nas quais fui servidora, e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, onde sirvo atualmente, por darem condições de conciliar o trabalho e os estudos.

À amiga Ana Lídia Coutinho Galvão, professora do Departamento de Economia Doméstica, pela amizade, orações e imenso apoio.

Às amigas Adriana Ponce, Adriana Reis e Andréa Ferraz, pela amizade e imensa dedicação e colaboração na realização dos experimentos.

Aos amigos e colegas de pesquisa: Eliane, Aline Arruda, André Narvaes, Eliseth, Maurílio, Bete Fantuzzi, Flávia Floresta, Simone Quintão, Uelinton, Rodrigo, Esther, Joãozinho e Ana Márcia, pelo companheirismo e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Microbiologia, Nilcéa, Laura, D. Aparecida, Sr. Cesário, Sr. Paulo (“o pai”), Pablo e José Carlos (Esquilo), pela amizade, competência e preciosa ajuda.

Ao Departamento de Biologia Vegetal, pela disponibilização da Unidade de Processamento Mínimo.

Aos amigos do Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita, Adriano Simões, Eber, Franciscleudo e Sr. Geraldo, pela disposição e colaboração durante os experimentos.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola, na pessoa da Prof^a Leda, pela disponibilização do gerador de ozônio gasoso para a realização deste trabalho.

Aos colegas do Departamento de Engenharia Agrícola, Adriano Rosado, Alexandre Melo e Flávio, pela paciência, disponibilidade e ajuda com o uso do gerador de ozônio gasoso.

Ao colega Dr. Flávio Dessaune Tardin, Pesquisador do INCAPER, pela valiosa contribuição nas análises estatísticas.

Enfim, a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa e para minha formação profissional e humana.

BIOGRAFIA

SELMA GARCIA HOLTZ, filha de João Garcia e Dorca Francisca Garcia, nasceu em Alegre, ES, no dia 11 de fevereiro de 1973.

Em dezembro de 1992, graduou-se Licenciada em Ciências, pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Alegre (FAFIA).

Em abril de 1999, iniciou o Bacharelado em Economia Doméstica, na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em agosto de 2003.

Em agosto de 2003, iniciou o curso de Mestrado em Microbiologia Agrícola, área de Microbiologia de Alimentos, concentrando seus estudos em Qualidade Microbiológica de Alimentos.

Em abril de 2005, ingressou no Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, como Agente de Desenvolvimento Rural II, na área de Agroindústria, Agroturismo, Artesanato, Alimentação e Nutrição.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Produção mundial e brasileira de morango	3
2.2. Classificação e características do morango	4
2.3. Consumo e comercialização do morango	6
2.4. Processamento mínimo de morangos	8
2.5. Tecnologias para o processamento mínimo de morangos	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Métodos de higienização de morangos	19
3.1.1. Obtenção da matéria-prima	19
3.1.2. Processamento mínimo	21
3.1.3. Análises microbiológicas	23
3.2. Revestimentos comestíveis em morangos	25
3.2.1. Obtenção da matéria-prima	25
3.2.2. Processamento mínimo	25
3.2.3. Análises microbiológicas	29
3.2.4. Análises físico-químicas	29

3.3. Análises estatísticas.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1. Caracterização dos morangos minimamente processados após a higienização	34
4.1.1. Alterações visuais e de odor	34
4.1.2. Redução da população inicial de bactérias mesófilas aeróbias	35
4.1.3. Redução da população inicial de fungos filamentosos e leveduras	39
4.1.4. População de coliformes totais e coliformes termotolerantes	42
4.2. Caracterização dos morangos minimamente processados após a aplicação de revestimentos comestíveis	44
4.2.1. Qualidade microbiológica.....	44
4.2.2. Alterações físico-químicas	52
4.2.2.1. Cor	52
4.2.2.2. pH.....	54
4.2.2.3. Sólidos solúveis totais.....	55
4.2.2.4. Firmeza da polpa.....	56
4.2.2.5. Perda de massa.....	58
4.2.2.6. Vitamina C total.....	60
5. CONCLUSÕES	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
7. APÊNDICE.....	73
7.1. QUADROS.....	73

RESUMO

HOLTZ, Selma Garcia, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2006.
Aplicação de ozônio e de revestimentos comestíveis em morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) minimamente processados. Orientadora: Maria Cristina Dantas Vanetti, Co-Orientadores: Rolf Puschmann e Valéria Paula Rodrigues Minim.

A cultura do morango (*Fragaria ananassa* Duch.) é importante econômica e socialmente no Estado de Minas Gerais e o pseudofruto é muito perecível. O processamento mínimo do morango é uma alternativa para a comercialização, porém, a lavagem e sanitização por via úmida favorecem o crescimento fúngico. A sanitização com ozônio gasoso e a aplicação de revestimentos comestíveis são tecnologias que podem ser empregadas no processamento mínimo do morango. O objetivo deste trabalho foi adequar tecnologia de processamento mínimo de morango visando manter a qualidade microbiológica e físico-química do produto. Comparou-se a eficiência de métodos de higienização na redução da contaminação inicial dos morangos por mesófilos aeróbios, fungos filamentosos e leveduras e por coliformes totais e termotolerantes. Os morangos foram limpos com jato de ar e sanitizados com gás ozônio durante 30 e 60 min. Avaliou-se também a lavagem dos morangos com água seguida da sanitização com composto clorado orgânico. O efeito da aplicação de revestimentos comestíveis no aumento da vida útil dos morangos minimamente processados foi avaliado. Morangos orgânicos, cultivar 'Camarosa', foram colhidos e selecionados, seguindo-se a retirada manual do cálice. Então, foram submetidos aos tratamentos de sanitização com ozônio gasoso ou clorado orgânico, seguido de revestimento de fécula de

mandioca ou de amido de milho. Os morangos foram embalados e refrigerados a 5 °C, por 15 dias. A qualidade microbiológica do produto foi analisada pelas contagens padrão de mesófilos aeróbios e anaeróbios, psicrotróficos, fungos filamentosos e leveduras e pela determinação do número de coliformes totais e termotolerantes. Alterações de cor expressa pelo índice de escurecimento e pela diferença total de cor, pH, sólidos solúveis totais, firmeza da polpa, perda de massa e vitamina C total também foram avaliadas. Os dados obtidos foram submetidos a Análise de Variância a 5% de probabilidade, com a significância entre as médias comparadas pelo teste Tukey. A população inicial de mesófilos aeróbios foi reduzida nos morangos limpos com jato de ar e sanitizados com ozônio por 60 min. Fungos filamentosos e leveduras foram reduzidos com 30 e 60 min de ozonização. Não houve redução significativa desses microrganismos nos morangos lavados em água e, ou sanitizados com solução clorada. O Número Mais Provável de coliformes totais foi de até 1100/g, determinados nos morangos limpos com jato de ar. Coliformes termotolerantes não foram detectados em nenhuma amostra analisada. Nos morangos sanitizados com ozônio e revestidos com amido de milho a população de fungos filamentosos e de leveduras apresentou menor variação durante o armazenamento, não havendo efeito dos tratamentos sobre as populações dos outros microrganismos. Os valores referentes ao índice de escurecimento, pH, sólidos solúveis totais e firmeza da polpa não variaram nos morangos sanitizados com ozônio ou clorado orgânico e que receberam ou não revestimentos comestíveis. O teor de vitamina C foi mantido até o 7º dia de armazenamento nos morangos de todos os tratamentos. A diferença total de cor e a perda de massa foram menores nos morangos ozonizados. Concluiu-se que, nas condições deste estudo, a ozonização por 60 min foi eficaz para reduzir a contaminação inicial por mesófilos aeróbios, minimizar as perdas de cor e de massa e, associada ao revestimento de amido de milho, controlar fungos e leveduras dos morangos minimamente processados, preservando a qualidade microbiológica e físico-química do produto, por um período de sete a dez dias.

ABSTRACT

HOLTZ, Selma Garcia, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July of 2006.
Application of ozone and edible coatings in strawberries (*Fragaria ananassa* Duch.) minimally processed. Adviser: Maria Cristina Dantas Vanetti. Committee Members: Rolf Puschmann and Valéria Paula Rodrigues Minim.

The culture of the strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) shows economic and social importance to Minas Gerais. This product is very much perishable. The minimum processing of strawberry is an alternative of commercialization. However, the washing and humid sanitization favors fungal growth. The sanitization with gaseous ozone and application of edible coatings are technologies that can be used in minimum processing of strawberries. The goal of this work was to adjust the technology of minimum processing of strawberry and to keep microbiological and physico-chemistry qualities of the product. The efficiency of methods of hygienic cleaning in the reduction of the initial contamination of the strawberries by aerobic mesophilic, molds, yeasts and total and thermotolerants coliforms was compared. The strawberries had been cleaned with air spurt and sanitized with ozone during 30 and 60 min. Washing of the strawberries in water followed of sanitization with chlorinated organic solution was also evaluated. The effect of the edible coatings application in the increase of the shelf-life of the minimally processed strawberries was evaluated. ‘Camarosa’ organic strawberries had been harvested and selected following the manual removal of the calix. They had been submitted to the sanitization treatments with ozone or chlorinated organic solution, followed of cassava or maize starch edible

coating. The strawberries had been packed and cooled 5° C for 15 days. The microbiological quality of the product was analyzed by aerobic and anaerobic mesophiles, psychrotrophic, molds and yeasts plate count and by the total and thermotolerants coliforms determination. Alterations of color express by the browning index and the total difference of color, pH, total soluble solids, firmness of the pulp, weight loss and total vitamin C, were evaluated too. All the comparisons had been made by the Analysis of Variance 5% of probability, with significance between the averages analyzed for the Tukey test. The initial population of aerobics mesophiles was reduced in the strawberries cleaned with air spurt and sanitized with ozone for 60 min. Molds and yeasts had been reduced with 30 and 60 min of ozonation. It did not have significant reduction of these microorganisms in the strawberries washed in water and, or sanitized with organic chlorinated solution. The biggest number of total coliforms was 1100 MPN/g, detected in the strawberries only cleaned with air spurt. Thermotolerants coliforms had not been detected in analyzed sample. The population of molds and yeasts presented minor variation during the storage, in the strawberries sanitized with gaseous and coated with maize starch, not having effect of the treatments on the populations of the other microorganisms. Browning index, pH, total soluble solids and firmness of the pulp had not varied in the strawberries sanitized with ozone or organic chlorinated solution and that had received or not edible coatings. The content of vitamin C was kept until 7° day of storage in the strawberries of all the treatments. The total difference of color and the weight loss had been lesser in the strawberries only ozonated. Is concluded that, in the conditions of this study, the ozonation for 60 min was efficient: (i) to reduce the initial contamination for aerobic mesophilics, (ii) to minimize the color and weight losses and (iii), to control molds and yeasts of the minimally processed strawberries when associated to the edible coating of starch maize, keeping the shelf-life of the product for a period of seven to ten days.

1. INTRODUÇÃO

Mudanças no comportamento alimentar e estilo de vida da população mundial resultaram em aumento significativo no consumo de frutas e hortaliças frescas. No Brasil, este fato também é observado, considerando o aumento no nível de vida e na educação dos consumidores, que estão mais preocupados com sua saúde e, portanto, buscam alimentos frescos e saudáveis.

A agricultura familiar tem encontrado na produção hortícola, uma alternativa viável que permite uma diversidade de produtos cultivados em pequena área. Além disso, há maior oportunidade de agregação de valor aos produtos e geração de empregos no campo e na agroindústria.

No Estado de Minas Gerais o cultivo do morango é uma atividade importante econômica e socialmente e a produção é destinada para a indústria ou consumo *in natura*. Porém, embora muito apreciado, o morango *in natura* é motivo de preocupação e de recusa pelo consumidor, em razão dos resíduos de agroquímicos utilizados no combate às pragas e doenças da cultura. Uma alternativa para minimizar tal problema é o cultivo orgânico.

Em razão da elevada susceptibilidade à deterioração, principalmente por fungos, o morango requer utilização de tecnologia adequada para melhor conservação. Uma alternativa para a sua comercialização é o processamento mínimo, que pode estar associado a outras tecnologias para garantir a qualidade do produto e, possivelmente, estender sua vida útil. O processamento mínimo de alimentos consiste de um conjunto de práticas que incluem lavagem, sanitização,

descascamento, fatiamento e embalagem, sendo aplicáveis a muitas hortaliças e frutas, de modo a preservar seu aspecto visual, agregar valor e facilitar a vida dos consumidores. No entanto, é necessário adequar as etapas do processamento de modo específico para cada produto.

A adequação da tecnologia de processamento mínimo para morangos é relevante, considerando a demanda elevada por este produto e as perspectivas de manter as características sensoriais, como cor, brilho, textura e sabor, que o tornam um produto atraente ao consumidor. Com o propósito de oferecer alternativas de conservação de morangos, o objetivo geral deste trabalho foi adequar a tecnologia de processamento mínimo para manter a qualidade microbiológica e as características físico-químicas do produto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção mundial e brasileira de morango

O consumo mundial de frutas e hortaliças frescas aumentou significativamente nas últimas décadas (ALTEKRUSE *et al.*, 1997). No Brasil, o mercado desses produtos também cresceu por causa da estabilização da economia, da mudança nos hábitos alimentares dos consumidores e da evolução dos auto-serviços (CLEMENTE, 1998).

O crescimento desse mercado tem garantido o lucro de muitos empreendedores e aumentado o número de empresas que investem no mercado de frutas e hortaliças frescas (BOULOS, 1999). Para o pequeno agricultor que busca espaço nesse mercado, os produtos hortícolas destacam-se com relação à sua adequação às pequenas propriedades com gestão familiar, em função da diversidade de produtos cultivados em uma mesma área e da menor dependência de recursos externos, com maior utilização de mão-de-obra e menor necessidade de capital (FAVERET FILHO *et al.*, 2003). Dentre muitos produtos hortícolas, o cultivo do morango se destaca como uma atividade promissora para o agronegócio familiar.

Sendo o morango uma cultura típica de clima temperado, os Estados Unidos despontam como o maior produtor mundial, com produção de, aproximadamente, 900 mil toneladas, em 2004. Outros países como Espanha, Japão, Itália, Polônia e México são também importantes produtores mundiais, mas não ultrapassaram 400 mil toneladas no mesmo ano (FAO, 2005).

No Brasil, o cultivo do morango tomou impulso a partir da década de 60, com a introdução de novas técnicas e de cultivares melhoradas (DUARTE FILHO *et al.*, 1999). O cultivo é praticado principalmente nas regiões Sul e Sudeste, alcançando uma produção de 100 mil toneladas no ano de 2002 (AGRIANUAL, 2003). Os cultivares mais plantados são ‘Dover’, ‘IAC Campinas’, ‘Guarani’, ‘AGF-80’, ‘Sequóia’, ‘Princesa Isabel’, ‘Oso Grande’, ‘Chandler’, ‘Lassen’ e ‘Camarosa’ (DUARTE FILHO *et al.*, 1999). Esta última, lançada nos Estados Unidos em 1992, tem planta sensível ao fotoperíodo curto, porém muito vigorosa, com alta produtividade. Apresenta morangos grandes, firmes, cônico-achatados, com sabor e aroma agradáveis. É moderadamente suscetível a micosferela (*Mycosphaerella fragariae*), resistente a oídio (*Sphaeroteca macularis*) e tolerante a viroses (CASTRO, 2004).

O Estado de Minas Gerais é o maior produtor brasileiro de morangos, seguido por São Paulo e Rio Grande do Sul. Estes três Estados respondem por mais de 80 % da produção nacional (MADAIL *et al.*, 2003). Com menor produção estão os Estados do Paraná, Santa Catarina, Distrito Federal, Goiás e Espírito Santo (GROPPO *et al.*, 1997; RONQUE, 1998). Em todos os Estados, a cultura tem caráter social absorvendo contingente de mão-de-obra elevado em todas as etapas de produção (RESENDE *et al.*, 1999; MARIM *et al.*, 1999).

No Estado de Minas Gerais, o cultivo do morango utiliza mão-de-obra familiar durante todo o seu ciclo, sendo, neste caso, a principal fonte de renda da família (BOTELHO, 1999). O sul de Minas e a região Metalúrgica/Campo das Vertentes são as principais regiões produtoras do Estado (RESENDE *et al.*, 1999). No Sul de Minas, encontram-se, aproximadamente, três mil produtores que cultivam mais de mil hectares, gerando valores acima de R\$ 23 milhões por safra (MADAIL *et al.*, 2003). Em 2002, a produção mineira de morangos alcançou 40 mil toneladas (AGRIANUAL, 2003).

2.2. Classificação e características do morango

O morango originou-se do cruzamento natural de duas espécies: *Fragaria virginiana* e *Fragaria chiloensis*, oriundas da América do Norte e do Chile,

respectivamente. Ambas eram plantadas, por volta do século XIV D.C., lado a lado em jardins europeus, com finalidades ornamental e medicinal. Assim, deram origem à espécie cultivada atualmente *Fragaria ananassa* Duch, pertencente à família Rosaceae, cuja exploração comercial data do século XIX d.C. (MEZZALIRA, 1986; RESENDE *et al.* 1999; SANTOS, 1999).

O gênero *Fragaria* é excessivamente variável, tendo sido descritas mais de quarenta e cinco espécies. Hoje, apenas onze espécies são consideradas naturais. A grande variabilidade entre as espécies que compõem a base genética da espécie *F. ananassa* permite uma maior amplitude de adaptação e propicia a qualidade de cultivares comerciais de morangueiro (SANTOS, 1999).

A parte do morango considerada popularmente como semente, constitui, na realidade, os verdadeiros frutos, botanicamente denominados aquênios. O receptáculo destes frutos é a polpa comestível, uma infrutescência ou pseudofruto, suculenta e de cor e sabor atrativos e intensos, muito apreciados (DUARTE FILHO *et al.*, 1999; RESENDE *et al.*, 1999). A cor vermelha dos morangos é atribuída, principalmente, à pelargonidina-3-glicosídeo, que compreende 80 % do conteúdo total de antocianinas nesses pseudofrutos (BAKKER *et al.*, 1994) e aumenta durante a senescência pós-colheita (MISZCZAK *et al.*, 1995). A modificação da cor durante a pós-colheita é atribuída à síntese de carotenóides e antocianinas (MANNING, 1993).

Além dessas características, o morango apresenta um excelente valor nutricional, especialmente pela quantidade de vitamina C que chega a 72,80 mg em cem gramas do produto, além do baixo teor de lipídeos (0,6 g / 100 g), carboidratos (7,4 g / 100 g) e proteínas (1,0 g / 100 g) (FRANCO, 2002). Isso caracteriza o morango como um alimento de conteúdo calórico baixo podendo ser consumido por indivíduos que necessitam de dieta com restrição calórica.

SANTOS (1999) destacou algumas características genéticas importantes na cultura do morangueiro: a) capacidade de produção, que está diretamente relacionada com o tamanho e o número de frutos; b) firmeza da polpa e resistência da epiderme, que são importantes especialmente para os cultivares destinados à produção de morangos para o consumo *in natura*, permitindo melhor manuseio e

transporte, conservando melhor a qualidade sensorial e expandindo o período de comercialização; c) coloração e brilho, importantes tanto no consumo *in natura*, atraindo o consumidor, como na industrialização, proporcionando melhor aspecto ao produto processado; d) sabor, talvez a característica mais importante, está relacionado com outras características como balanço de açúcares e ácidos, coloração e conteúdo em ácido ascórbico e com a relação entre sólidos solúveis e ácidos, todos influenciados pelo ambiente; e) resposta ao fotoperíodo e à temperatura, que se correlacionam diretamente com a atividade fisiológica da planta, na maioria das espécies.

2.3. Consumo e comercialização do morango

Por sua beleza, sabor, cor, brilho e aroma o morango é muito apreciado pela maioria das pessoas (PAZINATO, 1999). Seu sabor é preferido quando comparado ao de outras frutas, fazendo o consumidor optar pelo fruto *in natura* (LIMA, 1999). Entretanto, os cuidados fitossanitários para combater as pragas e as doenças do morangueiro envolvem o uso de agroquímicos passíveis de deixar resíduos nos pseudofrutos. Este é um motivo de recusa do morango pelo consumidor cujo perfil tem revelado maior preocupação com a sua saúde e, por isso, busca alimentos seguros com relação à ausência de resíduos químicos nos produtos frescos (FEIN *et al.*, 1995; BOULOS, 1999; MATTOS, 2004).

O uso de agrotóxicos na cultura do morangueiro é também alvo de constante preocupação no âmbito da saúde pública. Por isso, estudos e análises feitos recentemente no Brasil, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, do Ministério da Saúde, detectaram resíduos de até cinco ingredientes ativos distintos em amostras de morangos provenientes dos Estados de Pernambuco, Minas Gerais, São Paulo e Paraná (MATTOS, 2004).

Um dos caminhos para minimizar esse problema no morango é o cultivo orgânico.

Numa estimativa do Instituto Biodinâmico, ainda em 1998, o cultivo de produtos orgânicos no Brasil gerou US\$ 150 milhões (EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, 2003). No ano de 2000, o Brasil possuía uma área de 100 mil

hectares destinada ao cultivo de alimentos orgânicos, ocupando a 34ª posição no *ranking* da produção mundial (AGRORGÂNICA, 2005). Nesse mesmo ano o crescimento do mercado brasileiro para os produtos orgânicos foi estimado em 30 %, com as frutas e hortaliças orgânicas representando 2 % do total comercializado pelas redes de supermercados no país (AGRIANUAL, 2001). Atualmente, o Brasil possui área cultivada estimada de 800 mil hectares com agropecuária orgânica e cerca de 15 mil produtores, sendo a produção de frutas orgânicas maior na região sul com 42 %, destacando-se dentre elas o morango, embora ainda sejam inconsistentes os dados sobre área e produtividade deste (BRASIL, 2006).

Contudo, o mercado ainda não está completamente consolidado, sendo difícil prever com precisão a evolução tanto do mercado de orgânicos como um todo, como do segmento de frutas, que se caracteriza ainda como um nicho (TODAFRUTA, 2006). Segundo FAVERET FILHO *et al.* (2003), os produtos hortícolas orgânicos aparecem em destaque como consequência da adequação deste sistema de produção às características de pequenas propriedades com gestão familiar.

O morango é muito delicado, perecível, susceptível à injúria mecânica, à deterioração fisiológica e à perda de água e de peso em função da alta taxa respiratória (GARCÍA *et al.*, 1998b; LIMA, 1999; HAN *et al.*, 2004). Além disso, em virtude dos altos teores de umidade (90 %), de açúcares (9,9 %) e de ácidos, o morango é um substrato ideal à proliferação de microrganismos deterioradores, que causam danos durante o manuseio, transporte e armazenamento, limitando sua vida pós-colheita (SANZ *et al.*, 1999; SOUZA *et al.*, 1999).

Sinais visíveis de deterioração nos morangos são um inconveniente quando o consumidor busca um produto de qualidade. Alguns pesquisadores consideram que o fator limitante na busca da qualidade do morango é a infecção pelo fungo *Botrytis cinerea* que, dentre outros, é especialmente deteriorador, prolifera em ambiente úmido e ataca a cultura durante qualquer estágio de seu desenvolvimento, sendo o problema mais evidente durante o período de colheita e pós-colheita (DIAS, 1999; HERTOOG *et al.*, 1999; SANZ *et al.*, 1999; SOUZA *et al.*, 1999; NADAS *et al.*, 2003).

Em se tratando de produto de cultivo orgânico, há que se considerar, ainda, que os riscos de contaminação microbiana afetam a segurança tanto do produto *in natura* como processado. MATTOS (2004) considerou que a água utilizada na cultura, o esterco animal e resíduos fecais humanos são uma fonte significativa de patógenos que podem contaminar o produto. Portanto, biossólidos e esterco devem ser cuidadosamente administrados para limitar o potencial de contaminação de morangueiros por patógenos.

A estabilidade microbiológica dos morangos se agrava na pós-colheita, porque os pseudofrutos não são submetidos à lavagem antes da comercialização e, portanto, a contaminação presente permanecerá ao longo da distribuição, com a conseqüente perda da qualidade e redução da segurança alimentar (MATTOS, 2004). Além da contaminação por microrganismos, alterações na cor, na firmeza da polpa e no brilho natural são também observados na pós-colheita do morango. Se não forem comercializados num período relativamente curto, os morangos acabam-se perdendo. O processamento mínimo pode ser uma alternativa para minimizar as perdas durante a comercialização do produto, desde que sejam associadas tecnologias adequadas para garantir a qualidade do produto.

2.4. Processamento mínimo de morangos

Embora o consumo de produtos minimamente processados no Brasil ainda seja incipiente, observa-se um crescimento rápido do setor nos grandes e médios centros urbanos, com tendência a expandir-se para regiões menores (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2003).

Segundo DURIGAN (2004), o mercado de produtos minimamente processados representa opção de diversificação das agroindústrias e maior aproveitamento da produção e agregação de valor ao produto, sendo bastante adequado às micro e às pequenas empresas familiares e possibilita a fixação de mão-de-obra no campo. Tais produtos atingem um público seletivo e exigente que valoriza a qualidade e a segurança no alimento, possui renda elevada e está disposto a pagar mais pela comodidade e conveniência que esses produtos

oferecem, pois dispensam manuseio e reduzem o tempo no preparo de refeições (NASCIMENTO, 1998; NANTES e LEONELLI, 2000).

Frutas e hortaliças minimamente processadas são submetidas a injúrias físicas, o que provoca alterações fisiológicas que afetam a viabilidade e a qualidade do produto final (SALTVEIT, 1997). Essa qualidade está relacionada com a manutenção das suas características sensoriais e com o controle da microbiota contaminante.

A obtenção de um produto minimamente processado com qualidade e segurança para a saúde do consumidor requer o estabelecimento de tecnologia adequada que considere os aspectos microbiológicos, fisiológicos, tecnológicos e sensoriais de todo o processo.

Os padrões microbiológicos para frutas frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto são definidos na Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 da ANVISA (BRASIL, 2001), conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Padrão microbiológico para frutas frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, conforme a Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001, da ANVISA.

Microrganismo	Tolerância para amostra	Tolerância para amostra REPRESENTATIVA			
	INDICATIVA	n	c	m	M
Coliformes a 45° / g	5 x 10 ²	5	2	10 ²	5 x 10 ²
<i>Salmonella</i> sp. / 25 g	Ausência	5	0	Ausência	-

Onde:

n = número de unidades da amostra

c = número máximo aceitável de amostras dentro dos limites m e M

m = limite mínimo aceitável de microrganismos na amostra

M = limite máximo aceitável de microrganismos na amostra

2.5. Tecnologias para o processamento mínimo de morangos

Para o controle da microbiota contaminante, deterioradora ou patogênica, presente nos produtos frescos e prontos para o consumo, novas tecnologias têm emergido, dentre elas o uso do ozônio, que é estudado como alternativa à sanitização com solução clorada em muitos alimentos (KHADRE *et al.*, 2001). A aplicação de novas tecnologias pode ser interessante no processamento mínimo de morangos, tendo em vista que a exposição dos pseudofrutos à umidade durante um processo de lavagem e sanitização em água contribui para uma maior proliferação de fungos.

O ozônio (O_3) é um gás que figura como o mais potente oxidante dos agentes sanitizantes usados atualmente, sendo um antimicrobiano poderoso e de amplo espectro de ação, ativo contra todas as formas de microrganismos em concentrações relativamente baixas (KHADRE *et al.*, 2001). O ozônio é uma molécula formada pela adição de um átomo de oxigênio ao oxigênio molecular. É gerado comercialmente pela transformação do O_2 , por meio de uma descarga elétrica tornando-se uma molécula muito reativa e instável. Por isso, degrada-se rapidamente retornando ao O_2 e lançando um átomo de oxigênio livre, o qual combina com outro oxigênio livre para formar outro O_2 ou reage com outras partículas químicas, oxidando-as (GÜZEL-SEYDIM *et al.*, 2004). A autodecomposição do ozônio torna-o vantajoso em virtude de não deixar resíduos nos alimentos e não ser poluente para o ambiente. Entretanto, esses autores, consideram a importância do monitoramento das pessoas que têm contato com ozônio na indústria, uma vez que ele pode afetar primariamente o trato respiratório e provocar outros sintomas como dor de cabeça, tontura, ardor nos olhos e garganta e tosse. Sintomas de intoxicação crônica incluem dor de cabeça, fraqueza, memória reduzida, bronquite e excitabilidade muscular. Esses autores consideram que a toxicidade é o critério mais importante para a aprovação do uso do ozônio em alimentos.

Outra característica do ozônio é a solubilidade em água. Segundo KHADRE *et al.* (2001), este gás não reage consideravelmente com a água, mas é mais solúvel do que o nitrogênio e o oxigênio. Entretanto, é menos solúvel do que

o dióxido de carbono e o cloro. Esta pode ser mais uma justificativa para o uso do ozônio gasoso em vez de ozônio em solução nos processos de sanitização.

Nos EUA, o Departamento de Alimentos e Drogas (FDA) aprovou, em 2001, o uso do ozônio como aditivo na forma gasosa ou em solução, para o tratamento, estocagem e processamento de alimentos (KHADRE *et al.*, 2001). Algumas possíveis aplicações do ozônio na indústria de alimentos incluem redução da população microbiana em biofilmes encontrados sobre superfícies de aço inoxidável, bem como tratamento e possível reciclagem de água usada em resfriamento de aves e sanitização de mariscos (GÜZEL-SEYDIM *et al.*, 2004)

No Brasil, não há referências sobre a legalização do uso do ozônio especificamente para alimentos. Existem equipamentos disponíveis no mercado, como por exemplo, o MiliG® que, segundo o fabricante, possibilita o tratamento da água com ozônio alcançando concentração de 6 mL/L, sendo, então, possível usar a mesma água para lavagem dos alimentos, embora a concentração de ozônio residual presente na água seja de apenas 0,2 a 0,6 mL/L (CASTRO¹). Apesar disso, a população em geral demonstra, ainda, pouca aceitação quanto ao uso do ozônio em alimentos, talvez pela falta de informação.

A inativação de bactérias pelo ozônio é um processo complexo tendo em vista que o gás afeta os vários constituintes celulares, incluindo proteínas, lipídeos insaturados e enzimas envolvidas na cadeia respiratória presentes nas membranas celulares, peptídeos nas paredes celulares bacterianas, enzimas e ácidos nucléicos no citoplasma (KHADRE *et al.*, 2001). Alguns autores consideram que o ozônio molecular é o principal inativador de microrganismos. Outros enfatizam que a atividade antimicrobiana provém dos produtos reativos da decomposição do ozônio, tais como, $\cdot\text{OH}$, $\cdot\text{O}_2$ e HO_3 (CHANG, 1971; HARAKEH e BUTLER, 1985; GLAZE e KANG, 1989; HUNT e MARINAS, 1997).

KOWALSKI *et al.* (1998) estudaram o efeito do ozônio gasoso sobre algumas bactérias mesófilas, em concentrações que variaram de 300 a 1.500 mL/L e consideraram que as taxas de morte obtidas em poucos segundos com essas concentrações são comparáveis aos resultados obtidos em estudos sobre a

¹ CASTRO, José Luiz. Comunicação Pessoal, 2006. jlc.castro@uol.com.br.

inativação de bactérias pelo ozônio em solução aquosa. No entanto, os autores consideraram que os efeitos do ozônio gasoso poderiam ter sido ainda melhores sob condições controladas de umidade. Os autores concluíram que a taxa de sobrevivência não dependeu das concentrações estudadas, mas sim de algum mecanismo de resistência relacionado com a capacidade de agrupamento de células bacterianas que confere proteção a uma pequena porcentagem de bactérias fazendo com que elas pareçam ter uma resistência muito mais alta ao ozônio.

Dados sobre a sensibilidade de microrganismos do grupo coliformes ao ozônio são divergentes. PÉREZ *et al.* (1995) mostraram que a N-acetil glicosamina foi resistente à ação do ozônio em solução aquosa em pH 3 a 7, o que pode explicar a maior resistência de bactérias Gram-positivas, quando comparada às Gram-negativas. Concordando com estes resultados, ZHAO e CRANSTON (1995) também registraram maior tolerância de Gram-positivos, como *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus* do que de Gram-negativos, como *Salmonella* e *Escherichia coli* ao ozônio. Esses autores obtiveram redução de cinco ciclos log na população de células de *S. aureus*, *B. cereus*, *Salmonella* spp. e *E. coli* em cerca de 10 a 20 minutos quando trataram pimentas pretas com ozônio em solução a 6,7 mg/L e fluxo de 6 L/min. KHADRE *et al.* (2001) consideraram que a maior sensibilidade de bactérias Gram-negativas ao ozônio pode estar relacionada à menor quantidade de peptidoglicano na parede celular. No entanto, KOWALSKI *et al.* (1998), estudando a cinética de inativação de *E. coli* e *S. aureus* pelo ozônio gasoso, observaram que *E. coli* foi menos sensível do que *S. aureus* no início do tratamento, mas nenhuma diferença significativa foi observada nas curvas de sobrevivência ao final de 60 segundos de tratamento. Eles consideraram que essa semelhança nas taxas de sobrevivência sugere um mecanismo de resistência que não depende da espécie de microrganismo tratada, mas da capacidade de agrupamento dessas células. KIM e YOUSEF (2000) também verificaram que *E. coli* O157:H7 foi mais resistente ao ozônio do que *Pseudomonas fluorescens*, que é Gram-negativa e *Listeria monocytogenes*, um patógeno Gram-positivo.

As reentrâncias presentes na superfície dos frutos podem constituir-se numa barreira para a eficácia do ozônio contra microrganismos, uma vez que as

células microbianas podem estar aderidas e protegidas nessas regiões. ACHEN e YOUSEF (2001) inocularam maçãs com *E. coli* O157:H7 e observaram menor eficácia do ozônio em reduzir a população desta bactéria na região do cálice dos frutos em razão da dificuldade de penetração do sanitizante e em razão da presença de resíduos que conferem proteção às células nesta região.

Outro fator que pode ter influência no efeito do ozônio sobre os microrganismos é a presença de alguns componentes nos alimentos que podem ou não conferir proteção aos microrganismos. GÜZEL-SEYDIM *et al.* (2004) estudaram o efeito de alguns desses componentes sobre o poder bactericida do ozônio e observaram que a presença de proteínas e lipídeos ofereceu maior proteção a *E. coli* do que a presença de carboidratos, embora não elucidassem o mecanismo responsável por tal proteção.

A inibição do crescimento micelial e da esporulação de *Penicillium* sp. em frutas cítricas pela ação oxidante do ozônio foi reportada há muitos anos por HARDING (1968). Mais tarde, KRAUSE e WEIDENSAUL (1978) verificaram que o ozônio em concentrações relativamente baixas de 0,15 ou 0,30 µL/L reduziu a incidência de conídios de *Botrytis cinerea*. A atmosfera enriquecida com ozônio retardou o crescimento micelial de *B. cinerea* e *Sclerotinia sclerotiorum* em cenouras (LIEW e PRANGE, 1994) e, efeito semelhante sobre *Rhizopus stolonifer* foi observado em uvas (SARIG *et al.*, 1996). A germinação de esporos de *B. cinerea*, *Monilinia fructicola* e *Penicillium digitatum* foi inibida pela exposição dos mesmos a alta concentração de 130 µL/L durante 80 minutos (MARGOSAN e SMILANICK, 1998).

O ozônio apresenta capacidade de alterar a permeabilidade da membrana das células microbianas, o que não acontece com o cloro (KHADRE *et al.*, 2001). GYUREK *et al.* (1996) verificaram que o cloro livre foi ineficaz contra oocistos do protozoário *Cryptosporidium parvum*, exceto quando os mesmos foram previamente tratados com pequena dose de ozônio, de modo a afetar a permeabilidade da membrana, permitir a penetração do cloro e inativação dos oocistos.

Os resultados de muitos estudos obtidos com o tratamento de morangos

com ozônio desde a década de 60 indicaram que as concentrações usadas não foram suficientes para manter a qualidade microbiológica desses pseudofrutos por muitos dias. Na concentração de 10 µL/L o ozônio não preveniu a deterioração dos pseudofrutos (SPALDING, 1966). Morangos tratados com 0,35 µL/L de ozônio a 2 °C e mantidos a 20 °C, apresentaram redução de 15 % na deterioração por fungos em dois dias, mas não houve diferença significativa em relação aos morangos não tratados, após quatro dias de estocagem (PÉREZ *et al.*, 1999). Morangos tratados com 1,5 µL/L de ozônio a 2 °C por três dias e mantidos a 20 °C tiveram redução no crescimento micelial de *B. cinerea* e na deterioração, porém perderam, temporariamente, o aroma (NADAS *et al.*, 2003). Esses resultados sugerem a necessidade de novos testes com outras concentrações e tempos de exposição que sejam suficientes para reduzir fungos deterioradores e bactérias por um período mais longo sem, contudo, alterar as características sensoriais dos morangos.

Filmes e revestimentos comestíveis constituem uma outra tecnologia que pode ser aplicada para retardar a deterioração e desidratação de produtos frescos, bem como reduzir respiração, melhorar textura, reter compostos que conferem aroma e retardar o crescimento microbiano nesses produtos (DEBEAUFORT *et al.*, 1998; PARK *et al.*, 2005). Esses revestimentos podem se constituir numa alternativa para estender a vida pós-colheita de frutas e vegetais frescos ou resultar no mesmo efeito da estocagem em embalagens com atmosfera modificada, onde a composição interna de gases é ajustada (PARK, 1999). Isso pode ocorrer em função da possibilidade de se estabelecer uma micro-atmosfera na superfície externa dos produtos, a qual protege os mesmos de algumas alterações fisiológicas naturais durante a pós-colheita, podendo estender a sua vida de prateleira durante a estocagem sob refrigeração (BALDWIN, 1994).

Os filmes e os revestimentos comestíveis geralmente são produzidos usando-se materiais biológicos como proteínas, lipídeos e polissacarídeos (TANADA-PALMU e GROSSO, 2005). Filmes feitos de polissacarídeos ou proteínas geralmente são próprios para serem uma barreira mecânica e aos gases, mas mostram alta permeabilidade à umidade e não são efetivos como barreira ao vapor de água. Ao contrário, filmes compostos de lipídeos são ótimas barreiras ao

vapor de água, mas apresentam uma resistência mecânica baixa e permeabilidade ao oxigênio alta.

Os revestimentos comestíveis são obtidos a partir da adição de um ingrediente (polissacarídeo, proteína ou lipídeo) à água, sendo ou não preparados por aquecimento, quando deve ser resfriada a temperatura ambiente, formando uma suspensão ou sistema coloidal. Frutas ou hortaliças a serem recobertas são imersos durante alguns minutos nessa preparação e, em seguida, necessitam de um tempo relativamente longo de secagem antes da embalagem. Os filmes comestíveis são feitos também a partir de uma suspensão previamente preparada. A diferença é que esta suspensão é vertida e espalhada sobre uma superfície lisa, formando uma camada elástica e tão fina quanto possível que, depois de seca, é usada para envolver os frutos um a um (TANADA-PALMU e GROSSO, 2005).

Frutas muito perecíveis, tropicais ou não, são os produtos mais comumente beneficiados economicamente com os revestimentos e filmes comestíveis. O uso de revestimentos comestíveis pode ser uma alternativa para a conservação de morangos que são pseudofrutos macios, com altas taxas de respiração e de amolecimento, sendo um desafio mantê-los disponíveis por longo período e com alta qualidade.

Diferentes revestimentos em morangos já foram avaliados. Revestimentos à base de amido a 2 % adicionado de sorbitol (plastificante), sorbato de potássio (antimicrobiano) e ácido cítrico (para pH 4,0) foram testados, dentre outros, por GARCÍA *et al.* (1998b) em morangos e reduziram a permeabilidade ao vapor de água, estendendo a vida de prateleira dos pseudofrutos de 14 para 28 dias. Redução da perda de peso, melhoria da textura e prolongamento em até cinco vezes a vida útil foram observados em morangos revestidos com fécula de mandioca nas concentrações de 1 a 3 % e armazenados a temperatura ambiente (HENRIQUE e CEREDA, 1999). Morangos com revestimentos à base de caseinato de cálcio, proteínas do soro de leite e glicerol, associados ou não a polissacarídeos, mantidos a 4 °C apresentaram vida útil de nove dias com a solução-base e de 15 dias com a solução associada a polissacarídeos (OUATARRA *et al.*, 2002). HAN *et al.* (2004) revestiram morangos com

quitosana associada ou não com cálcio e vitamina E, mantendo-os a 2 °C, o que aumentou, consideravelmente, a vida útil dos frutos. TANADA-PALMU e GROSSO (2005) testaram o efeito de diferentes revestimentos e filmes comestíveis à base de glúten de trigo sobre a qualidade e a vida útil de morangos refrigerados. Esses autores verificaram que todos os tratamentos resultaram na retenção da firmeza dos pseudofrutos, estendendo a vida útil e retardando o processo de senescência dos mesmos.

Os revestimentos comestíveis podem, ainda, ser usados para monitorar a cinética de desidratação osmótica. MATSUKA *et al.* (2006) verificaram que um recobrimento duplo de alginato de sódio a 0,5 % em morangos antes do processo de desidratação osmótica favoreceu a remoção de água e preveniu a absorção de solutos.

Alguns trabalhos mostraram que a associação de ozônio (GARCIA *et al.*, 2003) ou de revestimento comestível (VACHÓN *et al.*, 2003) a outra tecnologia resultou em aumento da vida de prateleira de alface e de morangos, respectivamente. Apesar desses estudos sobre revestimentos comestíveis em morangos, a maioria deles contempla apenas a qualidade físico-química. O aspecto microbiológico da qualidade dos pseudofrutos, nos quais se tenha aplicado algum revestimento comestível, ainda carece de estudos.

O uso de embalagens com diferentes filmes plásticos, com atmosfera modificada e atmosfera controlada também têm sido investigados em morangos tendo em vista aumentar a sua vida útil. GARCÍA *et al.* (1998a) compararam o uso de filmes de polipropileno, polipropileno perfurado, filme de celulose e PVC para embalar morangos e verificaram que os morangos embalados mostraram, de maneira geral, melhores propriedades físicas, químicas e sensoriais do que morangos não embalados. Entretanto, esses autores não conseguiram selecionar dentre esses filmes, um mais apropriado para embalar os morangos, em razão das vantagens e desvantagens que cada filme apresentou. O filme de celulose, por exemplo, promoveu modificação da atmosfera dentro da embalagem, mas foi excessivamente permeável ao vapor de água. O polipropileno perfurado foi recomendado para um curto período de armazenamento (dois dias), uma vez que

após este período, os morangos apresentaram rápida deterioração. O polipropileno foi o melhor para manter a qualidade dos morangos, mas ofereceu maior risco de perda de sabor. Todos os filmes testados resultaram em aparência indesejável em função da condensação de vapor.

Morangos embalados com caixas de polipropileno microperfuradas, (duas, quatro e seis perfurações de 1 mm de diâmetro), armazenados a 2 °C por três dias e em seguida mantidos a 20 °C, foram comparados a morangos acondicionados em embalagens comerciais de polipropileno macroperfuradas (18 a 20 perfurações de 8 mm de diâmetro) (SANZ *et al.*, 1999). Esses autores observaram que os três graus de microperfuração testados controlaram efetivamente a deterioração dos morangos durante sete dias, sendo uma alternativa de baixo custo para se alcançar uma atmosfera modificada passiva (sem injeção de gases) nas embalagens. Porém, foram observados efeitos negativos sobre a cor e a perda de sabor dos morangos.

Modificações ativas da atmosfera nas embalagens de polietileno para morangos foram avaliadas por CALEGARO *et al.* (2002). Os autores observaram que as composições de 3 kPa de O₂ + 10 kPa de CO₂ ou 5 kPa de O₂ + 15 kPa de CO₂ apresentaram potencial para conservação de morangos por sete dias a 18 °C, mantendo a firmeza da polpa, a coloração, os teores de açúcares totais e de ácido ascórbico. STEEN *et al.* (2002) compararam diferentes atmosferas modificadas para morangos e verificaram que os morangos embalados em atmosfera natural ou em atmosfera modificada com baixa concentração de O₂ tiveram vida útil mais curta do que os morangos embalados em atmosfera modificada com alta concentração de O₂ e uso de filme de alta barreira ao O₂. Esses autores observaram ainda que, a combinação de um filme de alta barreira ao O₂ com atmosfera modificada com baixa concentração de O₂ inibiu o crescimento de fungos e prolongou a vida útil dos morangos para 14 dias.

A temperatura de armazenamento também tem efeito acentuado sobre a qualidade dos morangos. Sabe-se que quanto mais elevada a temperatura na qual os morangos são mantidos, mais curta é a vida útil dos mesmos. AYALA-ZAVALA *et al.* (2004) investigaram o efeito das temperaturas de 0 °C, 5 °C e 10 °C sobre morangos durante o armazenamento. Eles verificaram que a qualidade

geral dos pseudofrutos foi melhor a 0 °C, porém o conteúdo de compostos aromáticos e a capacidade antioxidante foram maiores nos frutos conservados a 5 °C e 10 °C.

Tendo em vista a demanda elevada e crescente do consumidor, por morangos com qualidade e segurança, bem como a alta perecibilidade dos pseudofrutos e a perspectiva de manter as suas características sensoriais por mais tempo, o presente trabalho propõe o estudo da associação de tecnologias no processamento mínimo dos morangos como, por exemplo, o uso de ozônio gasoso como sanitizante e de revestimentos comestíveis, além do armazenamento sob refrigeração, visando inibir o crescimento microbiano e desacelerar a senescência dos morangos preservando, também, o valor nutricional e a vida de prateleira do produto.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Departamento de Microbiologia, na Unidade de Processamento Mínimo, no Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita do Departamento de Biologia Vegetal, no Laboratório de Grãos Armazenados do Departamento de Engenharia Agrícola e nos Laboratórios de Pigmentos e de Bioengenharia do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFV.

3.1. Métodos de higienização de morangos

3.1.1. Obtenção da matéria-prima

Os testes de comparação entre métodos de higienização (Figura 1) foram feitos com morangos frescos de cultivo convencional, cultivar Camarosa, adquiridos no comércio varejista de Viçosa, no mesmo dia da colheita. Logo após a aquisição, os mesmos foram transportados para o Laboratório de Microbiologia de Alimentos e mantidos em suas embalagens originais, sob refrigeração, a 5 °C por um período de, aproximadamente, 12 horas. No dia seguinte, realizou-se o processamento mínimo dos pseudofrutos.

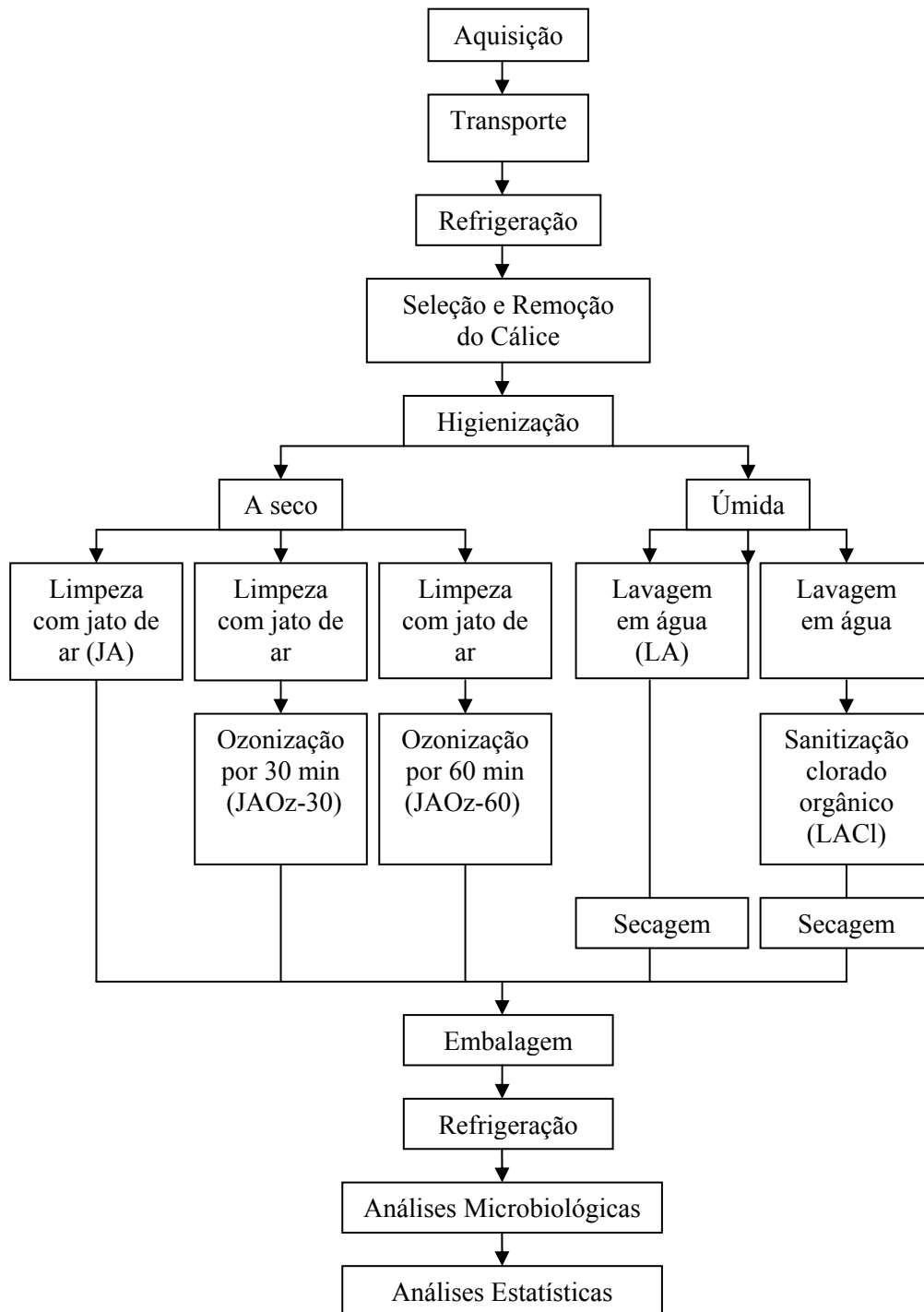


Figura 1. Fluxograma de realização dos experimentos de higienização dos morangos minimamente processados.

3.1.2. Processamento mínimo

O processamento mínimo dos morangos foi realizado no Laboratório de Microbiologia de Alimentos, a temperatura ambiente de 20 °C a 22 °C, e consistiu das seguintes etapas: seleção, remoção do cálice, higienização e acondicionamento em embalagens.

Os morangos foram retirados das embalagens originais (polipropileno) e colocados sobre bandeja de polietileno. Foram selecionados os pseudofrutos que estavam em condições para o processamento, descartando-se os frutos verdes, deformados, danificados e, ou apodrecidos. O cálice foi removido manualmente.

3.1.2.1. Higienização

A higienização dos morangos incluiu etapas de limpeza e sanitização e foram comparados dois métodos. O primeiro método foi de higienização a seco, sendo os morangos limpos com jato de ar proveniente de um balão de ar comprimido, com temperatura aproximada de 12 °C, para remover sujidade superficial. Em seguida, os pseudofrutos foram divididos em três lotes de 200 g, correspondendo cada um a um dos seguintes tratamentos:

- JA – Morangos apenas limpos com jato de ar (controle);
- JAOz-30 – Morangos limpos com jato de ar e submetidos a sanitização com gás ozônio por 30 minutos;
- JAOz-60 – Morangos limpos com jato de ar submetidos a sanitização com gás ozônio por 60 minutos.

O tratamento de ozonização dos morangos foi conduzido em recipientes de polietileno retangulares de fechamento hermético (Plasvale[®]), medindo 21,4 x 14,1 x 5,7 cm, previamente sanitizados com álcool a 70 %. Esses potes foram adaptados com um furo numa lateral e outro na lateral oposta. Em cada um dos furos foi adaptada uma mangueira de ± 5 cm de comprimento e ± 1 cm de diâmetro, sendo uma para a entrada e a outra para a saída do ozônio gasoso (Figura 2).

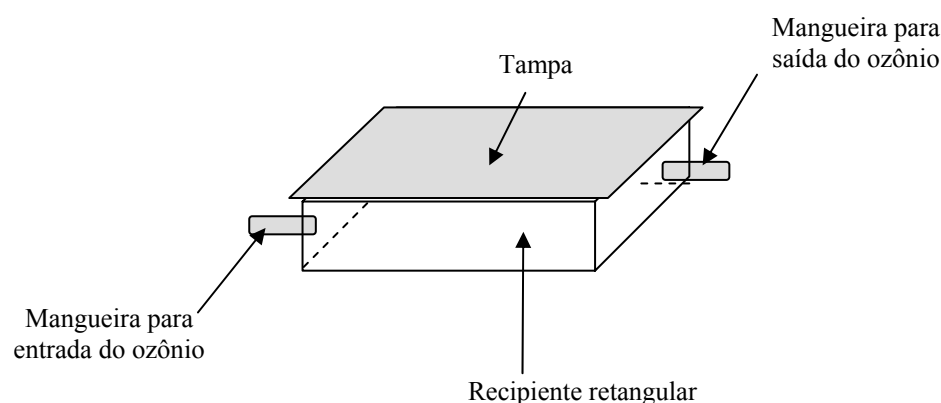


Figura 2. Esquema de adaptação de recipiente de polietileno para ozonização dos morangos.

O ozônio foi gerado numa unidade piloto do gerador de ozônio gasoso Multivácuo[®], sendo a concentração do gás limitada pelo equipamento disponível, calibrado na concentração de 50 mL/L para testes de ozonização de grãos. O fluxo do gás foi de 15 L por minuto, cuja velocidade foi mantida pela pressão de 8 cm de coluna de água em cano de PVC de 10 cm de diâmetro colocado na extremidade da mangueira de saída do ozônio, sendo sua liberação feita para o ambiente externo (Figura 3). O tratamento com ozônio foi feito à temperatura ambiente, entre 18 °C e 23 °C, em cada lote separadamente (JAOz-30 e JAOz-60). Enquanto aguardavam tratamento de ozonização e durante transporte, os morangos foram mantidos em temperatura aproximada de 10 °C.

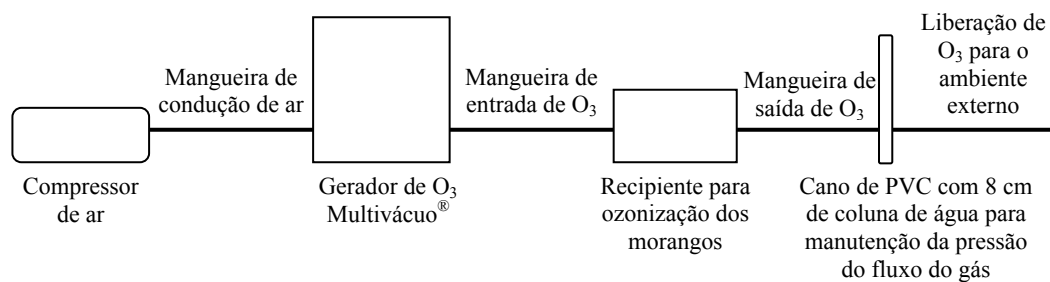


Figura 3. Esquema do sistema de ozonização dos morangos.

A higienização úmida dos morangos foi o segundo método avaliado, com dois tratamentos:

- LA – morangos apenas lavados em água corrente;
- LACI – morangos lavados em água corrente e sanitizados em solução de clorado orgânico (Sumaveg[®], Unilever Brasil) a 200 mg/L, durante 10 minutos a temperatura ambiente.

Em seguida, os morangos dos dois tratamentos foram secos ao ar sobre uma grade por duas horas, aproximadamente. Em ambos os tratamentos, foram também usados 200 g de morangos.

3.1.2.2. Embalagem

Após a higienização, os morangos de todos os tratamentos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido (isopor) com dimensões de 15 cm x 10 cm, recobertas com duas camadas de filme de cloreto de polivinil - PVC e mantidos sob refrigeração a 5 °C, até o momento das análises.

3.1.3. Análises microbiológicas

Para comparar a eficiência dos dois métodos de higienização na redução da contaminação inicial dos morangos minimamente processados, foram feitas, no mesmo dia do processamento, análises microbiológicas que incluíram a contagem padrão de mesófilos aeróbios, fungos filamentosos e leveduras, coliformes totais e coliformes termotolerantes.

3.1.3.1. Preparo das amostras e diluições

As análises foram realizadas em amostras de 20 g de morangos de cada tratamento, pesadas assepticamente e homogeneizadas com 180 mL de água peptonada 0,1%, em Stomacher[®] (Seward, UK). Diluições decimais apropriadas foram preparadas e alíquotas dessas diluições foram transferidas para meios específicos, para a determinação de cada grupo de microrganismos.

3.1.3.2. Contagem padrão de mesófilos aeróbios

Utilizou-se a técnica de espalhamento em superfície, inoculando-se uma alíquota de 0,1 mL das diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} em duplicata de placas contendo ágar para contagem padrão (PCA) (Oxoid[®]) seguindo de incubação a 35 ± 2 °C por 48 ± 3 h (COUSIN *et al.*, 2001). Foram selecionadas placas contendo de 25 a 250 colônias para a contagem e o resultado foi expresso em número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por grama do produto.

3.1.3.3. Contagem padrão de fungos filamentosos e leveduras

A contagem padrão de fungos filamentosos e leveduras foi feita pela técnica de espalhamento em superfície, inoculando-se uma alíquota de 0,1 mL das diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} em duplicatas de placas contendo ágar Batata Dextrose (BDA) (Oxoid[®]), acidificado com ácido tartárico a 10 % esterilizado, para pH 3,5 com incubação a 25 °C por 5 a 7 dias (BEUCHAT e COUSIN, 2001). Foram selecionadas placas contendo de 15 a 150 colônias para a contagem e o resultado foi expresso em número de UFC por grama do produto.

3.1.3.4. Determinação de coliformes totais e coliformes termotolerantes

Determinaram-se coliformes totais e termotolerantes pela técnica do Número Mais Provável (NMP) (KORNACKI e JOHNSON, 2001). Para o teste presuntivo, inoculou-se, em triplicata, alíquotas de 1 mL das diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} da amostra em caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) (Oxoid[®]). Após incubação a 35 ± 2 °C por 48 ± 3 h, coliformes totais foram confirmados em caldo Bile Verde Brilhante (BVB) (Oxoid[®]) com incubação a 35 ± 2 °C por 24 a 48 h.

Para a confirmação de coliformes termotolerantes, inoculou-se uma alçada de cada um dos tubos com caldo LST com resultados positivos, em tubos contendo caldo *Escherichia coli* (EC) (Oxoid[®]), seguindo-se incubação em banho-maria com circulação de água a $45 \pm 0,2$ °C por 24 a 48 h.

Os resultados foram expressos como NMP de coliformes presentes por grama do produto (KORNACKI e JOHNSON, 2001).

3.2. Revestimentos comestíveis em morangos

3.2.1. Obtenção da matéria-prima

Foram utilizados morangos de cultivo orgânico, cultivar Camarosa, provenientes do município de Guaçuí, localizado no Sul do Espírito Santo, cujo clima atinge temperaturas baixas apropriadas para o cultivo do morango.

Os morangos foram colhidos pela manhã, com os pseudofrutos no ponto de maturação comercial, cujos critérios de coloração e de tamanho foram subjetivos. Os mesmos foram acondicionados em embalagens de polietileno perfuradas e mantidos em refrigerador doméstico por cerca de 6 horas. Em seguida, as embalagens contendo os morangos foram acondicionadas numa caixa isotérmica e encaminhadas para Viçosa, decorrendo, aproximadamente, 12 horas desde a colheita até a chegada no Laboratório de Microbiologia de Alimentos da UFV, onde permaneceram sob refrigeração a 5° C por mais 12 horas, aproximadamente. No dia seguinte, os morangos foram submetidos ao processamento mínimo (Figura 4).

3.2.2. Processamento mínimo

O processamento mínimo dos morangos orgânicos foi conduzido na Unidade de Processamento Mínimo da UFV e consistiu das seguintes etapas: seleção, remoção do cálice, sanitização, aplicação de revestimento comestível, acondicionamento em embalagens e armazenamento.

A seleção e a remoção do cálice dos morangos foram realizadas na “área suja” da Unidade de Processamento Mínimo, sendo os morangos retirados das embalagens plásticas e colocados sobre uma bandeja de polietileno. Foram selecionados os pseudofrutos que estavam em boas condições para o processamento, descartando-se aqueles verdes, deformados, danificados e, ou apodrecidos. A remoção do cálice dos morangos foi feita manualmente.

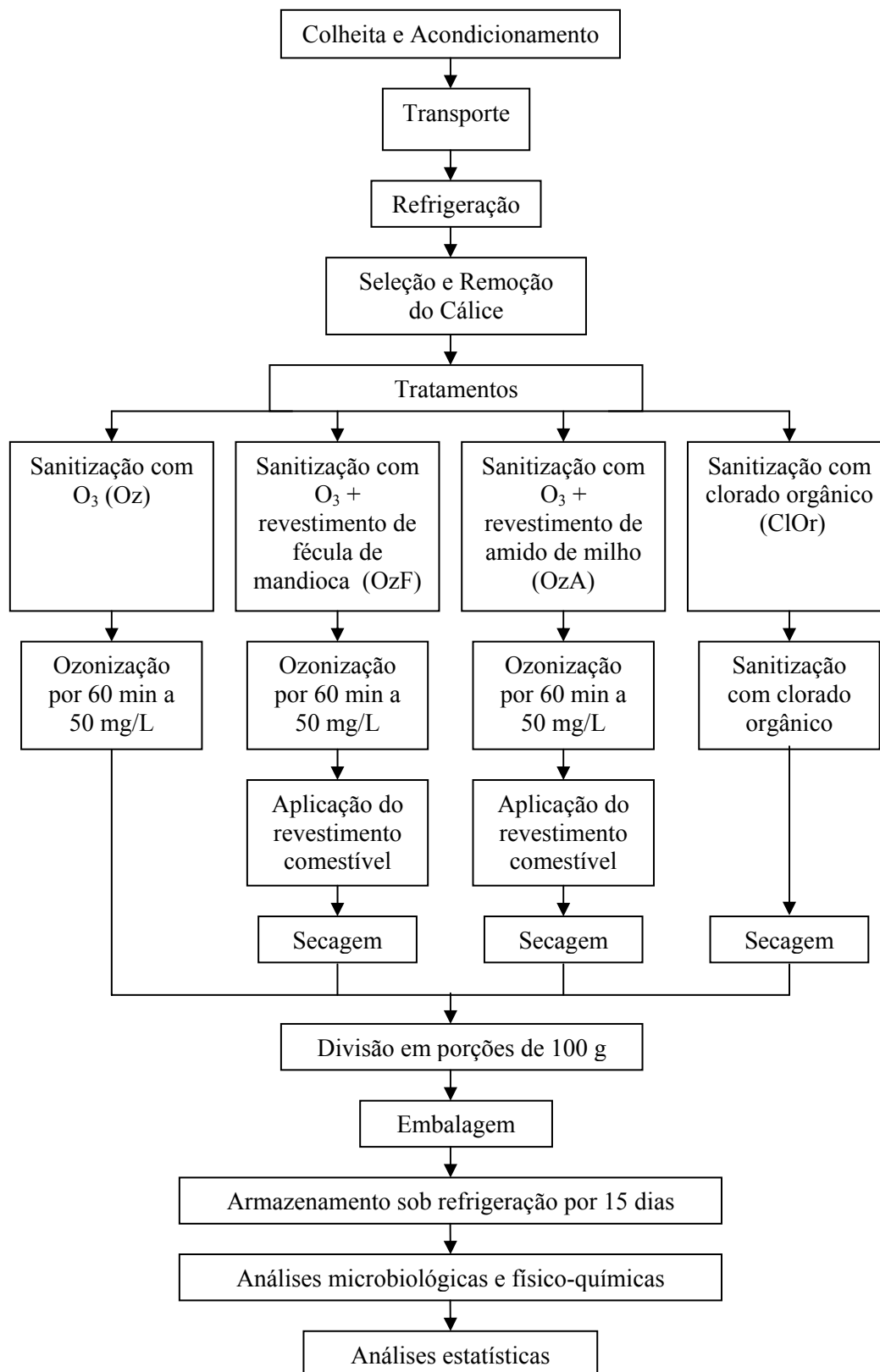


Figura 4. Fluxograma de realização do experimento de aplicação de revestimentos comestíveis em morangos.

Após a remoção do cálice, os morangos foram colocados em uma bandeja de polietileno e transferidos para a sala climatizada (“área limpa”) da Unidade. Os pseudofrutos foram pesados e divididos em quatro porções de 700 g, constituindo-se os seguintes tratamentos:

- Oz – Sanitização com ozônio sem revestimento comestível;
- OzF – Sanitização com ozônio + revestimento de fécula de mandioca a 3%;
- OzA – Sanitização com ozônio + revestimento de amido de milho a 3%;
- ClOr – Sanitização com solução de clorado orgânico (Sumaveg[®], Unilever, Brasil) a 200 mg/L, sem revestimento comestível.

3.2.2.1. Higienização

Para esta etapa, foram usados recipientes de polietileno (Plasútil[®]) com tampa rosqueável e capacidade para 3 L, foram previamente adaptados com duas torneiras rosqueáveis para filtro doméstico adaptadas em furos na parede do recipiente, sendo uma próxima ao fundo e a outra próxima à tampa, de modo a conectar as mangueiras de entrada e de saída do gerador de ozônio, respectivamente (Figura 5). As porções dos morangos usadas nos tratamentos Oz, OzF e OzA foram acondicionadas nesses recipientes, conforme descrito no item 3.1.2.2.

A ozonização dos morangos dos tratamentos Oz, OzF e OzA foi a temperatura ambiente, entre 18 °C a 25 °C pelo período de tempo determinado em experimento anterior. Após a ozonização, os morangos foram acondicionados em caixa isotérmica e, rapidamente, transportados para a Unidade de Processamento Mínimo.

Os morangos do tratamento ClOr foram lavados em água corrente e sanitizados em solução de clorado orgânico (Sumaveg[®], Unilever, Brasil) a 200 mg/L por 10 minutos em temperatura ambiente. Em seguida, os pseudofrutos foram secos ao ar sobre uma grade, por duas horas.



Figura 5. Sanitização dos morangos com ozônio gasoso a 50 mL/L.

3.2.2.2. Revestimento comestível

Após a sanitização com ozônio, as porções de 700 g dos morangos dos tratamentos OzF e OzA foram revestidas, respectivamente, com as seguintes formulações: suspensão de fécula de mandioca a 3 % e suspensão de amido de milho a 3 %. Estas formulações foram previamente preparadas, adicionando-se 30 g de fécula de mandioca ou de amido de milho comerciais a 1 L de água destilada, em Becker de 1000 mL e agitando-se a suspensão. Em seguida, as suspensões foram aquecidas em banho-maria, sob agitação constante, até gelatinização da fécula e do amido, atingindo a temperatura de 85 °C por 15 minutos. Antes de serem aplicados aos morangos, os revestimentos foram resfriados a temperatura ambiente.

Os morangos foram imersos durante dois minutos nos revestimentos comestíveis e, em seguida, foram secos sobre uma grade com fluxo de ar gerado por um ventilador doméstico, durante duas horas, aproximadamente.

3.2.2.3. Embalagem e armazenamento

Após a aplicação e secagem dos revestimentos comestíveis, os morangos dos quatro tratamentos foram divididos em porções de 100 g e acondicionados em embalagens de polietileno com tampa, com capacidade para 200 mL. Estas embalagens foram armazenadas em refrigerador a 5 °C durante quinze dias.

3.2.3. Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram feitas, ao longo do período de armazenamento sob refrigeração, pela contagem padrão de mesófilos aeróbios e anaeróbios, psicrotróficos, fungos filamentosos e leveduras, coliformes totais e coliformes termotolerantes (DOWNES e ITO, 2001). Para estas análises, retirou-se uma amostra de cada tratamento, no 1º, 4º, 8º, 11º e 15º dias de armazenamento.

O preparo das amostras, das diluições decimais e as análises de mesófilos aeróbios, fungos filamentosos e leveduras, coliformes totais e coliformes termotolerantes foram realizados conforme descrito nos itens 3.1.3.1 a 3.1.3.4. As diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} foram plaqueadas em duplicata.

A contagem padrão de mesófilos anaeróbios foi feita, conforme COUSIN *et al.* (2001), pela técnica de plaqueamento em profundidade, inoculando-se alíquota de 1 mL das diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} em placas de Petri, vertendo-se ágar PCA (Oxoid®) sobre a alíquota plaqueada e movimentando-se levemente cada placa para misturar a alíquota com o meio fundido. Após a solidificação do meio, as placas foram acondicionadas em jarras Gas-Pack (Oxoid®), contendo no seu interior geradores de anaerobiose (AnaeroGen™ 2.5 L, Oxoid®) e, depois, foram incubadas a 35 ± 2 °C por 48 ± 3 h.

Para a contagem padrão de psicrotróficos usou-se a técnica de espalhamento em superfície, inoculando-se 0,1 mL das diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} em duplicata de placas contendo ágar PCA (Oxoid®) e incubando-se a 7 °C por 7 a 8 dias (COUSIN *et al.*, 2001).

3.2.4. Análises físico-químicas

3.2.4.1. Cor

As alterações de cor da superfície dos morangos foram acompanhadas utilizando-se o colorímetro ColorQuest II (Hunterlab), do Laboratório de Pigmentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos.

Em cada análise retirou-se, aleatoriamente, uma amostra composta por dois morangos de cada tratamento, a qual foi acondicionada em um copo plástico com tampa e transportada rapidamente em caixa isotérmica até o local de análise. Em seguida, retirou-se a parte próxima à base do cálice por meio de um corte com faca e dividiu-se cada morango ao meio, no sentido longitudinal.

Em cada leitura, a amostra de um tratamento foi acondicionada na cubeta do colorímetro, previamente calibrado com os padrões cinza, branco e preto. Procedeu-se à leitura em cinco pontos distintos da superfície externa dos pseudofrutos, a partir dos quais obteve-se um valor médio dos parâmetros do sistema de coordenadas retangulares Lab Hunter que define a cor em termos de: L = luminosidade (0 a 100); a = verde (-) x vermelho (+); b = azul (-) x amarelo (+) (FERREIRA *et al.*, 1999). Este procedimento foi repetido por três vezes na mesma amostra de cada tratamento, de modo a serem analisados quinze pontos por amostra, obtendo-se três valores médios, sendo, por fim determinada a média desses três valores em cada dia de análise.

Os resultados foram expressos pelo índice de escurecimento (IE), calculado pela equação (PALOU *et al.*, 1999):

$$IE = [100(x - 0,31)]/0,172$$

Onde:

$$x = (a + 1,75L) / (5,645L + a - 3,012b)$$

e, também, pela diferença total de cor (ΔE), calculada pela equação (FERREIRA *et al.*, 1999):

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

onde Δ = diferença entre cada parâmetro de cor das amostras com relação ao tempo zero.

3.2.4.2. pH

O pH do produto minimamente processado foi determinado em potenciômetro digital (Tradelab®). Duas amostras de 20 g foram usadas para cada

tratamento. Macerou-se a amostra, individualmente, em cadinho de porcelana, obtendo-se um homogenato que foi diluído em igual volume de água destilada, em Becker de 50 mL.

3.2.4.3. Sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais (SST) ou graus Brix foi determinado por meio de um refratômetro de Abbé, modelo de mesa, no Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita do Departamento de Biologia Vegetal.

Duas amostras de cada tratamento foram preparadas, pesando-se 10 g de morango. Cada amostra foi macerada, individualmente, em cadinho de porcelana, obtendo-se um homogenato que foi filtrado com um pedaço de tecido do tipo organza em Becker de 50 mL. Após a calibração do refratômetro, uma gota do filtrado foi colocada no local apropriado, procedendo-se à leitura no aparelho. Após cada leitura, o refratômetro foi calibrado novamente. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de SST ou ° Brix, como média das duas leituras de amostras de cada tratamento.

3.2.4.4. Firmeza da polpa

A determinação da firmeza da polpa ou textura dos morangos foi feita no Laboratório de Bioengenharia do Departamento de Tecnologia de Alimentos, por meio do texturômetro eletrônico Texture Analyser TA-Hdi.

Calibrou-se o aparelho utilizando-se se uma sonda de 2 mm de espessura que simula o corte por um dente incisivo. Uma amostra indicativa de cada tratamento, composta por dois morangos inteiros, foi retirada aleatoriamente das embalagens e analisada separadamente. Os resultados foram expressos em Newton (N) como força usada pela sonda para penetrar por 60 mm na amostra na região equatorial, a uma velocidade de 1 mm/s.

3.2.4.5. Perda de massa

A perda de massa foi determinada, diariamente, no Laboratório de Microbiologia de Alimentos. Uma embalagem de cada tratamento contendo 100 ± 5 g foi selecionada, aleatoriamente, no dia do processamento para ser usada nas análises e mantida fechada durante todo o período de armazenamento.

3.2.4.6. Vitamina C total

Os teores de vitamina C total foram determinados pelo método titulométrico, de acordo com a metodologia proposta pela American Official Analysis of Chemistry (AOAC, 39.051), com adaptação de CARNELOSSI (2000). As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos.

Amostras de 10 g de morangos de cada tratamento foram maceradas em cadinho de porcelana, utilizando-se nitrogênio líquido e misturadas com solução de extração. Rapidamente, filtrou-se a suspensão em tecido tipo organza, transferindo-se o filtrado para um balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume. Transferiu-se 7 mL do filtrado da amostra para um Erlenmeyer de 50 mL e titulou-se com solução de 2,6-diclorofenol-indofenol, até viragem da cor da solução. Dois brancos foram preparados com 7 mL de solução de extração e titulados até coloração rósea, para comparar com a coloração da amostra no momento da viragem. Os resultados foram expressos em mg de Vitamina C por 100 g do produto.

3.3. Análises estatísticas

Os resultados da avaliação dos métodos de higienização dos morangos minimamente processados foram analisados segundo o delineamento em blocos casualizados (DBC), com três repetições. A unidade experimental consistiu de 200 g de morangos de cultivo convencional minimamente processado por tratamento. Os resultados das contagens iniciais de mesófilos aeróbios e de fungos e leveduras, expressos em UFC/g do produto, foram transformados em log de UFC/g e, em seguida, calculou-se a redução destas contagens em números de

ciclos log. Esta redução foi analisada pela Análise de Variância (ANOVA) ao nível de 5 % de probabilidade e a significância entre as médias dos tratamentos foi analisada pelo teste Tukey. Foram analisados, primeiramente, os resultados dos três tratamentos do método de higienização a seco, para se verificar qual(is) tempo(s) de ozonização promoveria(m) redução significativa da contagem inicial desses grupos de microrganismos nos morangos. Este(s), então, foi(ram) comparados aos dois tratamentos do método de higienização úmida.

Nos testes que associaram a sanitização dos morangos orgânicos minimamente processados com ozônio gasoso à aplicação de revestimentos comestíveis, a unidade experimental consistiu de 700 g de morangos orgânicos minimamente processados por tratamento. Os resultados referentes à qualidade microbiológica e físico-químicas desses morangos foram analisados com experimentos em DBC, com três repetições, em experimentos fatoriais que combinaram o fator “tratamento” com o fator “tempo de armazenamento”. Para analisar a qualidade microbiológica e as alterações na firmeza da polpa e no teor de vitamina C total foi realizado experimento fatorial 4 (tratamentos) x 5 (tempos de análise). Para analisar as alterações de cor, pH e sólidos solúveis totais fez-se um experimento fatorial 4 x 6. A análise da porcentagem de perda de massa foi feita num experimento fatorial 4 x 16 e também por meio da Análise de Regressão, como função do tempo de armazenamento. A significância entre as médias dos tratamentos foi analisada pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

Todos as análises estatísticas foram realizadas pelo programa SAEG versão 9.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização dos morangos minimamente processados após a higienização

4.1.1. Alterações visuais e de odor

Imediatamente após a sanitização dos morangos com ozônio gasoso percebeu-se a perda do odor natural, destacando-se o odor característico do ozônio. Cerca de duas horas após a sanitização foi possível perceber, novamente, o aroma natural dos morangos. Esta alteração provavelmente ocorreu em razão da ação oxidante do ozônio sobre os compostos aromáticos produzidos pelos pseudofrutos. Os efeitos do gás ozônio nas características sensoriais de morangos também foram detectados por outros autores. PEREZ *et al.* (1999) observaram que morangos da variedade ‘Camarosa’, quando tratados com ozônio a 0,35 $\mu\text{L} / \text{L}$ e estocados a 2 °C por três dias, tiveram redução de 40 % na emissão de ésteres voláteis como o metil-butanoato, composto aromático mais abundante nesta cultivar. De forma semelhante, NADAS *et al.* (2003), ao submeterem morangos da mesma variedade à estocagem a 2 °C por três dias, com circulação de ozônio gasoso na concentração 1,5 $\mu\text{L}/\text{L}$, observaram perda do aroma por 48 horas.

Além de alteração no aroma, percebeu-se também a ocorrência de amarelecimento discreto dos morangos na região próxima ao pedúnculo, no momento subsequente à ozonização, principalmente nos morangos tratados por 60 minutos (JAOz-60). Contudo, esta alteração não comprometeu a qualidade visual

dos morangos, uma vez que a cor foi restabelecida aproximadamente 12 horas após o tratamento ozonizante. Segundo PÉREZ *et al.* (1999), a alteração na cor de morangos tratados com ozônio possivelmente ocorre pela oxidação de pigmentos que conferem cor vermelha, tais como as antocianinas. Esses autores observaram uma redução no teor de antocianina em morangos ‘Camarosa’ mantidos por três dias sob ozonização em atmosfera controlada, a 2 °C e 90 % de umidade relativa havendo um aumento no acúmulo deste pigmento após a manutenção dos mesmos a temperatura de 20 °C.

A sanitização dos morangos em solução clorada não resultou em nenhuma alteração visual que prejudicasse a sua aparência geral.

4.1.2. Redução da população inicial de bactérias mesófilas aeróbias

A população inicial de bactérias mesófilas aeróbias antes do tratamento dos morangos com ozônio foi de, aproximadamente, 4,64 log UFC/g (Tabela 2).

Tabela 2. Logaritmo do número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC/g) e número de ciclos logarítmicos reduzidos na contagem inicial de mesófilos aeróbios e de fungos filamentosos e leveduras nos morangos minimamente processados submetidos ao método de higienização a seco.

Tratamentos	Mesófilos Aeróbios		Fungos e Leveduras	
	Log de UFC/g	Redução ¹	Log de UFC/g	Redução ¹
JA – Jato de ar	4,64	0,00b	4,49	0,00b
JAOz-30 – Jato de ar e ozonização por 30 min.	4,00	0,64ab	3,53	0,96a
JAOz-60 – Jato de ar e ozonização por 60 min.	2,80	1,84a	2,70	1,78a

¹ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5 % de significância.

A limpeza com jato de ar seguida da sanitização com ozônio gasoso por 60 minutos (JAOz-60) reduziu ($p < 0,05$) em mais de um ciclo logarítmico a população de bactérias aeróbias contaminantes dos morangos (Figura 6). Segundo KHADRE *et al.* (2001), o ozônio promove, geralmente, redução de dois ciclos log na contagem padrão de microrganismos e redução significativa em espécies deterioradoras e potencialmente patogênicas. Resultados semelhantes foram observados para a microbiota associada a frutas e hortaliças, tais como maçãs (ACHEN e YOUSEF, 1999) e alface (KIM *et al.*, 1999).

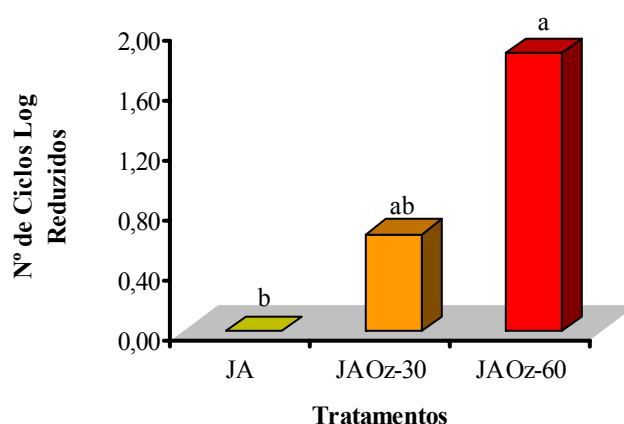


Figura 6. Número de ciclos logarítmicos reduzidos na contagem inicial de mesófilos aeróbios contaminantes de morangos submetidos à higienização a seco: JA - limpeza com jato de ar; JAOz-30 - limpeza com jato de ar e sanitização com gás ozônio por 30 minutos; JAOz-60 - limpeza com jato de ar e sanitização com gás ozônio por 60 minutos.

Redução de 5 ciclos log na população de *P. fluorescens* e de 5,7 ciclos log na população de *L. monocytogenes* foi observada quando estas bactérias em suspensão, foram tratadas diretamente com ozônio nas concentrações de 1,2 e 0,8 mg/L respectivamente, por 30 segundos (KIM e YOUSEF, 2000). Para estes microrganismos a cinética de inativação foi similar, ocorrendo a maior parte nos primeiros 15 ou 30 segundos do tratamento e sem modificações nas contagens quando a suspensão de bactérias foi tratada por até seis minutos. Esses autores concluíram que a cinética de inativação de bactérias pelo ozônio não seguiu o modelo de reação de primeira ordem normalmente assumido para a desinfecção

química de bactérias e que essa inativação depende da espécie de microrganismo tratada. KHADRE *et al.* (2001) consideraram que microrganismos aderidos à superfície dos alimentos são mais resistentes ao ozônio do que aqueles prontamente expostos ao sanitizante.

A concentração 50 mL/L de ozônio usada neste trabalho foi relativamente alta quando comparada às concentrações comumente usadas e que são da ordem de $\mu\text{g/L}$ ou $\mu\text{L/L}$ (SPALDING, 1966; KRAUSE e WEIDENSAUL, 1978; MARGOSAN e SMILANICK, 1998; NADAS *et al.*, 2003) ou de mg/L ou mL/L (BARTH *et al.*, 1995; PÉREZ *et al.*, 1999; KIM e YOUSEF, 2000; ACHEN e YOUSEF, 2001; GARCÍA *et al.*, 2003). Entretanto, esta concentração não representaria prejuízos maiores à qualidade do produto, uma vez que o ozônio se decompõe rapidamente.

A temperatura de exposição dos morangos ao gás sanitizante variou entre 18 °C e 23 °C. Ao contrário de outros sanitizantes, o ozônio é menos estável quando há aumento de temperatura. Entretanto, KHADRE *et al.* (2001) consideraram que, quando a temperatura de tratamento aumenta, a redução da estabilidade do ozônio é compensada por um aumento na sua reatividade e, assim, não há mudança considerável na sua eficácia.

A contagem padrão de mesófilos aeróbios foi da ordem de três log de UFC/g nos morangos lavados em água (LA) e nos morangos lavados em água e sanitizados com solução de clorado orgânico (LACl) (Tabela 3). A redução da população inicial destas bactérias pela sanitização com clorado orgânico foi menor do que um ciclo log ($p > 0,05$), em relação aos morangos lavados apenas em água. SAPERS *et al.* (2001) também obtiveram redução inferior a um ciclo log na contagem de mesófilos aeróbios quando trataram melão ‘Cantaloupe’ com 1.000 mg/L de cloro. SAPERS (2001) considerou que a lavagem e a sanitização de frutas e hortaliças frescos podem reduzir a carga microbiana, porém, não mais do que 1 ou 2 ciclos log, em condições de laboratório, podendo ocorrer reduções ainda menores em alguns sistemas de lavagem e sanitização de produtos comerciais que não são suficientes para garantir a segurança microbiológica dos mesmos.

Tabela 3. Logaritmo do número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC/g) e número de ciclos logarítmicos reduzidos na contagem inicial de mesófilos aeróbios e de fungos filamentosos e leveduras nos morangos minimamente processados submetidos ao método de higienização úmida.

Tratamentos	Mesófilos Aeróbios		Fungos e Leveduras	
	Log de UFC/g	Redução ¹	Log de UFC/g	Redução ¹
LA – Lavagem em água	3,77	0,00a	4,57	0,00a
LACl – Lavagem e sanitização com clorado orgânico (200 mg/L)	3,50	0,27a	3,76	0,82a

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de significância.

A comparação da eficiência dos dois métodos de higienização de morangos minimamente processados em reduzir a população de mesófilos aeróbios foi feita entre os morangos limpos com jato de ar e sanitizados com ozônio por 60 minutos (JAOz-60), por apresentarem maior redução de contaminantes no método de higienização a seco (Tabela 2), e ambos os tratamentos da higienização úmida (LA e LACL), uma vez que estes últimos não diferiram entre si (Tabela 3). Verificou-se que a higienização a seco, com ozonização dos morangos por 60 minutos JAOz-60, foi mais eficiente ($p < 0,05$) para reduzir a população inicial de mesófilos aeróbios (Figura 7).

Além de ter apresentado melhor resultado na redução da microbiota aeróbia mesófila contaminante de morangos, o ozônio apresenta vantagens em relação ao cloro por não deixar resíduos tóxicos sobre os alimentos nem sobre as superfícies que entram em contato com os mesmos, tendo em vista sua rápida e completa decomposição ao reagir com microrganismos, matéria orgânica e outras substâncias (KATZENELSON *et al.*, 1974). Além disso, o ozônio poder ser produzido no local onde será usado, reduzindo custos com transporte e estocagem

de sanitizantes (KHADRE *et al.*, 2001). O cloro, por sua vez pode reagir com resíduos orgânicos e resultar na formação de produtos potencialmente mutagênicos ou carcinogênicos (Chang *et al.*, 1988).

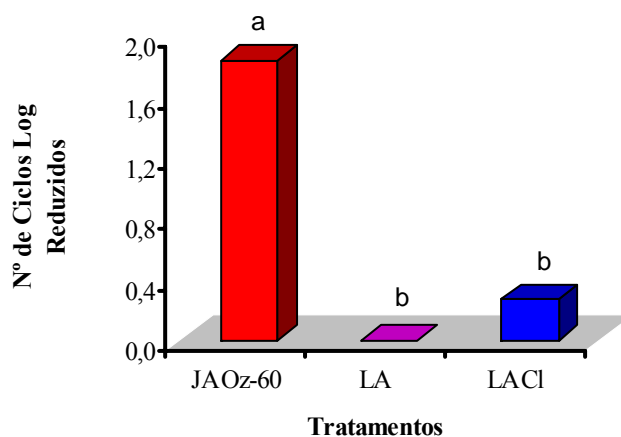


Figura 7. Redução da população inicial de mesófilos aeróbios nos morangos limpos com jato de ar e ozonizados por 60 minutos (JAOz-60) e nos morangos lavados em água (LA) e lavados em água e sanitizados com clorado orgânico (LACl).

Embora se tenha alcançado resultado satisfatório na redução da contagem inicial de mesófilos aeróbios com o ozônio, há que se considerar que ambos os sanitizantes avaliados apresentam limitações. SAPERS (2001) considerou que, sempre que possível, é melhor prevenir a contaminação microbiana das frutas e hortaliças, seguindo-se boas práticas agrícolas e de manipulação, do que depender apenas de tecnologias de desinfecção.

4.1.3. Redução da população inicial de fungos filamentosos e leveduras

A limpeza dos morangos com jato de ar e a sanitização com ozônio gasoso promoveu redução ($p < 0,05$) na população de fungos filamentosos e leveduras, sendo menor do que um log de UFC/g com a ozonização por 30 minutos (JAOz-30) e menor do que dois log de UFC/g com 60 minutos de ozonização (JAOz-60) (Figura 8).

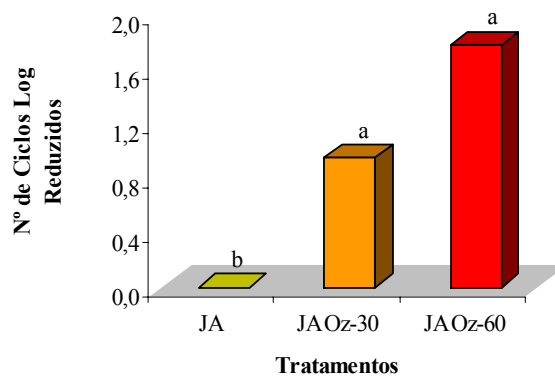


Figura 8. Número de ciclos logarítmicos reduzidos na contagem inicial de fungos filamentosos e leveduras contaminantes de morangos submetidos à higienização a seco: JA - limpeza com jato de ar; JAOz-30 - limpeza com jato de ar e sanitização com gás ozônio por 30 minutos; JAOz-60 - limpeza com jato de ar e sanitização com gás ozônio por 60 minutos.

A redução da contagem inicial de fungos filamentosos e leveduras obtida neste trabalho com a ozonização dos morangos a 50 mL/L por 30 e 60 minutos (Figura 8) foi satisfatória, tendo em vista que o gás reage com os componentes dos morangos, limitando sua ação sobre os microrganismos contaminantes. MARGOSAN e SMILANICK (1998) conseguiram inibir a germinação de esporos de *B. cinerea*, *M. fructicola*, *P. digitatum* e *R. stolonifer*, usando, porém, o ozônio em solução na concentração de 130 µg/L por 80 minutos, diretamente sobre estes fungos, não havendo outros componentes para interferir a ação do sanitizante.

Outros resultados têm sido reportados na literatura e são divergentes com relação à inativação de fungos pelo ozônio, especialmente *B. cinerea*. PÉREZ *et al.* (1999) trataram morangos por três dias em atmosfera controlada enriquecida com ozônio e armazenaram os mesmos a temperatura ambiente. Eles observaram que nos dois primeiros dias de estocagem o crescimento fúngico foi 15 % inferior nos pseudofrutos tratados, porém, no quarto dia de estocagem não houve diferença entre morangos tratados ou não tratados.

No meio BDA acidificado foi observada pouca variabilidade da microbiota contaminante, com predominância de colônias de leveduras com coloração rósea

(Figura 9). As colônias de fungos filamentosos, na sua maioria, apresentaram cor verde-acinzentada, o que sugere uma provável presença de fungo cinzento (*B. cinerea*) que infesta o morango principalmente na pós-colheita (HERTOG *et al.*, 1999; SANZ *et al.*, 1999).

A limpeza dos morangos com jato de ar, associada ao tratamento ozonizante por 30 e 60 minutos pode ter contribuído para reduzir as condições para crescimento de fungos filamentosos, uma vez que os pseudofrutos não foram expostos à umidade pela lavagem em água. Segundo NADAS *et al.* (2003), *B. cinerea* é especialmente dominante em condições de ambiente úmido. Por esta razão, a higienização úmida pode ser substituída pela higienização a seco.

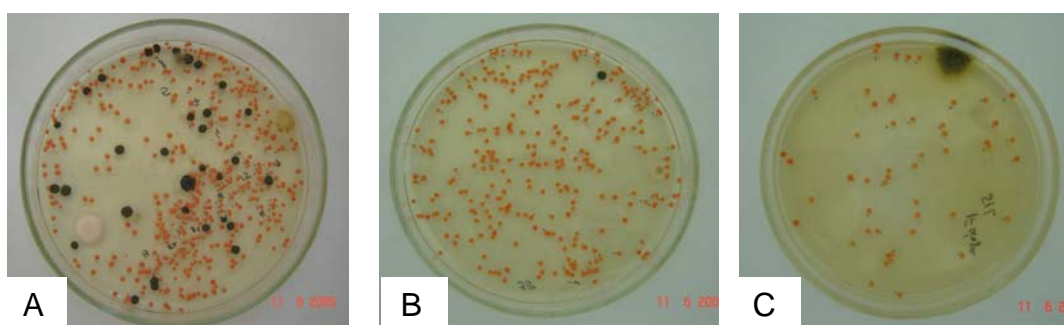


Figura 9. Colônias de fungos filamentosos e leveduras em meio BDA contaminantes nos morangos higienizados a seco: A. limpos com jato de ar - JA; B. limpos com jato de ar e ozonizados por 30 min – JAOz-30; C. limpos com jato de ar e ozonizados por 60 min – JAOz-60.

É possível existir relação entre o efeito do ozônio e o tipo de produto tratado e, portanto, há a necessidade de avaliar, individualmente, a aplicação do ozônio para cada produto (PÉREZ *et al.*, 1999). Além disso, KIM *et al.* (2001) consideram que o ozônio é mais efetivo contra células vegetativas do que contra esporos de fungos. Esses autores observaram que *Zygosaccharomyces bailli* foi rapidamente inativada com ozônio em solução aquosa, enquanto esporos do fungo *Neosartorya fischeri* foram de resistência intermediária.

A contagem padrão de fungos filamentosos e leveduras em morangos higienizados com água (LA) e, ou sanitizados com solução de clorado orgânico (LACl), foi da ordem de 3 log de UFC/g (Tabela 3). A exposição dos morangos à umidade pode ter favorecido o crescimento fúngico, confirmando observações de outros pesquisadores da ocorrência de maior proliferação de fungos quando os pseudofrutos são expostos à umidade (DIAS, 1999; HERTOOG *et al.*, 1999; SANZ *et al.*, 1999; SOUZA *et al.*, 1999; NADAS *et al.*, 2003).

O número de reduções decimais na população de fungos filamentosos e leveduras varia conforme o produto sanitizado e registros de um a dois ciclos logarítmicos são encontrados na literatura para diferentes produtos, concentração de cloro e tempo de aplicação (BERBARI *et al.*, 2001; BRUNO e PINTO, 2004). Pode-se concluir que o binômio tempo de exposição/concentração do sanitizante promoveu diferentes reduções em produtos distintos, o que reforça o fato de que esse binômio deve ser individualizado conforme o produto a fim de garantir maior redução na população microbiana e segurança do produto (PÉREZ *et al.*, 1999)

Um outro fator que pode influenciar a efetividade do processo de sanitização é o intervalo de tempo entre o momento da contaminação e a sanitização do produto (SAPERS *et al.*, 2001). Quanto maior for este intervalo de tempo, maior será a possibilidade de adesão das células na superfície do produto e a resistência dessas ao sanitizante (KHADRE *et al.*, 2001). Pode também haver o aumento da população se as condições foram favoráveis.

Pela comparação da eficiência dos dois tratamentos do método de higienização a seco (JAOz-30 e JAOz-60) com os dois tratamentos do método de higienização úmida (LA e LACl) na redução da população inicial de fungos filamentosos e leveduras, verificou-se, que os dois métodos de higienização não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$).

4.1.4. População de coliformes totais e coliformes termotolerantes

No método de higienização a seco, os coliformes totais foram detectados nos morangos submetidos ao tratamento de limpeza com jato de ar (JA) e de

limpeza com jato de ar seguida de ozonização por 30 minutos (JAOz-30) em apenas uma repetição (Tabela 4).

No método de higienização úmida os coliformes totais foram detectados nos morangos lavados com água (LA) em duas repetições, enquanto naqueles lavados com água e sanitizados com clorado orgânico (LACl), foram detectados apenas em uma repetição (Tabela 4).

Tabela 4. População de coliformes totais em morangos minimamente processados, nos métodos de higienização a seco (JA, JAOz-30 e JAOz-60) e higienização úmida (LA e LACl).

Tratamento	NMP/g Repetição		
	1 ^a	2 ^a	3 ^a
JA – Morangos limpos com jato de ar	< 3	1100	< 3
JAOz-30 – Morangos limpos com jato de ar e ozonizados por 30 minutos (50 mL/L)	< 3	240	< 3
JAOz-60 – Morangos limpos com jato de ar e ozonizados por 60 minutos (50 mL/L)	< 3	< 3	< 3
LA – Morangos lavados com água	23	< 3	240
LACl – Morangos lavados com água e sanitizados com clorado orgânico (200 mg/L)	15	< 3	< 3

A variação na detecção de coliformes totais nas amostras analisadas pode ser atribuída mais à distribuição desuniforme da contaminação nos morangos do que à eficiência dos métodos de higienização adotados. No entanto, pode-se sugerir a ocorrência de um efeito sinérgico entre o pH do morango inferior a 3,5 (Figura 16) e a ozonização adotada como método de sanitização. Isso pode ter ocorrido em função da maior estabilidade do ozônio em valores de pH mais baixos (KHADRE *et al.*, 2001). Esses autores consideraram que a inativação de microrganismos pelo ozônio em pH baixo ocorre mais comumente pela reação

com o ozônio molecular (O₃).

Coliformes termotolerantes não foram detectados pela técnica do número mais provável em morangos utilizados no presente experimento. Com este resultado, os morangos minimamente processados atendem ao padrão microbiológico estabelecido pela RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, da ANVISA, para as frutas *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanitificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto (BRASIL, 2001).

4.2. Caracterização dos morangos minimamente processados após a aplicação de revestimentos comestíveis

4.2.1. Qualidade microbiológica

A contaminação dos morangos orgânicos minimamente processados, sanitizados com ozônio gasoso ou clorado orgânico, com ou sem revestimentos comestíveis, por bactérias, fungos filamentosos e leveduras não foi superior a 5,1 log de UFC/g durante os 15 dias de armazenamento (Figuras 9 a 12). Este número máximo de contaminantes pode assegurar a conservação do produto por um período maior de estocagem. Além disso, a vida útil dos morangos pode ser estimada, segundo GARCÍA *et al.* (1998b), considerando o tempo necessário para que a população microbiana alcance 6,0 log de UFC/g do produto, sendo de 14 dias a 0 °C para morangos sem revestimento e 21 dias para morangos revestidos com filme de amido contendo sorbitol.

As alterações na população de bactérias aeróbias mesófilas não foram significativas ($p > 0,05$) entre os morangos dos quatro tratamentos, durante o período de armazenamento (Figura 10). GARCÍA *et al.* (1998b) também não detectaram diferenças significativas na população de mesófilos aeróbios em morangos revestidos com solução de amido de milho. Segundo BALDWIN (1994), a população de bactérias aeróbias é baixa em morangos com

revestimentos comestíveis em razão de um possível estabelecimento de uma micro-atmosfera modificada na superfície do produto. PARK *et al.* (2005) constataram redução nas contagens de bactérias aeróbias mesófilas em morangos com revestimento de quitosana puro ou adicionado de sorbato de potássio. Entretanto, quando esses autores usaram revestimento de hidroxipropilmetilcelulose, a população de mesófilos aeróbios, que era menor do que um log de UFC/g, aumentou para 3,52 log de UFC/g ao longo do armazenamento.

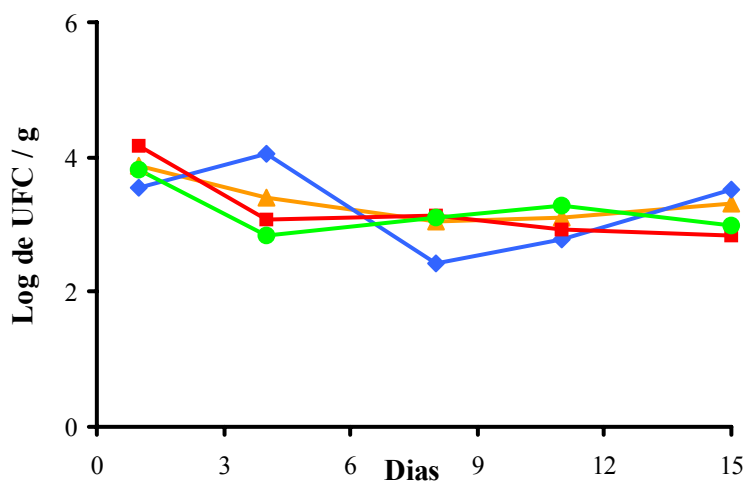


Figura 10. População de bactérias mesófilas aeróbias nos morangos orgânicos minimamente processados armazenados a 5 °C. ▲ = Oz (O₃ sem revestimento); ◆ = OzF (O₃ + revestimento de fécula de mandioca; ■ = OzA (O₃ + revestimento de amido de milho); ● = ClOr (Clorado orgânico sem revestimento).

A população de bactérias mesófilas anaeróbias não ultrapassou 3,0 log de UFC/g nos morangos (Figura 11). A maior redução na contagem de anaeróbios mesófilos durante os 15 dias de estocagem foi de 1,7 ciclo logarítmico e ocorreu nos morangos que foram ozonizados e revestidos com amido de milho (OzA). Contudo, este decréscimo não foi significativo ($p > 0,05$) com relação aos

morangos dos outros tratamentos ao longo do armazenamento. A redução da contagem de bactérias mesófilas anaeróbias pode estar relacionada com o efeito do pH dos morangos que, durante o armazenamento, esteve abaixo de 3,5 (Figura 16). Pode-se considerar, ainda, que a baixa contagem destas bactérias nos morangos ao longo do armazenamento seja resultado da competição com outros microrganismos predominantes, como fungos filamentosos e, principalmente, as leveduras (DEVLIEGHERE *et al.*, 2004, PARK *et al.*, 2005 e RAGAERT *et al.*, 2006).

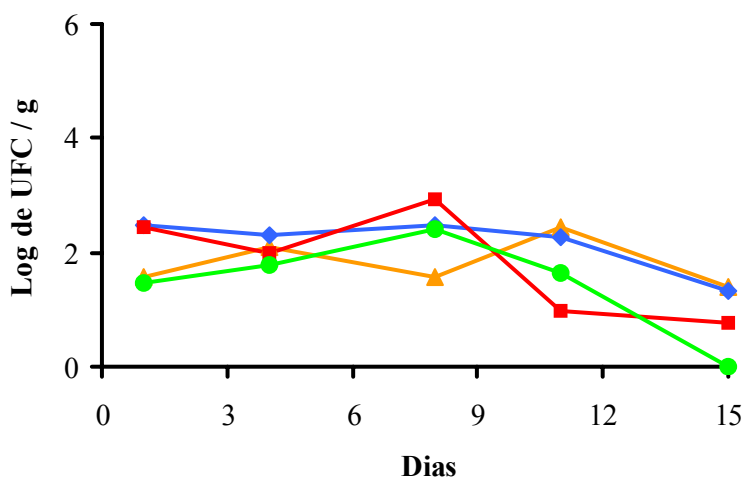


Figura 11. População de bactérias mesófilas anaeróbias nos morangos orgânicos minimamente processados armazenados a 5°C. ▲ = Oz (O₃ sem revestimento); ◆ = OzF (O₃ + revestimento de fécula de mandioca; ■ = OzA (O₃ + revestimento de amido de milho); ● = ClOr (Clorado orgânico sem revestimento).

A redução na população bacteriana observada pode ser considerada como uma vantagem para a manutenção da qualidade geral dos morangos minimamente processados, uma vez que a síntese de compostos durante a respiração anaeróbia bacteriana poderia contribuir para a perda do sabor característico, o que poderia resultar na recusa do produto pelo consumidor.

A contagem padrão de microrganismos psicrotróficos, favorecida pela temperatura de 5 °C de armazenamento dos morangos, alcançou 5,1 log de UFC/g do produto no 4º dia de armazenamento, nos morangos que receberam ozonização por 60 minutos e revestimento de fécula de mandioca (OzF) (Figura 12).

Embora aumentos de 1,2; 1,5 e 0,3 log de UFC/g na população de psicrotróficos tenham sido registrados, respectivamente, nos morangos dos tratamentos Oz, OzF e ClOr ao longo de 15 dias de armazenamento, estes não foram significativos ($p > 0,05$). GARCÍA *et al.* (1998b) também reportaram que as diferenças nas contagens de psicrotróficos em morangos com revestimento de amido de milho não foram diferentes quando comparadas com as dos morangos sem revestimento.

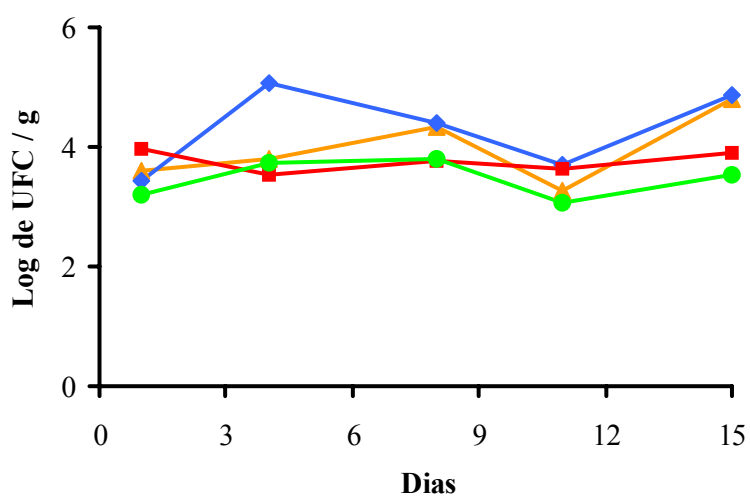


Figura 12. População de microrganismos psicrotróficos nos morangos orgânicos minimamente processados armazenados a 5 °C. ▲ = Oz (O₃ sem revestimento); ◆ = OzF (O₃ + revestimento de fécula de mandioca; ■ = OzA (O₃ + revestimento de amido de milho); ● = ClOr (Clorado orgânico sem revestimento).

Observou-se que a maioria das colônias de psicrotróficos em meio PCA

apresentava-se amarelada e a preparação microscópica feita a partir destas colônias permitiu identificar a predominância de leveduras. DEVLIEGHERE *et al.* (2004) também observaram que as leveduras constituíram a população dominante dentre os microrganismos psicrotróficos em morangos revestidos com filme à base de quitosana mantidos sob refrigeração por 12 dias. Morangos colhidos precoce e tardiamente, embalados em atmosfera modificada ativa com 3 a 5% de O₂, 5 a 10% de CO₂ e o restante de nitrogênio, mantidos sob refrigeração a 7 °C por 12 dias também apresentaram leveduras como microbiota dominante, sendo a população mais elevada em morangos colhidos tardiamente (RAGAERT *et al.*, 2006).

A contagem padrão de fungos filamentosos e leveduras nos morangos dos quatro tratamentos praticamente não variou durante o período de estocagem (Figura 13). Contudo, nos morangos tratados com ozônio gasoso por 60 minutos e revestidos com amido de milho (OzA), a população de fungos filamentosos e leveduras manteve-se significativamente mais baixa ($p < 0,05$) com relação aos morangos dos outros tratamentos, durante a estocagem a 5 °C. Este resultado é importante, considerando-se que a infestação por fungos filamentosos é um problema do morango durante pós-colheita.

A manutenção da população de fungos filamentosos e leveduras nos morangos do tratamento OzA sugere a ocorrência de efeito combinado entre o ozônio e o revestimento de amido de milho sobre esta microbiota. Neste caso, o efeito do ozônio pode ter sido o de um agente abiótico que desencadeou reações de defesa no tecido vegetal (SANDERMANN *et al.*, 1998). Para esses autores, a exposição dos morangos ao ozônio pode predispor os pseudofrutos a resistirem à infecção por fungos filamentosos. O revestimento dos morangos com amido (OzA) possivelmente os protegeu contra o crescimento de fungos filamentosos, criando um ambiente de baixo potencial de oxidação. A amilose presente no amido é responsável pela formação de uma espécie de rede, o que tornaria o revestimento mais compacto (YOUNG, 1984).

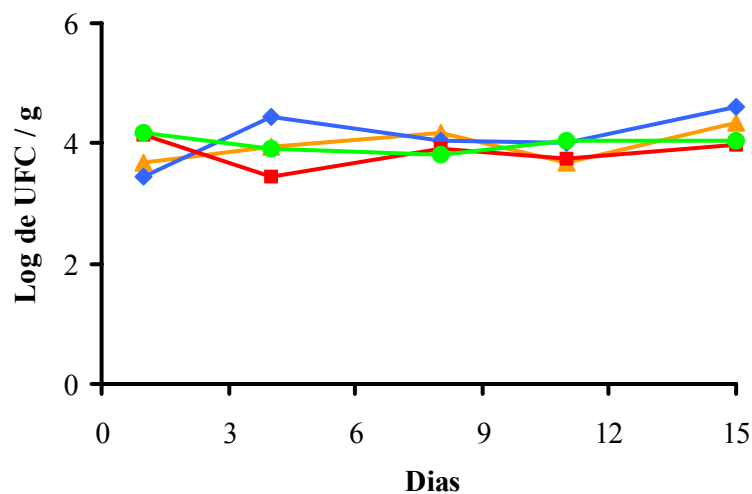


Figura 13. População de fungos filamentosos e leveduras nos morangos orgânicos minimamente processados armazenados a 5 °C. ▲ = Oz (O₃ sem revestimento); ◆ = OzF (O₃ + revestimento de fécula de mandioca; ■ = OzA (O₃ + revestimento de amido de milho); ● = ClOr (Clorado orgânico sem revestimento).

Redução média de 0,5 e 1,0 log de UFC/g nas populações de *Rhizopus* sp. e *Cladosporium* sp., respectivamente, foi obtida em morangos que receberam revestimentos de quitosana e hidroxipropilmetilcelulose, sendo o primeiro, de modo geral, mais efetivo para controlar o crescimento fúngico nos morangos PARK *et al.* (2005).

A predominância de colônias de leveduras de coloração amarelada foi constatada nas placas contendo meio BDA acidificado. GARCÍA *et al.* (1998b) também verificaram a predominância de leveduras em morangos que receberam diferentes revestimentos e filmes à base de amido e consideraram que isso ocorreu em razão do valor do pH igual a 4,0 detectado nos pseudofrutos. DEVLIEGHERE *et al.* (2004) também verificaram que a microbiota dominante em morangos revestidos com filme de quitosana e armazenados sob refrigeração foi composta por leveduras, que alcançaram 5,1 log de UFC/g no 12º dia de armazenamento.

Segundo esses autores, a quitosana promoveu um efeito antimicrobiano que desapareceu no 4º dia de armazenamento. Leveduras também foram predominantes em morangos embalados com ou sem atmosfera modificada (RAGAERT *et al.*, 2006). Em morangos colhidos precocemente, esses autores verificaram que o número de leveduras encontrado foi bem menor do que em morangos colhidos tardiamente e que no 7º dia de armazenamento, esses já estavam inaceitáveis para o consumo.

Quando as embalagens foram abertas para retirada de amostras no 11º dia de armazenamento, percebeu-se que os morangos ainda apresentavam aparência, odor e sabor agradáveis, independente do tratamento a que foram submetidos. Entretanto, no 15º dia do armazenamento, havia presença de fungos filamentosos, danos na aparência e odores desagradáveis, sendo tais características suficientes para considerá-los inadequados para o consumo.

Embora o número de fungos filamentosos e de leveduras contaminantes tenha se mantido baixo, não ultrapassando 4,62 log de UFC/g (Figura 13), processos microbiológicos não são os únicos que determinam o fim da vida útil dos morangos. Processos fisiológicos atuam conjuntamente na deterioração do produto. PARK *et al.* (2005) comentaram que, além da atividade microbiológica, os morangos deterioram durante a estocagem como resultado de senescência física e desidratação. Além disso, deve-se considerar que a atividade microbiana pode desencadear alterações fisiológicas no tecido vegetal. HERTOOG *et al.* (1999) comentaram que o tecido da superfície dos morangos pode deteriorar-se por causa da infecção por fungos como, por exemplo, *B. cinerea*. Contudo, esse fungo pode se desenvolver em conseqüência ao amolecimento do tecido devido ao amadurecimento do pseudofruto. Esses autores consideraram que o crescimento fúngico ocorre tão logo a estrutura do tecido vegetal permita tal crescimento. Como o crescimento de *B. cinerea*, sob condições favoráveis, é muito mais rápido do que a taxa de amadurecimento dos morangos, este último processo pode ser limitante para a perda de qualidade dos morangos.

A época de colheita dos morangos também pode ter influência no número de contaminantes e, conseqüentemente, nas respostas fisiológicas dos

pseudofrutos, aumentando os danos e afetando a aceitabilidade do produto. RAGAERT *et al.* (2006) relataram que morangos colhidos tardiamente e embalados sem atmosfera modificada apresentaram-se mais danificados visualmente e foram aceitáveis para o consumo durante período menor do que morangos colhidos precocemente. Eles verificaram que contagens de leveduras maiores que 5,0 log de UFC/g nos morangos resultaram em grande quantidade de etanol, o qual foi convertido pelos próprios morangos a etil acetato, um importante composto de odor que tornou os morangos inaceitáveis para o consumo. Nos morangos colhidos precocemente, esses autores observaram danos visuais e contagens de leveduras menores e menos etil acetato, o que resultou em aceitação dos morangos até o 12º dia de armazenamento. Os autores constataram, então, que a diferença nas quantidades de etanol entre os morangos precoces e tardios estava relacionada também à diferença na atividade microbiana nos morangos.

Coliformes totais foram detectados nos morangos usados apenas na primeira repetição do experimento. Coliformes termotolerantes não foram detectados pela técnica no Número Mais Provável em nenhuma amostra de morangos ao longo do período de armazenamento nas três repetições do experimento. Conclui-se que os morangos orgânicos minimamente processados estão dentro do padrão microbiológico estabelecido pela RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001 da ANVISA (BRASIL, 2001) para frutas frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto. Este resultado reflete condições desejáveis de higiene durante o cultivo, processamento e estocagem do produto, uma vez que a contaminação por coliformes totais e, principalmente, termotolerantes é possível tendo em vista o uso de composto orgânico e esterco animal durante o cultivo dos morangos.

4.2.2. Alterações físico-químicas

4.2.2.1. Cor

O índice de escurecimento (IE) de morangos submetidos aos diferentes tratamentos aumentou em função do tempo de armazenamento, com exceção daqueles tratados com ozônio e revestidos com amido de milho (OzA). Mas esta diferença não foi significativa ($p > 0,05$) em relação aos morangos dos outros tratamentos. Entretanto, os valores de IE foram significativamente maiores ($p < 0,05$) a partir do 10º dia (Figura 14). Deve-se considerar que o grau de maturação das amostras não era uniforme e a técnica adotada para determinação da cor era destrutiva.

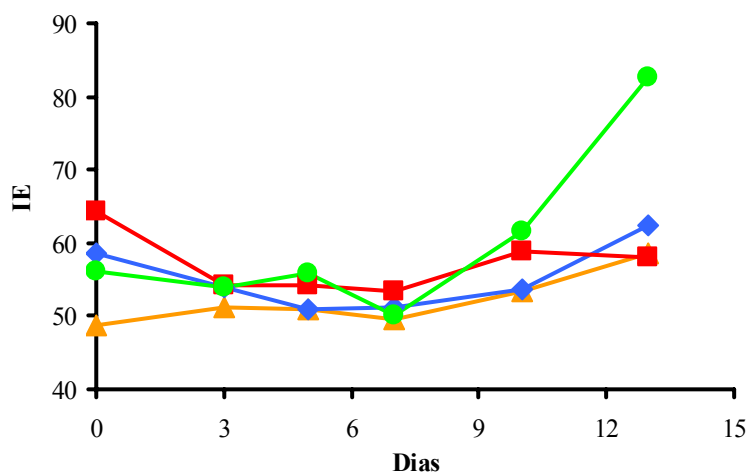


Figura 14. Índice de Escurecimento (IE) dos morangos orgânicos minimamente processados armazenados a 5 °C. ▲ = Oz (O₃ sem revestimento); ◆ = OzF (O₃ + revestimento de fécula de mandioca; ■ = OzA (O₃ + revestimento de amido de milho); ● = ClOr (Clorado orgânico sem revestimento).

Resultados semelhantes aos deste trabalho foram obtidos por NADAS *et*

al. (2003), que verificaram que morangos colhidos em duas estações diferentes e tratados com ozônio a 2 °C não diferiram significativamente na cor em relação aos morangos não tratados com ozônio.

Os morangos tratados com ozônio e revestidos com amido de milho (OzA) apresentaram o menor valor de diferença total de cor (ΔE) no 13º dia de armazenamento, enquanto aqueles tratados apenas com ozônio (Oz) apresentaram variabilidade menor ($p < 0,05$) do ΔE ao longo do período de armazenamento. Os morangos ozonizados e com revestimentos de fécula de mandioca (OzF) e de amido de milho (OzA) não diferiram entre si ($p > 0,05$) com relação ao ΔE (Figura 15).

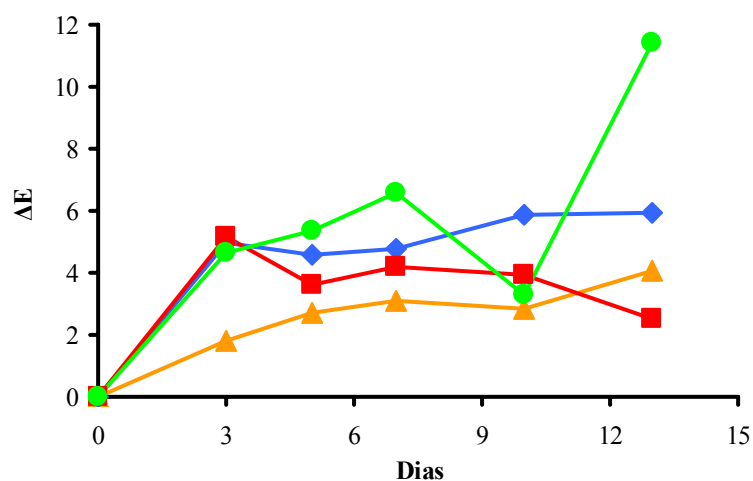


Figura 15. Diferença total de cor (ΔE) dos morangos orgânicos minimamente processados armazenados a 5 °C. \blacktriangle = Oz (O₃ sem revestimento); \blacklozenge = OzF (O₃ + revestimento de fécula de mandioca; \blacksquare = OzA (O₃ + revestimento de amido de milho); \bullet = ClOr (Clorado orgânico sem revestimento).

A menor variação do ΔE obtida nos morangos apenas ozonizados por 60 minutos (Oz) (Figura 15) pode estar relacionada à menor porcentagem de perda de

massa apresentada por estes morangos durante a estocagem a 5 °C (Figura 19). Como a perda de massa ocorre em função da perda de água pelo tecido vegetal, quando temperatura e umidade relativa do ar são constantes (KADER, 1992), a menor perda de massa pela desidratação dos morangos do tratamento Oz pode ter contribuído para reduzir o seu ΔE em função da menor degradação de antocianinas, conforme NUNES *et al.* (2005).

4.2.2.2. pH

Os valores de pH dos morangos orgânicos minimamente processados não foram superiores a 3,5 durante a estocagem a 5 °C. Embora tenha sido observado decréscimo nos valores de pH dos morangos dos tratamentos Oz, OzF e ClOr e aumento no pH dos morangos do tratamento OzA (Figura 16), estas variações não foram significativas ($p > 0,05$) entre os morangos dos quatro tratamentos.

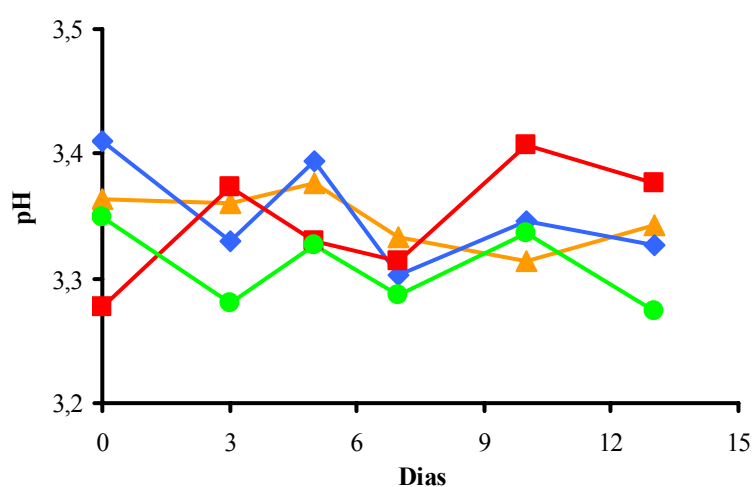


Figura 16. Valores de pH dos morangos orgânicos minimamente processados armazenados a 5 °C. ▲ = Oz (O₃ sem revestimento); ◆ = OzF (O₃ + revestimento de fécula de mandioca; ■ = OzA (O₃ + revestimento de amido de milho); ● = ClOr (Clorado orgânico sem revestimento).

A observação de que o pH dos morangos recobertos com amido de milho aumenta durante o armazenamento também havia sido feita por GARCÍA *et al.*

(1998b), que atribuíram esse aumento de pH à degradação de ácidos orgânicos, como o ácido málico e ácido ascórbico, que ocorre no processo natural de senescência do produto. HAN *et al.* (2004) observaram aumento de 0,2 e 0,4 unidades no pH de morangos revestidos, respectivamente, com quitosana e com quitosana adicionada de vitamina E ao longo de um período de armazenamento de 14 dias.

4.2.2.3. Sólidos solúveis totais

Ao longo do armazenamento houve aumento dos teores de sólidos solúveis totais apenas nos morangos tratados com solução de clorado orgânico (ClOr) (Figura 17). Contudo, este aumento não foi significativo ($p > 0,05$) em relação aos morangos dos outros tratamentos, não sendo possível afirmar que a ozonização associada à aplicação dos revestimentos comestíveis não contribuiu para o aumento de sólidos solúveis totais nos morangos orgânicos minimamente processados.

Resultados sobre teores de sólidos solúveis totais registrados na literatura são variáveis, mas deve ser considerado que as condições de armazenamento também variam muito, o que dificulta a comparação entre os resultados. GARCÍA *et al.* (1998b) também não observaram diferença significativa na concentração de sólidos solúveis totais de morangos, com diferentes revestimentos à base de amido, ao longo do período de armazenamento. Em morangos tratados ou não com ozônio e mantidos a 2 °C, o teor de sólidos solúveis totais também não variou (NADAS *et al.*, 2003). Entretanto, os teores de sacarose de morangos mantidos em atmosfera controlada com ozônio a 2 °C por três dias decresceram significativamente, ao longo de sete dias de armazenamento (PÉREZ *et al.*, 1999). Esses autores observaram, ainda, que, concomitante com o decréscimo de sacarose do tempo zero ao 5º dia de armazenamento, houve um decréscimo do conteúdo de glicose e frutose dos morangos imediatamente após o tratamento com ozônio. Eles consideraram que tal fato poderia ter ocorrido em razão da inativação de outras vias de degradação da sacarose em resposta ao estresse oxidativo causado pelo ozônio.

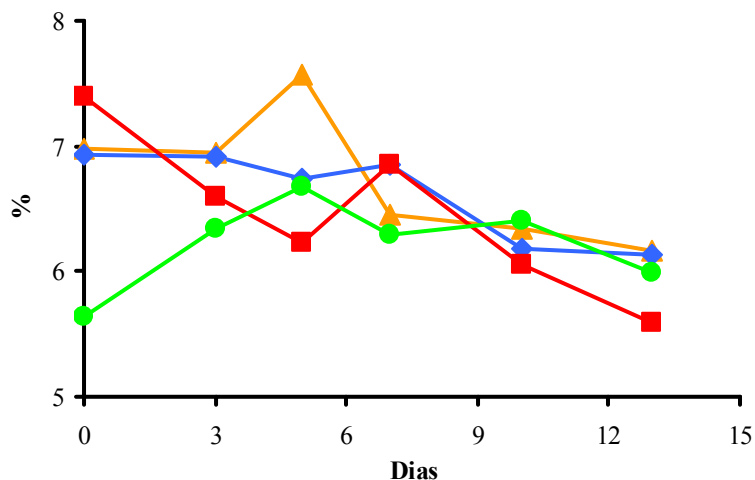


Figura 17. Teores de sólidos solúveis totais dos morangos orgânicos minimamente processados armazenados a 5 °C. ▲ = Oz (O₃ sem revestimento); ◆ = OzF (O₃ + revestimento de fécula de mandioca; ■ = OzA (O₃ + revestimento de amido de milho); ● = ClOr (Clorado orgânico sem revestimento).

Resultados diferentes foram obtidos por TANADA-PALMU e GROSSO (2005) que observaram aumento significativo nos teores de sólidos solúveis dos morangos que receberam diferentes revestimentos à base de glúten, com exceção daqueles envolvidos em duas camadas de filme de glúten, durante 16 dias de armazenamento. Eles verificaram ainda, que quando os morangos foram envolvidos em filme de PVC houve pequeno aumento no teor de sólidos solúveis totais no 6º dia de armazenamento, mas após este período não houve diferença significativa com relação aos outros tratamentos.

4.2.2.4. Firmeza da polpa

Observou-se que, durante o período de estocagem, houve aumento da força (N) necessária para dividir os morangos na sua região equatorial (Figura

18). Estas modificações na firmeza da polpa não foram significativas ($p > 0,05$) entre os morangos dos diferentes tratamentos, no período de armazenamento. A variabilidade do grau de maturação das amostras pode ter contribuído para a não detecção de diferença significativa na perda de firmeza da polpa de morangos. A perda da firmeza da polpa nos morangos pode ser atribuída à degradação de componentes da parede celular, principalmente as pectinas, em função da ação de enzimas específicas tais como a poligalacturonase (MANNING, 1993).

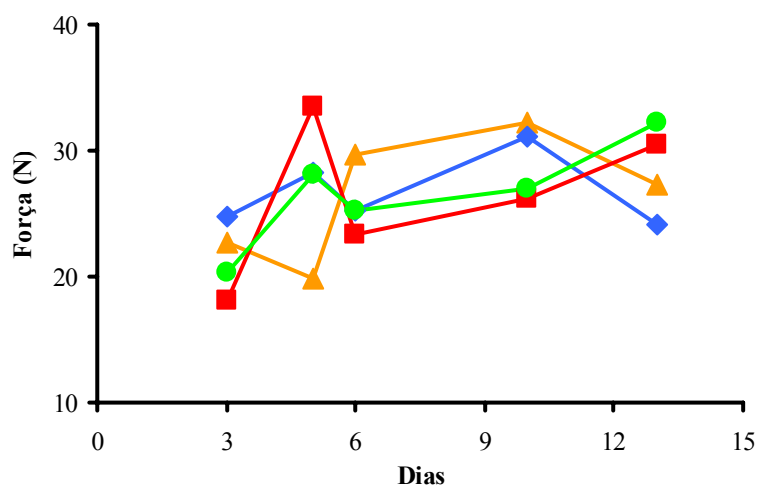


Figura 18. Firmeza da polpa dos morangos orgânicos minimamente processados armazenados a 5 °C. ▲ = Oz (O₃ sem revestimento); ◆ = OzF (O₃ + revestimento de fécula de mandioca; ■ = OzA (O₃ + revestimento de amido de milho); ● = ClOr (Clorado orgânico sem revestimento).

O uso de revestimentos não afetou, significativamente, a firmeza da polpa dos morangos. Entretanto, a comparação com os resultados de outros autores fica limitada em razão da variação no tipo de sonda usada no texturômetro eletrônico. Morangos com revestimentos à base de mucilagem de cactus pura ou adicionada de glicerol, mantiveram a firmeza da polpa significativamente maior do que o controle por nove dias de armazenamento, quando a textura foi analisada

simulando o dente incisivo, como a usada neste trabalho (DEL-VALLE *et al.*, 2005). TANADA-PALMU e GROSSO (2005) observaram que a firmeza da polpa foi significativamente melhor nos morangos com diferentes revestimentos e filmes à base de glúten, porém usaram texturômetro equipado com um célula de compressão de 5 kg e uma sonda cilíndrica de 1 cm de diâmetro na velocidade de 1 mm/s. Eles atribuíram o retardamento na perda da textura dos morangos ao desenvolvimento de uma atmosfera interna adequada nos pseudofrutos revestidos, bem como, a uma queda no metabolismo dos mesmos.

4.2.2.5. Perda de massa

A porcentagem de perda de massa dos morangos minimamente processados aumentou significativamente ($p < 0,05$) e de forma linear em função do tempo de armazenamento (Figura 19). GARCÍA *et al.* (1998b) também observaram aumento da perda de massa em função do tempo de estocagem de morangos revestidos ou não com filmes à base de amido.

Os morangos tratados apenas com ozônio (Oz) apresentaram perda de massa significativamente inferior ($p < 0,05$) aos dos demais tratamentos durante o armazenamento. A perda de massa nos morangos tratados apenas com solução clorada (ClOr) não diferiu ($p > 0,05$) daqueles que receberam ozônio associado a revestimentos (OzF e OzA) (Figura 19).

O efeito do ozônio em reduzir a perda de massa de morangos havia sido relatado por NADAS *et al.* (2003) que obtiveram menor perda de massa em morangos tratados com ozônio e estocados a 2 °C por três dias do que em morangos não tratados. Porém, essas diferenças entre morangos tratados e não tratados com ozônio não foram significativas no período subsequente ao tratamento com ozônio, quando os mesmos permaneceram em temperatura ambiente. Os autores consideraram que, provavelmente, o ozônio reduziu a perda de massa pela redução na taxa de respiração dos morangos durante a refrigeração, mas este efeito desapareceu quando os morangos retornaram às condições de temperatura ambiente.

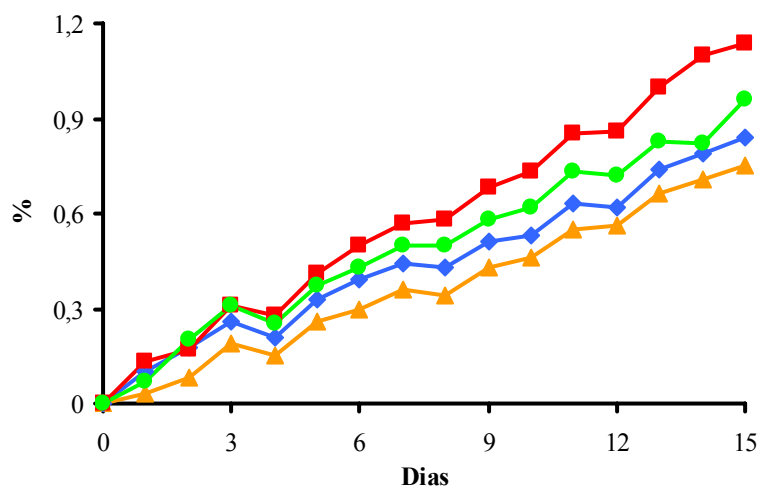


Figura 19. Porcentagem de perda de massa dos morangos orgânicos minimamente processados armazenados a 5 °C. ▲ = Oz (O₃ sem revestimento); ◆ = OzF (O₃ + revestimento de fécula de mandioca; ■ = OzA (O₃ + revestimento de amido de milho); ● = ClOr (Clorado orgânico sem revestimento).

Os revestimentos dos morangos com fécula de mandioca (OzF) ou com amido de milho (OzA) pouco contribuíram para limitar a perda de massa durante o armazenamento. Estes resultados diferem dos apresentados por GARCÍA *et al.* (1998b) que verificaram efeito protetor significativo contra a perda de massa quando revestiram morangos com filmes à base de amido. HAN *et al.* (2004) também obtiveram retardamento na migração de umidade dos morangos para o ambiente quando usaram revestimentos à base de quitosana, o que reduziu a perda de massa dos pseudofrutos durante a estocagem, em relação aos morangos não tratados. Redução significativa na perda de massa de morangos revestidos com quitosana e com hidroxipropil-metilcelulose em relação aos morangos não revestidos também foi observada por PARK *et al.* (2005) durante 23 dias de armazenamento. TANADA-PALMU e GROSSO (2005) estudaram o efeito de filmes e de revestimentos à base de glúten e observaram redução significativa na

perda de massa de morangos envolvidos individualmente com os filmes à base de glúten. Entretanto, os morangos revestidos com solução do mesmo ingrediente mostraram valor de perda de massa igual ao dos morangos sem nenhum revestimento.

A baixa eficiência dos revestimentos de fécula de mandioca e de amido de milho em proteger os morangos contra a perda de massa observada neste trabalho, pode estar relacionada com as propriedades físico-químicas desses ingredientes. PARK *et al.* (2005) comentaram que os materiais à base de polissacarídeos são hidrofílicos, podendo não agir como barreira à perda de umidade e, conseqüentemente, à perda de massa do produto. Esses autores sugerem que a adição de substâncias lipídicas aos revestimentos pode ajudar a controlar a perda de massa. KADER (1992) consideraram ainda, que a perda de massa pela evaporação de água depende da resistência da superfície externa no fruto à difusão de vapor, do déficit da pressão de vapor entre os tecidos do fruto e do ar ambiente ao redor do fruto, que é influenciado pela temperatura e umidade relativa. Neste sentido, a textura macia do morango pode ter contribuído para a ineficiência relativa dos revestimentos, no presente trabalho.

4.2.2.6. Vitamina C total

O conteúdo de vitamina C não diferiu ($p > 0,05$) entre os morangos minimamente processados dos quatro tratamentos e variou pouco até o 7º dia de armazenamento (Figura 20). O decréscimo acentuado no teor de vitamina C a partir do 10º dia, pode estar associado com a degradação de ácidos orgânicos, dentre os quais o ácido ascórbico, durante o processo natural de maturação e senescência (GARCÍA *et al.*, 1998b). Os valores obtidos no 13º dia de armazenamento (Figura 20) foram significativamente inferiores ($p < 0,05$) aos demais teores detectados.

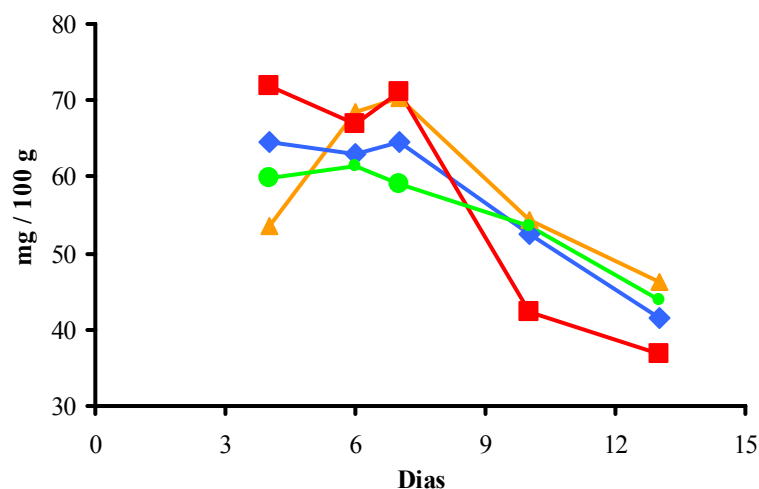


Figura 20. Teores de vitamina C dos morangos orgânicos minimamente processados armazenados a 5 °C. ▲ = Oz (O₃ sem revestimento); ◆ = OzF (O₃ + revestimento de fécula de mandioca; ■ = OzA (O₃ + revestimento de amido de milho); ● = ClOr (Clorado orgânico sem revestimento).

Os resultados encontrados neste trabalho diferem dos de PÉREZ *et al.* (1999) que observaram que morangos mantidos em atmosfera controlada a 2 °C na concentração de 0,35 mL/L de ozônio por três dias sendo depois mantidos sem atmosfera controlada a 20 °C por quatro dias, apresentaram, no 5° dia de armazenamento, teor de vitamina C significativamente maior com relação ao controle. Eles explicaram que o aumento nas concentrações de ácido ascórbico nos morangos ocorreu como resposta ao estresse oxidativo provocado pelo ozônio e concluíram que concentrações elevadas de vitamina C em regiões de alta atividade metabólica no tecido vegetal podem ser resultado de um sistema antioxidativo que promove a biossíntese de vitamina C a partir de reservas de carboidratos dos morangos.

5. CONCLUSÕES

Nas condições deste estudo, o tratamento ozonizante dos morangos a 50 mL/L por 60 minutos reduziu de forma eficiente a população inicial de bactérias mesófilas aeróbias e pode ser adotado em substituição à lavagem em água e à sanitização com solução de clorado orgânico. Este tratamento minimiza a exposição dos pseudofrutos à umidade e reduz as condições favoráveis à multiplicação de fungos, além de contribuir para a redução da perda da cor total e da perda de massa durante a estocagem a 5 °C.

A associação do tratamento ozonizante com o revestimento dos morangos minimamente processados com solução de amido de milho inibiu o crescimento de fungos filamentosos e leveduras durante o armazenamento, permitindo a manutenção dos pseudofrutos em boas condições para o consumo por um período de sete a 10 dias de vida útil, sem prejuízo à qualidade microbiológica e às características físico-químicas do produto.

A preservação do teor de vitamina C dos morangos por até sete dias foi relevante para que a garantia do valor nutricional do produto ao longo do armazenamento.

Como etapas do processamento mínimo dos morangos orgânicos, cultivar ‘Camarosa’, sugerem-se: colheita, recepção, resfriamento, seleção, remoção do cálice, sanitização com ozônio, aplicação de revestimento, secagem, embalagem e armazenamento sob refrigeração.

Considera-se que outros estudos devem ser realizados para avaliar outras concentrações de ozônio gasoso na tentativa de reduzir o tempo de exposição dos morangos ao sanitizante. Sugere-se também, o desenvolvimento de sistema de secagem do produto após a aplicação de revestimento comestível, permitindo, assim, a redução do tempo necessário para a realização de todas as etapas de processamento mínimo de morangos, propostas neste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHEN, M. e YOUSEF, A. E. Efficiency of ozone against *Escherichia coli* O157:H7 on apples. **Journal of Food Science**, v. 66, n° 9, p. 1380-1384, 2001.
- Agrianual 2000: anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2001. 536p.
- Agrianual 2002: anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2003. 521p.
- AGRORGÂNICA. **Produção de alimentos orgânicos: produção brasileira. 2005**. Disponível em <http://www.agrorganica.com.br/>. Acesso em 12 de janeiro de 2006.
- ALTEKRUSE, S. F.; COHEN, M. L. e SWERDLOW, D. L. Emerging foodborne diseases. **Emerging Infections Diseases**, Atlanta, v. 3, n° 3, p. 285-293, july-september, 1997.
- AYALA-ZAVALA, J. F.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 37, n° 7, p. 687-695, november, 2004.
- BAKKER, J.; BRIDLE, P.; BELLWORTHY, S. J. Strawberry juice color: a study of the quantitative and qualitative pigment composition of juices from 39 genotypes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 64, n° 1, p. 31-37, 1994.
- BALDWIN, E. A. Edible coatings for fresh fruits and vegetables: past, present and future. In: KROCHTA, J.; BALDWIN, E.; NISPEROS-CARRIEDO, M. (ed.). **Edible coatings and films to improve food quality**. Basel: Technomic Publ., 1994. p. 25-65.

- BARTH, M. M.; ZHOU, C.; MERCIER, J.; PAYNE, F. A. Ozone storage effects on anthocyanin content and fungal growth in blackberries. **Journal of Food Science**, v. 60, nº 6, p. 1286-1288, 1995.
- BERBARI, Shirley Aparecida Garcia; PASCHOALINO, José Eduardo; SILVEIRA, Neliane F. Arruda. Efeito do cloro na água de lavagem para desinfecção de alface minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, nº 2, p. 197-201, 2001.
- BEUCHAT, L. R. e COUSIN, M. A. Yeasts and molds. In: DOWNES, F. P. e ITO, K. (eds.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4.ed. Washington, D.C.: APHA, 2001. p.209-215.
- BOTELHO, J. S. Situação atual da cultura do morangueiro no Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, nº. 198, p. 22-23, maio/jun., 1999.
- BOULOS, M. E. M. S. Segurança Alimentar: uma preocupação. **Revista Nutrição em Pauta**, v. 7, nº. 39, p. 21-23, nov/dez, 1999.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Brasília, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento. Coordenação Geral de Desenvolvimento Sustentável. Coordenação de Agroecologia. **Pró-Orgânico: situação da produção orgânica 2006**. Brasília, 2006.
- BRUNO, L. M. e PINTO, G. A. S. Aplicação de cloro no preparo de hortaliças frescas para consumo doméstico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, nº especial, p. 259-263, 2004.
- 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, nº. 8, p. 1049-1055, ago., 2002.
- CARNELOSSI, M. A. G. **Fisiologia pós-colheita de folhas de couve (*Brassica oleracea cv. acephala*) minimamente processadas**. Viçosa: UFV, 2000. 79p. (Tese – Doutorado).
- CASTRO, R. L. Melhoramento genético do morangueiro: avanços no Brasil. In: RASEIRA, M. C. B.; ANTUNES, L. E. C.; TREVISAN, R.; DIAS, E. G. (ed.). **2º Simpósio Nacional do Morango e 1º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas – Palestras**. Pelotas-RS: EMBRAPA, 2004. p. 22-36. (Documentos, 124).
- CHANG, S. L. Modern concept of disinfection. **Sanitary Engineering Division Journal**, v. 97, p. 689-707, 1971.

- CLEMENTE, S. **O mercado de vegetais pré-processados**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1998. (Seminário).
- COUSIN, M. A.; JAY, J. M.; VASAVADA, P. C. Psychrotrophic microorganisms. In: DOWNES, F. P. e ITO, K. (eds.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington, D.C.: APHA, 2001. p.159-166.
- DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J. A.; VOILLEY, A. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. **Critical Review of Food Science**, v. 38, p. 299-313, 1998.
- DEL-VALLE, V.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; GUARDA, A.; GALOTTO, M. J. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf life. **Food Chemistry**, v. 91, p. 751-756, 2005.
- DEVLIEGHIERE, F.; VARMEULEN, A.; DEBEVERE, J. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. **Food Microbiology**, v. 21, p. 703-714, 2004.
- DIAS, M. S. C. Doenças do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n°. 198, p. 69-74, maio/jun., 1999.
- DOWNES, F. P. e ITO, K. (eds.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4.ed. Washington, D.C.: APHA, 2001. 676p.
- DUARTE FILHO, J.; CUNHA, R. J. P.; ALVARENGA, D. A.; PEREIRA, G. E.; ANTUNES, L. E. C. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n°. 198, p. 30-35, maio/jun., 1999.
- DURIGAN, J. F. Panorama do processamento mínimo de frutas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2004. p. 9-12.
- EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Saiu na Imprensa**. 2003. Disponível em <http://www.agroorganica.com.br/forum.htm>. Acesso em 28 de janeiro de 2005.
- EMBRAPA HORTALIÇAS. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: hortaliças minimamente processadas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 133p.
- FAO. Disponível em <http://www.fao.org>. Acesso em 28 de janeiro de 2005.
- FAVERET FILHO, P.; PAULA, S. R. L.; DUARTE, C. B. O BNDES e a agroindústria em 2002. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n°. 17, p. 187-200, mar., 2003.

- FEIN, S. B.; LIN, J. e LEVY, A. S. Foodborne illness: perception, experience, and preventive behaviors in United States. **Journal of Food Protection**, v. 58, nº. 12, p. 1405-1411, 1995.
- FERREIRA, V. L. P.; TEIXEIRA NETO, R. O.; MOURA, S. C. S. R.; SILVA, M. S. Cinética da degradação da cor de solução hidrossolúvel comercial de urucum, submetida a tratamentos térmicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, nº 1, p.37-42, 1999.
- FRANCO, G. **Tabelas de composição química dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2002. 303p.
- GARCIA, A.; MOUNT, J. R.; DAVIDSON, P. M. Ozone and chlorine treatment of minimally processed lettuce. **Journal of Food Science**, v. 68, nº 9, p. 2747-2751, 2003.
- GARCÍA, J. M.; MEDINA, R. J.; OLÍAS, J. M. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. **Journal of Food Science**, v. 63, nº. 6, p. 1037-1041, 1998a.
- GARCÍA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality and stability. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, nº. 9, p. 3758-3767, 1998b.
- GLAZE, W. H. e KANG, J. W. Advanced oxidation processes: description of a kinetic model for the oxidation of hazardous materials in aqueous media with ozone and hydrogen peroxide in a semibatch reactor. **Industrial Engineering Chemistry Research**, v. 28, p. 1573-1580, 1989.
- GROPPO, G. A.; TESSARIOLI NETO, J.; BLANCO, M. C. S. G. **A cultura do morangueiro**. Campinas: CATI, 1997. 27p. (CATI, Boletim Técnico, 201).
- GÜZEL-SEYDIM, Z.; BEVER Jr., P. I.; GREENE, A. K. Efficacy of ozone to reduce bacterial populations in the presence of food components. **Food Microbiology**, v. 21, p. 475-479, 2004.
- GYUREK, L. L.; FINCH, G. R.; BELOSEVIC, M. Inactivation of *Cryptosporidium* using ozone and chlorine. In: **Proceedings of the Annual Conference on West Canadian Water Wastewater Assoc.**, 48th, p. 69-69, 1996.
- HAN, C.; ZHAO, Y.; LEONARD, S. W.; TRABER, M. G. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus idaeus*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, p. 67-78, 2004.
- HARAKEH, M. S. e BUTLER, M. Factors influencing the ozone inactivation of enteric viruses in effluent. **Ozone Science e Engineering**, v. 6, p. 235-243, 1985.

- HARDING, P. R. Effect of ozone on *Penicillium* mold decay and sporulation. **Plant Diseases Report**, v. 52, nº 3, p. 245-247, 1968.
- HENRIQUE, C. M. e CEREDA, M. P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria ananassa* Duch) cv IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, nº. 2, p. 231-233, mai/ago, 1999.
- HERTOG, M. L. A. T. M.; BOERRIGTER, H. A. M.; BOOGAARD, G. J. P. M.; TIJSKENS, L. M. M; SCHAIK, A. C. R. Predicting keeping quality of strawberries (cv. 'Elsanta') packed under modified atmospheres: an integrated model approach. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 1-12, 1999.
- HUNT, N. K. e MARINAS, B. J. Kinetics of *Escherichia coli* inactivation with ozone water. **Water Research**, v. 31, nº 6, p. 1355-1362, 1997.
- KADER, A. A.. Postharvest biology and technology: an review. In KADER, A. A.; KASMIRE, R. E.; MITCHELL, F. G.; REID, M. S.; COMMER, N. E.; THOMPSON, J. E. (eds.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland, Calif.: Cooperative Extension, Univ. of California, Div. of Agriculture and Natural Resources, 1992, p. 15-20.
- KATZENELSON, E.; KLETTER, B.; SHUVAL, H. Inactivation kinetics of viruses and bacteria in water by use of ozone. **Journal of American Water Work Association**, v. 66, p. 725-729, 1974.
- KHADRE, M. A.; YOUSEF, A. E.; KIM, J. G. Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. **Journal of Food Science**, v. 66, nº. 9, p. 1242-1252, 2001.
- KIM, J-G e YOUSEF, A. E. Inactivation kinetics of foodborne spoilage and pathogenic bacteria by ozone. **Journal of Food Science**, v. 65, nº 3, p. 521-528, 2000.
- KIM, J-G.; YOUSEF, A. E.; CHISM. G. W. Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. **Journal of Food Safety**, v. 19, p. 17-34, 1999.
- KORNACKI, J. L. e JOHNSON, J. L. *Enterobacteriaceae*, Coliforms, and *Escherichia coli* as quality and safety indicators. In: DOWNES, F. P. e ITO, K. (eds.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4.ed. Washington, D.C.: APHA, 2001. p.69-82.
- KOWALSKI, W. J.; BAHNFLETH, W. P.; WHITTAM, T. S. Bactericidal effects of high airborne ozone concentrations on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. **Ozone Science and Engineering, International Ozone Association**, v. 20, p. 205-221, 1998.
- KRAUSE, C.R. e WEIDENSAUL, T. C. Effects of ozone on the sporulation, germination and pathogenicity of *Botrytis cinerea*. **Phytopathology**, v. 68, p. 195-197, 1978.

- LIEW, C. L. e PRANGE, R. K. Effect of ozone and storage temperature on postharvest disease and physiology of carrots (*Daucus carota* L.). **Journal of American Society Horticultural Science**, v. 119, p. 563-567, 1994.
- LIMA, L. C. O. Qualidade, colheita e manuseio pós-colheita de frutos de morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n°. 198, p. 80-83, maio/jun., 1999.
- MADAIL, J. C. M.; REICHERT, L. J.; MIGLIORINI, L. C. **Coefficientes técnicos para a cultura do morangueiro**. 2003. Disponível em <http://www.cpact.embrapa.br/sistemas/morango/cap15.htm>. Acesso em 25 de janeiro de 2005.
- MANNING, K. Soft fruits. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E., TUCKER, G. A. (ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman e Hall, p. 347-373, 1993.
- MARGOSAN, D. A. e SMILANICK, J. L. Mortality of spores of *Botrytis cinerea*, *Monilinia fructicola*, *Penicillium digitatum*, and *Rhizopus stolonifer* after exposure to ozone under humid conditions. **Phytopathology**, v. 88, p. 858, 1998.
- MARIM, A. J.; COSTA, H.; BALBINO, J. M. S. Situação da cultura do morangueiro no Estado do Espírito Santo. In: DUARTE FILHO, J.; CANÇADO, G. M. A.; REGINA, M. A.; ANTUNES, L. E. C.; FADINI, M. A. (eds.). **Morango: tecnologia de produção e processamento**. Caldas: EPAMIG, 1999. p. 131-134.
- MATSUKA, M.; LENART, A.; LAZARIDES, H. N. On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. **Journal of Food Engineering**, v. 72, p. 85-91, 2006.
- MATTOS, M. L. T. Segurança alimentar: o caso do morango. In: RASEIRA, M. C. B.; ANTUNES, L. E. C.; TREVISAN, R.; DIAS, E. G. (ed.). **2º Simpósio Nacional do Morango e 1º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas – Palestras**. Pelotas-RS: EMBRAPA, 2004. p. 162-169. (Documentos, 124).
- MEZZALIRA, H. Morango: com dedicação, boas perspectivas. **Balde Branco**, São Paulo, v. 21, p. 19-21, fev. 1986.
- MISZCZAK, A.; FORNEY, C. F.; PRANGE, R. K. Development of aroma volatiles and color during postharvest ripening of 'Kent' strawberries. **Journal of American Society Horticultural Science**, v. 120, n°. 4, p. 650-655; 882 (errata), 1995.
- NADAS, A.; OLMO, M.; GARCÍA, J. M. Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone-enriched atmospheres. **Journal of Food Science**, v. 68, n°. 5, p. 1798-1802, 2003.

- NANTES, J. F. D e LEONELLI, F. C. V. A estruturação da cadeia produtiva de vegetais minimamente processados. **Revista da FAE**, Curitiba, v. 3., n°. 3, p. 61-69, set./dez., 2000.
- NASCIMENTO, E. F. **Agregação de valor: perspectivas futuras**. Brasília: Secretaria de Agricultura, 1998. (Apostila Técnica).
- NUNES, M. C. N., BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. M. B.; SARGENT, S. A. Possible influences of water loss and polyphenol oxidase activity on anthocyanin content and discoloration in fresh ripe strawberry (cv. Oso Grande) during storage at 1 °C. **Journal of Food Science**, v. 70, n°. 1, p. 79-84, 2005.
- OUATTARA, B.; SABATO, S. F.; LACROIX, M. Use of gamma-irradiation technology in combination with edible coating to produce shelf-stable foods. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 63, p. 305-310, 2002.
- PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; WELTI-CHANES, J.; SWANSON, B. G. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. **Journal of Food Science**, v. 64, n°.1, p. 42-45, 1999.
- PARK, H. J. Development of advanced edible coatings for fruits. **Trends in Food Science and Technology**, v. 10, p. 254-260, 1999.
- PARK, S.; STAN, S. D.; DAESCHEL, M. A.; ZHAO, Y. Antifungal coatings on fresh strawberries (*Fragaria x ananassa*) to control mold growth during cold storage. **Journal of Food Science**, v. 70, n°. 4, p. 202-207, 2005.
- PAZINATO, B. C. Processamento do morango. In: DUARTE FILHO, J.; CANÇADO, G. M. A.; REGINA, M. A.; ANTUNES, L. E. C.; FADINI, M. A. (eds.). **Morango: tecnologia de produção e processamento**. Caldas: EPAMIG, 1999. p.205-224.
- PÉREZ, R. R.; NUNEZ, S. A.; BALUJA, C.; OTERO, M. L. Ozonations kinetics of glucosamine and N-acetil glucosamine in aqueous médium. **Ozone Science and Engineering**, v. 17, n° 4, p. 463-467, 1995.
- PÉREZ, A. G.; SANZ, C.; RÍOS, J. J.; OLÍAS, R.; OLÍAS, J. M. Effects of ozone treatment on postharvest strawberry quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47; n°. 4, p. 1652-1656, 1999.
- RAGAERT, P.; DEVLIEGHIERE, F.; LOOS, S.; DEWULF, J.; LANGENHOVE, H. VAN; FOUBERT, I.; VANROLLEGHEM, P. A.; DEBEVERE, J. Role of yeast proliferation in the quality degradation of strawberries during refrigerated storage. **Internacional Journal of Food Microbiology**, v. 108. p. 42-50, 2006.

- RESENDE, L. M. A.; MASCARENHAS, M. H. T.; PAIVA, B. M. Panorama da produção e comercialização do morango. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n°. 198, p. 5-19, maio/jun., 1999.
- RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro: revisão e prática**. Curitiba: EMATER-PR, 1998. 206p.
- SALTVEIT, M. E. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: TOMÁS-BARBERÁN, F. A. e ROBINS, R. J. (eds.). **Phytochemistry of fruits and vegetables**. London: Oxford University Press, 1997. p. 205-220.
- SANDERMANN, H.; ERNST, D.; HELLER, W.; LANGEBARTELS, C. Ozone: an abiotic elicitor of plant defense reactions. **Trends in Plant Sciences**, v. 3, p. 47-50, 1998.
- SANTOS, A. M. Melhoria genética do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n°. 198, p. 24-29, maio/jun., 1999.
- SANZ, C.; PÉREZ, A. G.; OLÍAS, R.; OLÍAS, J. M. Quality of strawberries packed with perforated polypropylene. **Journal of Food Science**, v. 64, n°. 4, p. 748-752, 1999.
- SAPERS, G. M. Efficacy of washing and sanitizing methods for disinfection of fresh fruit and vegetable products. **Food Technology and Biotechnology**, v. 39, n° 4, p. 305-311, 2001.
- SAPERS, G. M.; MILLER, R. L.; PILIZOTA, V.; MATTRAZZO, A. M. Antimicrobial treatments for minimally processed cantaloupe melon. **Journal of Food Science**, v 66, n° 2, p. 345-349, 2001.
- SARIG, P.; ZAHAVI, T.; ZUTKHI, Y.; YANNAI, S.; LISKER, N.; BEN-ARIE, R. Ozone for control of postharvest decay of table grapes caused by *Rhizopus stolonifer*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 48, p. 403-415. 1996.
- SOUZA, A. L. B.; SCALON, S. P. Q.; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Post-harvest application of CaCl₂ in strawberry fruits (*Fragaria ananassa* Dutch cv. Sequóia): evaluation of fruit quality and post-harvest life. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n°. 4, p. 841-848, out./dez., 1999.
- SPALDING, D. H. **Appearance and decay of strawberries, peaches, and lettuce treated with ozone**. USDA Marketing Research Repartition, Agricultural Research Service, U.S. Dept. of Agriculture, p. 1-11, 1966.
- STEEN, C.; JACXSENS, J.; DEVLIEGHERE, J.; DEBEVERE, J. Combining high oxygen atmospheres with low oxygen modified atmosphere packaging to improve the keeping quality of strawberries and raspberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 49-58, 2002.

- TANADA-PALMU, P. S. e GROSSO, C. R. F. Effect of edible wheat glúten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 36, p. 199-208, 2005.
- TODAFRUTA. **Produção orgânica de frutas**. 18/01/2006. Disponível em http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=11314. Acesso em 20 de março de 2006.
- VACHÓN, C.; D'APRANO, G.; LACROIX, M.; LETENDRE, M. Effect of edible coating process and irradiation treatment of strawberry *Fragaria* spp. on storage-keeping quality. **Journal of Food Science**, v. 68, n° 2, p. 608-612, 2003.
- YOUNG, A. H. Fractionation of starch. In: WHISTLER, R. L.; BeMILLER, J. N.; PASCHALL, E. F. (Eds.). **Starch: chemistry and technology**. 2nd ed. Orlando, Fl.: Academic Press, 1984- p. 249-283.
- ZHAO, J. e CRANSTON, P. M. Microbial decontamination of black pepper by ozone and the effect of the treatment on volatile oil constituents of the spice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 68, p. 11-18, 1995.

7. APÊNDICE

7.1. QUADROS

Quadro 1 – Análise de Variância para redução da contagem inicial de mesófilos aeróbios no método de higienização a seco dos morangos minimamente processados com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Tratamentos	2	0,4947168*
Blocos	2	0,078827 ^{NS}
Resíduo	4	0,035484

Coef. de Variação = 17,303

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.
** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.
^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 2 – Análise de Variância para redução da contagem inicial de mesófilos aeróbios no método de higienização úmida dos morangos minimamente processados com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Tratamentos	1	0,039869 ^{NS}
Blocos	2	0,006178 ^{NS}
Resíduo	2	0,006178

Coef. de Variação = 9,967

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.
** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.
^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 3 – Análise de Variância para comparação da redução na contagem inicial de mesófilos aeróbios nos dois métodos de higienização dos morangos minimamente processados, com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Tratamentos	2	0,548262*
Blocos	2	0,009586 ^{NS}
Resíduo	4	0,036105

Coef. de Variação = 18,432

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 4 – Análise de Variância para redução da contagem inicial de fungos filamentosos e leveduras no método de higienização a seco dos morangos minimamente processados com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Tratamentos	2	0,4749460**
Blocos	2	0,089157 ^{NS}
Resíduo	4	0,022317

Coef. de Variação = 13,216

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 5 – Análise de Variância para redução da contagem inicial de fungos filamentosos e leveduras no método de higienização úmida dos morangos minimamente processados com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Tratamentos	1	0,251982 ^{NS}
Blocos	2	0,053512 ^{NS}
Resíduo	2	0,053512

Coef. de Variação = 25,364

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 6 – Análise de Variância para comparação da redução na contagem inicial de fungos filamentosos e leveduras nos dois métodos de higienização dos morangos minimamente processados, com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Tratamentos	3	0,316765 ^{NS}
Blocos	2	0,011959 ^{NS}
Resíduo	6	0,076286

Coef. de Variação = 24,508

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 7 – Análise de Variância para contagem padrão de mesófilos aeróbios em morangos orgânicos minimamente processados, com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Blocos	2	3,7199
Dias	4	1,9082 ^{NS}
Tratamentos	3	1,3008 ^{NS}
Dias x Tratamentos	12	0,4906 ^{NS}
Resíduo	38	1,0288

Coef. de Variação = 23,310

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 8 – Análise de Variância para contagem padrão de mesófilos anaeróbios em morangos orgânicos minimamente processados, com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Blocos	2	21,5288
Dias	4	4,6760 ^{NS}
Tratamentos	3	0,7756 ^{NS}
Dias x Tratamentos	12	1,0656 ^{NS}
Resíduo	38	3,3463

Coef. de Variação = 38,347

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 9 – Análise de Variância para contagem padrão de psicrotróficos em morangos orgânicos minimamente processados, com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Blocos	2	18,1654
Dias	4	1,8361 ^{NS}
Tratamentos	3	2,0798 ^{NS}
Dias x Tratamentos	12	0,4368 ^{NS}
Resíduo	38	1,0155

Coef. de Variação = 19,333

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 10 – Análise de Variância para contagem padrão de fungos filamentosos e leveduras em morangos orgânicos minimamente processados, com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Blocos	2	8,9833
Dias	4	0,1783 ^{NS}
Tratamentos	3	3,2311*
Dias x Tratamentos	12	0,3208 ^{NS}
Resíduo	38	1,0158

Coef. de Variação = 20,232

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 11 – Análise de Variância para índice de escurecimento (IE) dos morangos orgânicos minimamente processados, com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Blocos	2	727,4211
Dias	5	315,1754**
Tratamentos	3	203,6431 ^{NS}
Dias x Tratamentos	15	82,6188 ^{NS}
Resíduo	46	85,1560

Coef. de Variação = 16,448

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 12 – Análise de Variância para diferença total de cor (ΔE) dos morangos orgânicos minimamente processados, com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Blocos	2	0,7142
Dias	5	4,3658**
Tratamentos	3	1,1885**
Dias x Tratamentos	15	0,3183 ^{NS}
Resíduo	46	0,2997

Coef. de Variação = 28,565

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 13 – Análise de Variância para pH dos morangos orgânicos minimamente processados, com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Blocos	2	0,04365
Dias	5	0,00372 ^{NS}
Tratamentos	3	0,00723 ^{NS}
Dias x Tratamentos	15	0,00438 ^{NS}
Resíduo	46	0,00706

Coef. de Variação = 2,5164

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 14 – Análise de Variância para sólidos solúveis totais dos morangos orgânicos minimamente processados, com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Blocos	2	9,2170
Dias	5	1,3251 ^{NS}
Tratamentos	3	0,9179 ^{NS}
Dias x Tratamentos	15	0,5090 ^{NS}
Resíduo	46	0,5738

Coef. de Variação = 11,635

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 15 – Análise de Variância para firmeza da polpa dos morangos orgânicos minimamente processados, com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Blocos	2	584,2725
Dias	4	113,2739 ^{NS}
Tratamentos	3	0,5545 ^{NS}
Dias x Tratamentos	12	51,5601 ^{NS}
Resíduo	38	53,5445

Coef. de Variação = 27,640

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 16 – Análise de Variância para perda de massa dos morangos orgânicos minimamente processados, com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Blocos	2	0,3809
Dias	15	0,2468**
Tratamentos	3	0,0903**
Dias x Tratamentos	45	0,0021 ^{NS}
Resíduo	126	0,0051

Coef. de Variação = 7,3209

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 17 – Análise de Variância para teor de vitamina C dos morangos orgânicos minimamente processados, com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e os quadrados médios (QM).

FV	GL	QM ¹
Blocos	2	1962,682
Dias	4	1322,470**
Tratamentos	3	24,6893 ^{NS}
Dias x Tratamentos	12	106,6717 ^{NS}
Resíduo	38	212,4464

Coef. de Variação = 25,451

¹ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{NS} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.