

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS - FACET
CURSO DE QUÍMICA



APLICAÇÃO DO OZÔNIO VISANDO A CONSERVAÇÃO DE MORANGOS
PRODUZIDOS NA REGIÃO DO ALTO JEQUITINHONHA

Alex Ramos de Aguiar

Diamantina

2011

APLICAÇÃO DO OZÔNIO VISANDO A CONSERVAÇÃO DE MORANGOS
PRODUZIDOS NA REGIÃO DO ALTO JEQUITINHONHA

Autor:

Alex Ramos de Aguiar

Orientadora:

Profª Drª Débora Vilela Franco

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Química
Licenciatura da Universidade Federal dos
Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como
parte dos requisitos exigidos para a
conclusão do curso.

APROVADO em ___/___/_____

Profª Drª Rita de Cássia Luz - UFVJM

Profª Drª Nísia Andrade Vilela Dessimoni Pinto - UFVJM

Profª Drª Débora Vilela Franco – UFVJM

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por mais uma etapa concluída em minha vida.

A minha orientadora, professora Débora, pela orientação, ensinamentos e paciência.

Aos professores Leonardo e Nísia pelo aconselhamento e valiosas sugestões.

A minha colega de trabalho Camilla por toda ajuda, dedicação e amizade.

A todos os colegas do bloco de pesquisa pela descontração.

Aos colegas do Laboratório de Biomassa, Marina, Brígida e Emanuel pela ajuda.

A Priscila, por todo apoio e companheirismo.

Aos meus pais, Maria Luiza e José Alves e minha irmã Dayane a quem devo carinho e admiração.

Enfim, a todos que contribuíram nessa caminhada.

RESUMO

Aplicação do ozônio visando à conservação de morangos produzidos na região do alto Jequitinhonha. Neste trabalho o principal foco foi o uso e aprimoramento de tecnologias alternativas baseadas na aplicação do ozônio para a conservação de morangos produzidos na região do Alto Jequitinhonha, a qual apresenta crescente produção deste fruto. Os morangos possuem curta vida útil na pós-colheita devida à rápida deterioração causada por fungos mesmo quando a fruta é armazenada sob refrigeração. Neste sentido, foi desenvolvido um reator visando aumentar o tempo de vida útil do fruto na pós-colheita mediante o tratamento em água ozonizada. Os morangos (*Fragaria anassa*) da variedade *Oso Grande*, colhidos na região de Datas-MG, foram imersos em água ozonizada um dia após a colheita empregando-se uma dose de ozônio a concentração de 1,65 ppm. Os morangos tratados com ozônio foram armazenados sob refrigeração (4 °C) por períodos de 5, 10 e 15 dias para a realização das análises visando o controle de qualidade dos frutos. A qualidade dos mesmos foi relatada quanto aos teores de sólidos solúveis totais (°Brix), composição centesimal, sólidos solúveis, acidez total, pH, compostos fenólicos e ácido ascórbico nas diferentes condições de tratamento com ozônio.

Palavras-chave: ozonização, morango, armazenamento

ABSTRACT

Application of ozone for conservation of strawberries produced in the upper Jequitinhonha. In this work the main focus was improving the use and alternative technologies based on the application of ozone for the preservation of strawberries produced in the Alto Jequitinhonha, which has increased production of this fruit. The strawberries have short life in post-harvest due to the rapid deterioration caused by fungi even when the fruit is stored under refrigeration. In this sense, one reactor was developed to increase the lifespan of the fruit by post-harvest treatment in ozonated water. Strawberries (*Fragaria anassa*) variety of Oso Grande, harvested in the region Datas-MG, were immersed in ozonated water one day after harvest using a dose of ozone concentration of 1.65 ppm. The strawberries treated with ozone were stored under refrigeration (4 ° C) for periods of 5, 10 and 15 days to perform the analysis for the control of fruit quality. The quality of the data was reported for the levels of soluble solids (°Brix), chemical composition, soluble solids, total acidity, pH, phenolic compounds and ascorbic acid in the different conditions of treatment with ozone.

Keywords: ozonation, strawberry, storage

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Estruturas ressonantes da molécula de ozônio.....	5
Figura 1.2 Configuração Típica Célula Corona.....	7
Figura 3.1 Sistema utilizado para obtenção da água ozonizada.....	10
Figura 3.2 Aerador feito de areia peneirada e cola super bonder®.....	11
Figura 3.3 Pesagem dos Morangos pós-colheita para serem embalados.....	13
Figura 3.4 Diferentes etapas do tratamento dos morangos.....	14
Figura 4.1 Estado de conservação dos morangos nos tempos de 5, 10, e 15 dias.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 Composição centesimal.....	20
Tabela 4.2 Sólidos solúveis °Brix.....	21
Tabela 4.3 Valores de pH.....	22
Tabela 4.4 Teor de ácido cítrico.....	23
Tabela 4.5 Teor de ácido ascórbico.....	24
Tabela 4.6 Teor de compostos fenólicos.....	26
Tabela 4.7 Contagem de bolores e leveduras.....	27

SUMÁRIO

1.0. REVISÃO DE LITERATURA	1
1.1. Introdução	1
1.2. Problemática da conservação do morango na pós-colheita	2
1.3. Ozônio: Propriedades físicas	4
1.3.1. Tecnologias utilizadas para a geração de ozônio	5
2.0 OBJETIVOS	9
2.1. Objetivo Geral	9
2.2. Objetivo Específico	9
3.0 METODOLOGIA.....	10
3.1 Confeção do Reator	10
3.1.1. Determinação do ozônio em meio aquoso.....	12
3.2. Obtenção e preparo do material.....	12
3.3. Composição centesimal	14
3.3.1. Umidade	15
3.3.2. Fração Protéica	15
3.3.3. Cinzas	15
3.3.4. Extrato Etéreo	15
3.3.5. Fibra Bruta.....	16
3.4. Sólidos solúveis e pH (SS e pH).....	16
3.5. Acidez total (AT)	16
3.6. Determinação de Ácido Ascórbico	16
3.7. Determinação Fenólicos Totais.....	17
3.8. Análise microbiológica	17
3.8.1. Preparo do Ágar.....	17

3.8.2. Preparo da Amostra	18
3.9. Análise Estatística.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Construção do Reator	19
4.2. Parâmetros Físico-Químicos.....	20
4.2.1. Composição centesimal	20
4.2.2. Sólidos Solúveis e pH.....	21
4.2.3. Acidez total titulável.....	22
4.2.4. Análise do Acido Ascórbico	23
4.2.5. Análise de Compostos Fenólicos.....	25
4.2.6. Análise Microbiológica	26
4.3. Aspectos físicos dos morangos.....	27
5.0. CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1.0. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Introdução

O morango (*Fragaria anassa*) devido ao grande apelo visual, coloração vermelho-brilhante, o aroma e sabor adocicado é um fruto muito apreciado. Desta forma o morango talvez seja considerado o fruto de maior importância entre as frutas pequenas. Apesar das dificuldades e dos riscos que envolvem a sua produção, o cultivo do morango é muito lucrativo[1].

No Brasil, a cultura do morangueiro ocupa uma área estimada de 3.600 ha, com produção em torno de 90 mil toneladas por ano, sendo os Estados de Minas Gerais (32,3%), São Paulo (31,4%) e Rio Grande do Sul (16,5%) os maiores produtores [2]. As propriedades rurais que se dedicam ao cultivo do morangueiro são, em sua grande maioria, familiares, com área cultivada de 0,5 a 1,0 ha. Porém, também existem empresas com áreas cultivadas superiores a 8 ha. A cultura é conhecida por sua relevante importância econômica e social, em função da grande necessidade de mão-de-obra e alta rentabilidade por área, sendo conduzida, prioritariamente, em pequenas propriedades familiares [3,4].

O desenvolvimento desta cultura em Minas Gerais, que até anos recentes era restrito às regiões mais frias do Estado (Sul), está se expandindo com a implantação de diferentes variedades. O município de Datas, próximo a Diamantina (Norte do Estado) é um exemplo dessa diversificação, pois seu clima é semelhante ao da região sul do estado. Com a orientação da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais - Emater, os produtores se organizaram e fundaram uma fábrica de polpas e doces de frutas, gerida pela Associação dos Produtores de Fruta do Alto do Jequitinhonha (Frutivale). O incentivo à fruticultura na região tem se mostrado uma alternativa viável para as famílias que antes atuavam apenas na atividade garimpeira, com ganhos incertos e falta de perspectivas de longo prazo [5]. Parâmetros como: cultivo, conservação, manuseio, transporte são de suma importância para o desenvolvimento da cultura e conseqüentemente o crescimento econômico da região.

1.2. Problemática da conservação do morango na pós-colheita

A grande procura do consumidor por produtos frescos tem levado a um esforço da cadeia produtiva em viabilizar formas de conservar produtos altamente perecíveis [5].

O morango é classificado como fruto não climatérico, porém apresenta taxa respiratória considerável, e produz baixos níveis de etileno ($< 0,1 \mu\text{L Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), além de não responder as aplicações de etileno para estimular seu amadurecimento [7].

A sua rápida deterioração pós-colheita em temperatura ambiente tem sido atribuída a essa elevada taxa respiratória da fruta [8]. Outros fatores como a suscetibilidade à lesão mecânica, a perda de água [9], e a deterioração causada por fungos, especialmente *Botrytis cinérea* [10-11], contribuem para diminuir o período de conservação. Além desses fatores, alterações na cor e na firmeza da polpa e a perda do brilho natural também são observadas após a colheita.

Por ser um produto de alto valor comercial, principalmente no mercado *in natura*, o morango requer a utilização de tecnologia adequada para melhorar sua conservação. O intenso metabolismo do morango, que implica em sua alta pericibilidade, indica a recomendação do uso de armazenamento refrigerado. A refrigeração é um dos meios mais eficazes de reduzir os processos metabólicos em frutos [12]. A refrigeração quando aplicada isoladamente nos frutos não tem sido suficiente para aumentar o seu tempo de vida útil. Portanto, o surgimento de outras técnicas viabiliza ampliar o período de conservação dos frutos. Geralmente, esta técnica é utilizada associada às técnicas tais como atmosfera controlada [13], atmosfera modificada por embalagens plásticas [2-14], irradiação luminosa [15], etc.

A distribuição e a comercialização do morango, a longas distâncias, são restritas, devido à sua pericibilidade e à senescência assim como a ocorrência de doenças pós-colheita, que acarretam perdas quantitativas e qualitativas [11-16]. O morango conserva sua boa qualidade por até dois dias, quando armazenado sem refrigeração, e essa curta vida útil está relacionada na redução de suas propriedades aromáticas, no sabor e no brilho característico, que é provocado pela deterioração ou início do apodrecimento.

O controle da temperatura e a modificação da atmosfera são dois fatores importantes para conservação de frutas e vegetais [17]. O emprego de atmosferas como O_2 , CO_2 e O_3 tem sido recomendado porque pode aumentar o tempo de conservação de

frutos, mantendo a sua qualidade [9]. A utilização de atmosferas O_2 e CO_2 em concentrações de 5-10% de O_2 e 15-20% de CO_2 reduz, por exemplo, a taxa respiratória e a produção de etileno, além do retardamento da perda de cor e promove a firmeza da polpa [7].

A ozonização é outro tipo de atmosfera que tem sido utilizada em diversos países. A exposição a baixas doses de ozônio pode ser aplicado de acordo com o tratamento utilizado (injeção do gás puro ou a dissolução deste em água). As conseqüências são a diminuição da velocidade de amadurecimento e envelhecimento de frutas, aumentando, desta maneira, o tempo de vida de prateleira e a comercialização dos frutos [11,19-21]. Todavia, os efeitos do processo de ozonização de alimentos encontram-se em relação de estrita dependência com variáveis como a dosagem do ozônio e o estágio de maturação ou de envelhecimento do alimento na época em que se aplica o tratamento [11].

Pesquisas envolvendo a ozonização de alimentos têm procurado estabelecer as doses de ozônio que reduzem significativamente a carga microbiana sem que ocorra o comprometimento da qualidade sensorial e nutricional do produto. Todavia, toda a eficiência do processo de ozonização depende da aplicação da dose apropriada (concentração e tempo de contato), a fim de se correlacionar o processo em apreço com as análises laboratoriais visando o controle de qualidade dos frutos [11,20].

O ozônio é um agente oxidante forte ($E^o = 1,51$ V), capaz de participar de muitas reações químicas envolvendo diferentes tipos de compostos [22,23]. Por isso, o ozônio tem sido usado em diferentes aplicações: (i) desinfecção de água potável; (ii) controle do odor; (iii) tratamento de esgoto e efluentes de diversos processos industriais; (iv) agente branqueador (alvejante); (v) conservante de alimentos; (vi) síntese orgânica; (vii) tratamentos terapêuticos (ozonioterapia); (viii) produção de prata de alta pureza, etc. Em muitos países, o ozônio também tem sido usado em diferentes aplicações na indústria alimentícia, e mais recentemente um grupo de peritos tem recomendado a GRAS - (Generally Recognized As Safe) que classifica o ozônio como desinfetante para alimentos nos Estados Unidos [26].

Ozônio, aplicado como um gás ou a água ozonizada foi testado para o tratamento pós-colheita de diversas de frutas e legumes. Além dos usos de ozônio para armazenamento, eliminação de odor, o foco principal destes estudos foi avaliar a

capacidade de ozônio para controlar a deterioração causada por micróbios patogênicos e fungos [11].

Avaliação dos atributos de qualidade, além das análises microbiológicas, muitas vezes não era incluído em estudos anteriores, e os efeitos da exposição ao ozônio na qualidade dos frutos e produtos hortícolas mereceu uma investigação mais profunda.

1.3. Ozônio: Propriedades físicas

O ozônio foi identificado (descoberto) em 1840 pelo químico alemão C. F. Schönbein (1799-1868) durante experimentos de eletrólise da água a partir de soluções ácidas [26]. Nestes estudos constatou-se que, paralelamente a reação de desprendimento de oxigênio, ocorria à formação de um segundo produto gasoso desconhecido com odor pungente o qual Schönbein denominou de ozônio, palavra que deriva do grego “ozein” que significa cheiro. Este acontecimento ocorreu cerca de vinte anos antes que o ozônio fosse identificado como um alótropo triatômico do oxigênio. Em 1856, Thomas Andrews mostrou que o ozônio era constituído por átomos de oxigênio e em 1863 Soret mostrou que três volumes de oxigênio (O₂) produziam dois volumes de ozônio (O₃) [27].

Do ponto de vista termodinâmico, a formação do ozônio a partir da molécula do oxigênio é um processo endotérmico não espontâneo, descrito pela seguinte reação (1):



Devido à maior estabilidade do oxigênio, a molécula do ozônio sofre um processo de dissociação espontânea com o tempo resultando novamente na formação do oxigênio [27].

O ozônio é um gás incolor com odor irritante que é detectável pelo olfato humano em baixas concentrações (0,02 a 0,05 ppm). Devido a sua alta reatividade e instabilidade, o ozônio não pode ser estocado e nem transportado, requerendo, portanto que seja gerado no local de sua aplicação, ou seja, *in situ*. Na estratosfera da Terra o ozônio mantém um equilíbrio natural com o oxigênio, o qual é sustentado pela absorção de radiação eletromagnética na região do ultravioleta (UV). Em decorrência disso a sua concentração na região da estratosfera é da ordem de aproximadamente 7 ppm [25]. O

papel desempenhado pelo ozônio nesta região da atmosfera terrestre é primordial à vida no planeta, já que atua protegendo a superfície terrestre da irradiação UV filtrando os comprimentos de onda nocivos à vida animal e vegetal (290 a 320 nm) [27].

A molécula de ozônio pode ser representada pelas seguintes estruturas de ressonância [28]:

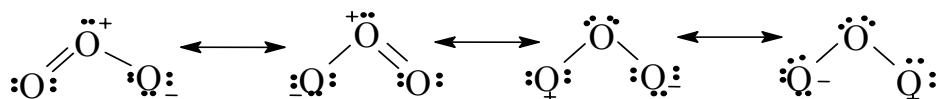


Figura 1.1: Estruturas ressonantes da molécula de ozônio.

A Figura 1.1 mostra que a molécula de ozônio é caracterizada pela presença de um átomo de oxigênio deficiente em elétrons. Em decorrência dessa deficiência eletrônica, a molécula do ozônio possui um forte caráter eletrofílico o que permite a sua reação com diferentes compostos.

O ozônio é um gás pouco solúvel em meio aquoso ($\sim 12 \text{ mg dm}^{-3}$) quando comparado com outros oxidantes fortes gasosos como o cloro, o qual é cerca de 12 vezes mais solúvel em água do que o ozônio [29]. Com bases em suas características, o ozônio pode ser obtido por diferentes processos.

1.3.1. Tecnologias utilizadas para a geração de ozônio

O ozônio pode ser obtido através das tecnologias denominadas como: (i) corona; (ii) fotoquímica e (iii) eletroquímica. Detalhes sobre esses processos são relatados [28-30].

O processo fotoquímico tem como princípio a produção de ozônio através da radiação ultravioleta. A molécula de oxigênio absorve radiação eletromagnética podendo sofrer uma dissociação. Com essa dissociação, os átomos de oxigênio produzidos podem reagir com uma molécula de oxigênio vizinha resultando na formação do ozônio [30].

No processo eletroquímico apresenta uma grande potencialidade como uma tecnologia alternativa que permite a obtenção de uma elevada concentração de ozônio na fase gasosa. Isto se deve ao fato de que é possível empregar condições experimentais

que resultem em uma elevada concentração de radicais O^{\bullet} na interface eletrodo/solução favorecendo a formação de ozônio.

Durante a eletrólise da água, em elevadas densidades de corrente, o ozônio pode ser formado no compartimento anódico da cela eletroquímica de acordo com a seguinte semi-reação:



No entanto, do ponto de vista termodinâmico uma outra possibilidade de formação do ozônio é representada pela seguinte semi-reação:



1.3.1.1. A produção de ozônio pelo processo descarga de corona

O método descarga de corona é o mais utilizado, pois gera uma quantidade maior de ozônio com menor custo. No efeito corona, o ozônio é gerado quando uma corrente alternada de alta voltagem é descarregada na presença de oxigênio [30].

O princípio da produção de ozônio pelo método descarga de corona baseia na estrutura da célula de corona. Ela dois eletrodos, um dielétrico (pólo positivo) e outro metálico (pólo negativo) que estão ligados a um potencial. Quando uma diferença de potencial é aplicada a esses eletrodos, gera-se um arco elétrico. Esse arco elétrico em contato com as moléculas de oxigênio faz com que ocorra uma reação radicalar (dissociação da molécula produzindo átomos de oxigênio), os átomos de oxigênio podem entrar em contato com outras moléculas de oxigênio formando assim a molécula de ozônio [30].

Embora haja um número de mecanismos que podem contribuir para formação de ozônio pelo processo corona, um caminho de reação particular é considerado dominante. A reação é iniciada quando os elétrons livres entram em contato com as moléculas de oxigênio, ocorrendo assim à dissociação [31]:



Depois disso, o ozônio é formado por uma reação de colisão de três corpos:



Onde M é qualquer outra molécula do gás ex: N₂ (gás inerte). Ao mesmo tempo, no entanto, o oxigênio atômico também reage com o ozônio a partir do oxigênio:



Os mecanismos apresentados acima mostram claramente que a eficiência da reação de formação do ozônio é resultante da competição entre os processos de formação e decomposição ocorrendo dentro da corona [32].

Os parâmetros controladores da eficiência para a produção de ozônio são: (i) conteúdo de oxigênio (ar ou oxigênio puro); (ii) presença de contaminantes na fase gasosa; (iii) fluxo do gás na alimentação [32].

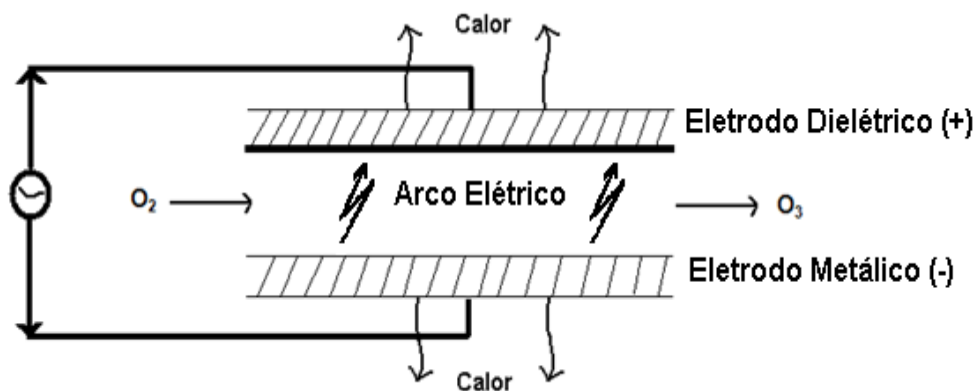


Figura 1.2: Configuração Típica Célula Corona.

A Figura 1.2 mostra a configuração de uma célula corona onde esta consiste em dois eletrodos metálico pólo negativo e dielétrico pólo positivo, separados por um fosso cheio de gás. O ozonizador tipo corona é geometricamente semelhante a um capacitor. Nesse tipo de configuração a aplicação de uma elevada diferença de potencial alternada provoca passagem e elétrons (arco elétrico) pelos dois pólos (eletrodos) da corona cuja energia é parcialmente absorvida pelas moléculas de oxigênio podendo assim resultar na

formação de ozônio, sendo que o restante da energia é dissipada na forma de calor (efeito joule) [32].

O processo descarga de corona tem como forma viabilizar a forma de produção de ozônio, uma vez que esse método é barato e pode produzir em grande escala.

Os outros métodos, fotoquímico e eletroquímico não são viáveis para a produção de ozônio nesse trabalho, pois são métodos mais caros. A intenção do trabalho é aplicar um método de produção de ozônio barato e que seja viável para os produtores de morangos.

2.0 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O principal objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do tratamento de ozônio sobre a qualidade dos morangos pós-colheita por tratamento de imersão em água ozonizada, utilizando-se um reator de baixo custo. Alterações nos parâmetros de qualidade diversos, tais como composição centesimal, sólidos solúveis, pH, acidez total titulável, ácido ascórbico, fenólicos totais e atividades microbiológicas foram avaliadas durante a vida pós-colheita desses frutos tratados com água ozonizada.

2.2. Objetivo Específico

- Adequar gerador de ozônio de baixo custo;
- Construção de um reator de baixo custo para melhorar a eficiência do transporte de massa do meio gasoso para o meio aquoso;
- Otimizar os parâmetros para aumentar a concentração de ozônio em água;
- Caracterizar quimicamente os frutos dos morangos tratados com ozônio ao longo do armazenamento;
- Avaliar a composição centesimal dos frutos estudados;
- Avaliar os sólidos solúveis e pH, acidez total titulável, ácido ascórbico, análise microbiológica e fenólicos totais dos frutos ao longo do armazenamento;
- Avaliar o efeito do tratamento do ozônio em relação análise microbiológica;

3.0 METODOLOGIA

3.1 Confeção do Reator

A Figura 2.1 mostra o conjunto experimental utilizado para produção do ozônio. O reator é um sistema constituído por um (1) purificador de ar (responsável pela produção do Ozônio), (2) difusor (sistema poroso formador de bolhas), (3) bomba de vácuo e ar comprimido e (4) coluna de borbulhamento de PVC.



Figura 2.1: Sistema utilizado para obtenção da água ozonizada.

O purificador utilizado, aparelho OZONIC® MINI 220V, é um gerador que produz o ozônio (O_3) através da passagem do oxigênio (O_2) no seu interior pelo efeito corona, o qual possui capacidade máxima de produção de ozônio de 1g/hr.

O difusor foi montado com base no modelo difusor de disco, que produz bolhas de tamanho médio/pequeno. Ele é composto de um suporte na forma de “sorvete” inox acoplado a um aerador feito de areia peneirada e cola super bonder®.

Para a montagem do aerador, foi selecionado tipo de areia fina com diâmetro dos grãos entre 0,05 a 0,42 mm, muito utilizada em construção civil [33].

Foi feita a peneiração dessa areia, a fim de se obter o cascalho que sobra da peneiração (grãos maiores). Então esses grãos foram armazenados em um suporte de PVC para ser feita a aplicação da cola, que tem como objetivo fazer a junção desses grãos.



Figura 3.2: Aerador feito de areia peneirada e cola super bonder®.

A coluna de bolhas de PVC foi montada com o objetivo de se obter uma maior eficiência na dissolução do gás na água. Ela possui dimensões (1,80 cm de altura e 6 cm de diâmetro) e capacidade de volume 5,09 L . É nela onde ocorre o borbulhamento da água e tem como função armazenar a água ozonizada.

A montagem do reator então foi concluída fazendo a conexão de toda aparelhagem. Primeiramente foi feita a conexão do purificador com a bamba através de uma mangueira. Colocou-se uma das extremidades da mangueira na saída de ar do purificador e a outra extremidade na entrada de ar da bomba. Utilizou-se outra mangueira pra fazer a conexão da saída de ar da bomba com o difusor. Colocou-se uma das extremidades da mangueira ligada à saída de ar da bomba e a outra ligada ao difusor.

O purificador e a bomba ficaram na parte superior da prateleira para que não houvesse a possibilidade do refluxo de água. A coluna de borbulhamento ficou presa a lateral da prateleira.

3.1.1. Determinação do ozônio em meio aquoso

Para verificar a concentração do ozônio na água utilizou-se um espectrofotômetro (VARIAN UV-Vis). Foram feitas uma leitura com tempo de ozonização na água de 10 minutos. Fez-se a leitura utilizando uma cubeta de quartzo de 1 cm.

Após a ozonização da água durante um tempo 10 minutos, foi calculada a concentração de ozônio na água com base na lei de Lambert Beer. O valor da absorvância foi de 0,100. Considerando a absorvância molar da água igual a 2900 e o caminho óptico da cubeta de 1 cm, foi calculada a concentração de ozônio na água através da equação 7.

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c \quad (7)$$

A – absorvância; ϵ – absorvância molar; b – caminho óptico c – concentração

Substituindo os valores mencionados, na equação 7 tem-se que o valor da concentração de ozônio na água é 1,65 ppm.

3.2. Obtenção e preparo do material

Foram utilizados morangos da variedade *Oso Grande*, colhidos na região de Datas-MG. Os morangos foram colhidos no dia 28 de abril de 2011 e imediatamente transportados, em veículo sem refrigeração para o Laboratório de Pesquisas em Eletroquímica e Química Ambiental do Departamento de Química da Faculdade de Ciências Exatas da UFVJM, em Diamantina-MG, distante 30 Km do local de colheita.

No laboratório, os morangos sadios e sem danos foram pesados em balança BEL ENGINEERING 220V em embalagens contendo capacidade de aproximadamente 200g, totalizando 18 embalagens.



Figura 3.3: Pesagem dos Morangos pós-colheita para serem embalados.

Os morangos foram separados e identificados pelos seguintes tratamentos, imersão por 10 minutos na água ozonizada e o controle (sem a imersão na água ozonizada).

No tratamento de imersão, a água foi ozonizada durante 10 minutos, e logo após os morangos foram imersos ficando por um período de 10 minutos. Depois da imersão, foi feita a drenagem da água com auxílio de uma tela, e logo após os morangos foram levados para outro recipiente com papel absorvente para que houvesse garantia da secagem por completo.

Foi feita embalagem em bandejas de PVC com dimensões (0,50cm de espessura e as dimensões de 11,50cm x 19,00cm x 4,00cm) e cobertos com filme plástico e codificados. As embalagens foram denominadas especificamente com a letra T (que refere-se ao tempo de refrigeração) e os números 0, 5, 10 e 15 (referente aos dias de refrigeração), sendo um controle (não imerso na água ozonizada) para cada dia de refrigeração.



Figura 3.4: Diferentes etapas do tratamento dos morangos.

As amostras foram levadas para o laboratório Tecnologia Biomassa Cerrado – LTBC da UFVJM em Diamantina-MG, onde os morangos foram armazenados sob uma temperatura 4 °C em uma câmara (TECNAL). Foram realizadas análises físico-químicas e químicas ao longo do armazenamento, descritas:

3.3. Composição centesimal

A composição centesimal foi dividida em umidade, cinzas, extrato etéreo, fibras e proteína. Foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela Association Of Official Analytical Chemists. Official Method of Analysis AOAC. [34], sendo os carboidratos totais determinados por diferença:

$$\text{Carboidratos} = 100 - \sum \text{demais frações} \quad (8)$$

3.3.1. Umidade

Pesou-se a amostra, em um cadinho foi feita a calcinação desta. A umidade foi determinada em estufa com circulação de ar forçada até o peso constante [35].

$$\text{Cálculo da umidade: \% umidade} = \mathbf{P} - p \times 100 \quad (9)$$

P = peso do alimento; **p** = peso do alimento seco.

3.3.2. Fração Protéica

Pesou-se três amostras, as quais foram secas e desengorduradas. Transferiu-se o conjunto (amostra e papel) para tubos de ensaio. Adicionou-se aos tubos 0,1 g de K_2SO_4 , 0,05g de CuSO_4 e 4mL de H_2SO_4 . Colocou-se para digerir em um bloco digestor e posteriormente levou-se as amostras para o aparelho destilador. Adicionou-se 15 mL de solução de NaOH. Destilou-se e pipetou-se 10 mL de solução de ácido bórico em elermayers até a mudança de cor [36].

3.3.3. Cinzas

Pesou-se a amostra dessecada em triplicata em cadinho calcinado. Iniciou-se a incineração lentamente em bico de gás, procurando aquecer lentamente todas as faces do cadinho. Transferiu-se o cadinho para mufla 550°C. Esperou-se o resfriamento da mufla (50-80°C) para retirar as amostras. Esperou-se resfriar cerca de 1 hora e pesou-se o material [35].

3.3.4. Extrato Etéreo

Pesou-se três amostras do material dessecado, e transferiu-se para o cartucho cobrindo a amostra com algodão. Utilizou-se um aparelho Soxhlet com éter etílico e balão de fundo chato previamente dessecado. Extraíu-se por cerca de 4 horas. Evaporou-se o solvente (30 minutos) e colocou-se em um balão com resíduo em estufa ventilada a 105 °C [36].

3.3.5. Fibra Bruta

Pesou-se três amostras desengorduradas em tubo tecnal. Adicionou-se de ácido tricloroacético e em capela, adicionou-se ácido nítrico. Colocou-se em refluxo em bloco digestor por 30 minutos, filtrou-se em cadinho e lavou-se com água destilada quente. Procedimento feito até que se alcançasse o peso constante [35].

3.4. Sólidos solúveis e pH (SS e pH)

Os sólidos solúveis foram determinados com auxílio de refratômetro de bancada, a partir de três gotas de amostra filtrada em papel filtro, expressando-se os resultados em °Brix. O pH foi determinado por potenciometria e medido após imersão direta do eletrodo de vidro no extrato preparado para determinação da Acidez total [36].

3.5. Acidez total (AT)

Fez-se a leitura do pH da polpa antes de ser fazer a análise da acidez total titulável. Inicialmente preparou-se um extrato diluindo-se 5g da amostra homogeneizada em 30 mL de água, seguido por agitação por 15 minutos. Determinou-se o teor de ácidos tituláveis através da titulação de 10mL do filtrado com NaOH 0,1mol/L padronizado e 3 gotas de indicador fenolftaleína, sendo os resultados expressos em percentual de ácido cítrico por 100g de amostra [36].

3.6. Determinação de Ácido Ascórbico

A determinação do ácido ascórbico foi efetuada empregando-se o método proposto por Strohecker et al [37].

Inicialmente preparou-se o extrato. Para isso tomou-se 5 g da amostra do morango previamente triturado. Completou-se o volume em uma proveta de 50 ml com ácido oxálico a 0,5 % e este foi transferido para um erlemneyer de 125 ml contendo 0,1 g de kiesselgur para clarificar o filtrado. Esta mistura foi levada para um agitador por 1 hora. Após esse período fitrou-se a amostra em papel de filtro.

Para determinação do ácido ascórbico tomou-se 1 mL do extrato, juntamente com 3 mL de ácido oxálico 0,5% com 3 gotas de Solução de 2,6-Diclofenol-indofenol (DFI) a 0,25%, 1 mL de Solução de 2,4-DNPH a 2 % e uma gota de solução de Solução de tiouréia a 10 %. Posteriormente, levou-se os tubos para banho maria por 3 horas a 30

°C. Após este período os tubos foram resfriados em banho de gelo e adicionou-se 5 mL de H₂SO₄ a 85%. Os tubos permaneceram no banho de gelo durante esta etapa para evitar a carbonização. Após esta etapa retirou-se os tubos do banho de gelo e aguardou-se para que os mesmos resfriassem até a temperatura ambiente. Foi feita a leitura em espectrofotometro a 520 nm. Foi construída uma curva analítica utilizando-se uma solução de ácido ascórbico 1000 mg L⁻¹. Os padrões foram tratados da mesma forma que o extrato.

3.7. Determinação Fenólicos Totais

A determinação dos fenólicos totais foi efetuada empregando-se o método proposto por Zhishen et. al. [38].

Inicialmente preparou-se o extrato. Para isso tomou-se 5,0 g da amostra homogeneizada e adicionou-se 50 mL de metanol 80%. Este foi agitado por 4 horas. Posteriormente cerca de 10 mL desta amostra foi centrifugada por 5 minutos a 1400 rpm.

Para a determinação dos fenóis totais, tomou-se 400 µL do extrato adicionou-se 400 µL do reagente de Folin, aguardou-se um tempo de 5 minutos e ajustou-se o volume do balão para 10 mL e posteriormente adicionou-se 4000 µL de solução de carbonato de sódio a 7%. Fez-se a leitura da absorbância em 750 nm, utilizando-se uma cubeta de quartzo e 1 cm ótico e um em espectrofotômetro (UV mini – 1240, SHIMADZU). Foi feita uma curva analítica utilizando-se padrões de ácido gálico 100 mg/L.

3.8. Análise microbiológica

3.8.1. Preparo do Àgar

Após levar os materiais a autoclave para a esterilização, acidificou-se os mesmos com ácido tartárico. Pipetou-se 5 mL no Àgar do tipo PDA e verificou-se se o pH estava próximo de 3,5.

3.8.2. Preparo da Amostra

Limpou-se o recipiente com os morangos e colocou-se dentro da capela. Nesta colocou-se uma balança esterilizada com álcool 70%, a solução salina, os bastões, béquer e a placa. Retirou-se os talos dos morangos e pesou-se 25 g de cada amostra, dentro de um saco estéril. Macerou-se os morangos e acrescentou 225 mL de solução salina (diluição de 10^{-1} mol.L⁻¹). Em seguida, retirou-se 1 mL da solução salina (10^{-1} mol.L⁻¹) e colocou-se 9 mL de solução salina (diluição 10^{-2} mol.L⁻¹) agitou-se no vortex.

Da solução 10^{-2} mol.L⁻¹, retirou-se 1 mL e colocou-se em outro tubo com 9 mL de solução salina (diluição 10^{-3} mol.L⁻¹) e agitou-se no vortex.

Inoculou-se nas placas as seguintes diluições e colocou-se as placas na inoculadora a 29°C. Fez-se a contagem durante 5 dias principalmente nos 3 primeiros dias.

3.9. Análise Estatística

Todas as medidas foram feitas em triplicata. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para verificar quais tratamentos diferiram, foi aplicado o teste de Tukey para realizar comparações pareadas das médias dos tratamentos, estabelecendo-se o nível mínimo de significância de 5% ($p \leq 0,05$). Utilizou-se o software SASInstitute.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Construção do Reator

O desenvolvimento do reator de baixo custo teve como principal objetivo atender as necessidades dos produtores de morangos da região do Alto Jequitinhonha visando aumentar o tempo de vida dos frutos.

A concentração do ozônio no meio reacional é dependente da velocidade da transferência de massa do ozônio na interface gás/líquido. Do ponto de vista dinâmico, a velocidade do processo de dissolução do O_3 em fase aquosa é proporcional ao fluxo da mistura O_2/O_3 introduzida no reator em coluna, já que a constante da velocidade de transferência de massa tende a aumentar com a elevação do fluxo volumétrico dos gases. Outro aspecto importante no processo da ozonização é o fato do pH da solução influenciar na composição química do meio reacional em decorrência da decomposição do O_3 dissolvido em espécies radiculares altamente reativas [39].

A forma mais efetiva de aumentar a velocidade da transferência de massa durante a ozonização está fundamentada no aumento da área interfacial disponível para o transporte de massa. Este pode ser efetuado promovendo a redução do tamanho médio das bolhas de gás que são dispersas em solução e do aumento no seu tempo de residência. Assim, a velocidade da transferência de massa será máxima quando uma dada massa da mistura gasosa (O_2/O_3) for introduzida na coluna de líquido formando um grande número de pequenas bolhas, aumentando assim ao máximo a área da zona reacional localizada na interface gás/líquido [39].

No purificador, houve algumas modificações para que se tivesse uma garantia que todo ozônio produzido fosse para a coluna de borbulhamento. Primeiramente, acoplou-se na sua saída de ar uma tampa de plástico com um bico em seu centro para direcionar o gás para bomba, essa tampa foi parafusada e vedada com cola silicone. Tampou-se a entrada de ar do purificador e fez-se um orifício na parte superior (entrada de ar), e então vedou-se a lateral com cola silicone para que não ocorresse o vazamento. Com essas modificações foi observado o aumento da concentração do ozônio na água.

Na coluna de borbulhamento, foi adaptada em seu interior, uma coluna de esferas de vidro, que tem como função aumentar o percurso das bolhas que saem do difusor.

4.2. Parâmetros Físico-Químicos

4.2.1. Composição centesimal

A Tabela 4.1 mostra os valores da composição centesimal dos morangos utilizados.

Tabela 4.1 - Composição centesimal (g.100.g-1) dos frutos utilizados, colheita dos morangos feita em 28 de abril de 2011, no município de Datas – MG.

Composição Centesimal dos Morangos ¹	
Umidade	91,82 ± 0,50
Proteínas	0,67 ± 0,13
Cinzas	0,37 ± 0,07
Extrato Etéreo	0,33 ± 0,10
Fibras	0,61 ± 0,17
Carboidrato	6,83 ± 0,47

¹Médias de três repetições ± desvio padrão

Como pode ser observado na Tabela 4.1, a quantidade média de proteína encontrada nas amostras foi igual ao valor descrito pela USDA [40]. O valor de extrato etéreo encontrado também está de acordo com a literatura, assim como a quantidade de cinzas, fibras e carboidratos que estiveram no mesmo patamar da USDA [40] e pela UNICAMP [40]. Já o teor de umidade obtido, 93,08%, está de acordo com o encontrado por Condenunsi et al. [42].

De acordo com os dados da tabela de composição química dos alimentos da USDA e UNICAMP [39-40] em g/100g, a quantidade de proteínas em morangos é 0,67 de polpa; o teor de extrato etéreo é de 0,3 e o de cinzas é 0,4. O valor de fibras dado por [40] é de 0,6 e o teor de carboidratos é de 6,8. Já para o USDA [40] relatam um valor de 7,68.

4.2.2. Sólidos Solúveis e pH

O teor de sólidos solúveis é uma característica de interesse para frutos comercializados *in natura*, pois o mercado consumidor prefere frutos mais doces [42].

As características referentes ao teor de sólidos solúveis em função do tratamento com imersão na água ozonizada e o tempo de armazenamento encontram-se na (Tabela 4.2). Não foi observada alteração significativa nos níveis de sólidos solúveis em relação ao tratamento com imersão. E ao longo dos dias, exceto no 15º dia com imersão houve uma variação significativa durante o armazenamento devido ao amadurecimento dos frutos. Neste trabalho, o aumento significativo dos Sólidos Solúveis ao longo do tempo de armazenamento deve-se a elevação do metabolismo dos frutos, aumentando assim a conversão dos ácidos em açúcares. De acordo com Kluge et al. [43], após o armazenamento prolongado o teor de açúcares decresce.

Tabela 4.2 - Sólidos solúveis °Brix submetidos ao tratamento de imersão na água ozonizada em diferentes tempos de tratamentos⁽¹⁾ em morangos (*Fragaria anassa* cv. *Oso Grande*), cultivados na região do Alto Jequitinhonha, colheita dos morangos feita em 28 de abril de 2011, no município de Datas – MG.

Tratamento	Tempo (dias)			
	0	5	10	15
Sem imersão	7,00 aA	6,90 aA	7,20 aA	6,90 aA
Com imersão	7,13 aA	6,90 aA	6,50 aA	6,80 aB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve uma diminuição do teor de sólidos solúveis com o decorrer do tempo de armazenagem, pois os frutos utilizam açúcares como fonte de energia para manter a atividade metabólica. Os níveis de açúcares que constituem os sólidos solúveis totais podem variar com o estágio de amadurecimento do morango, sendo os sólidos solúveis totais um bom indicador dos níveis de açúcares, para que isso ocorra deve-se considerar o tipo de cultivo e o manuseio pós-colheita.

A determinação do pH dos frutos é importante na definição da finalidade de uso das cultivares, pH em torno de 4. Para consumo do morango *in natura* tem-se preferência por frutas mais adocicadas [44].

Foi observado alterações significativas no pH dos frutos em função do tratamento de imersão e do tempo de armazenamento como visto na tabela (Tabela 4.3).

Tabela 4. 3 - Valores de pH dos morangos (*Fragaria anassa* cv. *Oso Grande*), cultivados na região do Alto Jequitinhonha, submetidos ao tratamento de imersão na água ozonizada, medições analisadas em diferentes tempos de armazenamentos, colheita dos morangos feita em 28 de abril de 2011, no município de Datas – MG.

Tratamento	Tempo (dias)			
	0	5	10	15
Sem imersão	3,19 aA	3,34 aA	3,40 aA	3,36 aA
Com imersão	3,14 aB	3,33 aB	3,23 bB	3,32 bB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Pode-se observar que os valores de pH do morango no tratamento sem imersão foi maior que o com imersão e observou-se que essa diferença nos valores do pH pode ser atribuída pelo tempo de armazenamento, uma vez que os ácidos orgânicos, principalmente o cítrico e málico em morangos, tendem a decrescer em virtude da sua utilização, como substrato para a síntese de açúcares [45].

4.2.3. Acidez total titulável

Os ácidos orgânicos presentes nos frutos, em balanço com os teores de açúcares, representam um importante atributo de qualidade. Muitos desses ácidos são voláteis, contribuindo dessa forma para o aroma característico das frutas [46].

De acordo com os valores apresentados na (Tabela 4.4), constatou-se que o tratamento com imersão na água ozonizada e o período de armazenamento ocasionaram alterações significativas.

Tabela 4.4 - Teor de ácido cítrico em morangos (*Fragaria anassa* cv. *Oso Grande*), cultivados na região do Alto Jequitinhonha, submetidos ao tratamento de imersão na água ozonizada, teor analisado em diferentes tempos de armazenamentos, colheita dos morangos feita em 28 de abril de 2011, no município de Datas – MG.

Tratamento	Tempo (dias)			
	0	5	10	15
Sem imersão	0,72 bA	0,70 aA	0,68 bA	0,67 bB
Com imersão	0,76 aB	0,74 aA	0,72 aA	0,70 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Pode-se observar que os frutos do tratamento sem imersão apresentaram menor teor de ácido cítrico com o decorrer dos dias de armazenamento quando comparados aos frutos do tratamento com imersão. Os ácidos orgânicos tendem a diminuir, em virtude da utilização dos mesmos como substrato para a respiração [7], sendo este comportamento observado no experimento, e como o tratamento por imersão reduziu a atividade metabólica, os frutos apresentaram maior acidez titulável em relação ao tratamento controle [47]

4.2.4. Acido Ascórbico

Um consumo diário de 300 a 400 mg de vitamina C (5 a 7 vezes a RDA de 60 mg) pode ajudar a prolongar a vida. Em um estudo, 11.348 adultos, com idades entre 25 e 74 anos, foram examinados durante o período de 1971 a 1974 e acompanhados até 1984. O grupo de indivíduos que consumiu cerca de 300 a 400 mg de vitamina C diariamente, quando comparado ao que consumiu menos de 50 mg, apresentou uma incidência de 42% menor ocorrência de óbitos de variada natureza e 45% menor ocorrência de óbitos por doenças cardíacas. Isto significou uma expectativa maior de vida de até seis anos para homens e de um ano para mulheres. A vitamina C age como um varredor de radicais livres e de antioxidantes. Os radicais livres atacam lipídios, carboidratos, proteínas, enzimas e DNA, causando oxidação e alterações que podem

gerar lesão celular. O ácido ascórbico é um dos antioxidantes protetores e agentes redutores mais importantes do organismo. Eles reduzem a ação dos radicais livres, minorando-lhes possíveis prejuízos [48].

A estrutura química do ácido ascórbico assemelha-se a de um monossacarídeo, apresentando extraordinário poder redutor, devido a sua configuração dienólica, $C(OH)=C(OH)$, redutona ou enediol. O ácido ascórbico pode ser facilmente oxidado a dehidroascórbico, que também apresenta atividade vitamínica [47-48].

Os valores de ácido ascórbico (MG por 100 g de amostra) obtidos (Tabela 4.5), entre 78,84 – 90,46, estão de acordo com os valores médios encontrados para os morango dessa variedade *Oso Grande*, em torno de 70 mg [46]. Alguns autores reportaram valores médios de 59,4 – 64,0. Essas variações podem ser decorrentes dos métodos de cultivos utilizados, região e também da variedade do morango estudada.

Tabela 4.5 - Teor de ácido ascórbico em morangos (*Fragaria anassa* cv. *Oso Grande*), cultivados na região do Alto Jequitinhonha, submetidos ao tratamento de imersão na água ozonizada, teor analisado em diferentes tempos de armazenamentos, colheita dos morangos feita em 28 de abril de 2011, no município de Datas – MG.

Tratamento	Tempo (dias)			
	0	5	10	15
Sem imersão	88,66 aA	87,77 aA	85,16 aA	78,84 aA
Com imersão	86,06 aA	84,15 aA	83,46 aA	82,88 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Não houve uma variação significativa com o tratamento com imersão e no tempo de armazenamento. Apesar da ausência de significância estatística, em ambos os tratamentos, houve diminuição dos teores de vitamina C, porém no tratamento com imersão a diminuição foi menor, o que significa que o estado de conservação dos morangos foi melhor, mantendo suas características fisiológicas e nutricionais [50]. Considerando que a determinação do conteúdo de ácido ascórbico nos frutos é

importante, pois, sendo a vitamina mais susceptível à degradação, sua presença no alimento indica que provavelmente os demais nutrientes também estão sendo preservados.

4.2.5. Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos são facilmente oxidáveis, tanto através de enzimas vegetais específicas quanto por influência de metais (como ferro e manganês), da luz e do calor, ou em meio alcalino, ocasionando o escurecimento de suas soluções ou dos compostos isolados.

O teor médio para o tratamento e tempo de armazenamento pode ser observado na (Tabela 4.6). Os dados mostram que não houve uma variação significativa de compostos fenólicos em relação ao tratamento com imersão na água ozonizada.

Os fenólicos são compostos oriundos do metabolismo secundário das plantas, são biologicamente ativos e cerca de 8000 compostos são conhecidos, sendo simples fenólicos a estruturas poliméricas, os polifenóis. Os fenólicos simples contém o grupo carboxílico na molécula e são designados de ácidos fenólicos [51].

A presença de grande quantidade de fenólicos na dieta acarreta efeitos negativos. No entanto, o consumo de vegetais ricos em fenólicos diminuem a incidência de doenças cardiovasculares em ratos. Há relatos também que os fenólicos estabilizam processos oxidativos, favorecem a proteção antimicrobiana, efeitos antimutagênicos, anticarcinogênico [50-52].

O teor médio para o tratamento e tempo de armazenamento pode ser observado na (Tabela 4.6). Os dados mostram que não houve uma variação significativa de compostos fenólicos em relação ao tratamento com imersão na água ozonizada

Tabela 4.6 - Teor de compostos fenólicos em morangos (*Fragaria anassa* cv. *Oso Grande*), cultivados na região do Alto Jequitinhonha, submetidos ao tratamento de imersão na água ozonizada, teor analisado em diferentes tempos de armazenamentos, colheita dos morangos feita em 28 de abril de 2011, no município de Datas – MG.

Tratamento	Tempo (dias)			
	0	5	10	15
Sem imersão	147,11 aA	139,13 aA	130,24 aA	118,12 aA
Com imersão	126,66 aA	115,40 aA	123,73 aA	131,59 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Apesar da ausência de significância estatística, pode-se observar que para o tratamento sem imersão, houve uma diminuição dos compostos fenólicos. Para o tratamento com imersão observa-se um pequeno aumento na quantidade de compostos fenólicos, o que significa que o estado de conservação dos morangos foi melhor, mantendo suas características fisiológicas e nutricionais.

4.2.6. Análise Microbiológica

A Tabela 4.7 mostra os resultados das análises microbiológica do morango tratado após 0, 5, 10 e 15 dias.

Analisando os resultados dos bolores e leveduras, e comparando-os com a legislação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) [52], para polpas de frutas “in-natura”, congeladas ou não, uma vez que não foi encontrada uma legislação para esse tipo de micro-organismo, específica para o fruto morango, pode-se perceber quanto ao morango do tratamento sem imersão e os tratados com imersão, apresentaram valores bastante semelhantes nos tempos iniciais. O morango do tratamento sem imersão de maneira geral apresentou estabilização dos níveis de bolores e leveduras durante o período de armazenamento. As amostras tratadas com imersão tiveram seus níveis aumentos nos tempos 10 e 15 dias em relação ao controle, podendo

ser justificado pela concentração de ozônio em água que não foi suficiente para evitar o crescimento dos mesmos.

Tabela 4.7 - Contagem de bolores e leveduras de morangos tratados com água ozonizada (UFC/cm²) em diferentes tempos.

Tempo (dias)	Tratamento	
	Sem imersão	Com imersão
0	8,7 x 10 ⁴	1,1 x 10 ⁴
5	2,4 x 10 ⁴	1,8 x 10 ⁴
10	8,0 x 10 ⁴	1,1 x 10 ⁵
15	5,9 x 10 ⁴	5,1 x 10 ⁵

Outra possível indicação do aumento é que os morangos foram imersos em solução e foram secos, só que essa secagem não foi suficiente para evitar a presença de umidade. Isso contribuiu para o crescimento de leveduras e bolores.

As análises de coliformes apresentaram valores não significativos para todos os ensaios de acordo com a legislação RDC 21, 2000 para morangos.

4.3. Aspectos físicos dos morangos

Foi analisada a questão da estrutura física dos morangos em relação ao tratamento de imersão e o tempo de armazenamento. Foi observada a lesão mecânica sofrida, coloração (perda do brilho) e crescimento de microrganismos.

Os morangos interessados para a observação das alterações físicas foram circulados para o melhor entendimento. O morango circulado de amarelo teve alteração no brilho, com o passar do tempo de armazenamento ele foi perdendo o seu brilho característico, devido a perda de água, fazendo com que o fruto ficasse ressecado. O morango circulado de verde teve alteração no quesito lesão mecânica, com a movimentação do papel filme, houve algumas pequenas lesões na superfície do morango. E por fim, no morango circulado de preto, houve o crescimento de microrganismos, com passar do tempo de armazenamento os frutos ficaram menos

protegidos devido a diminuição do efeito do ozônio a estes microorganismos, resultando o crescimento destes (aparecimento do mofo).

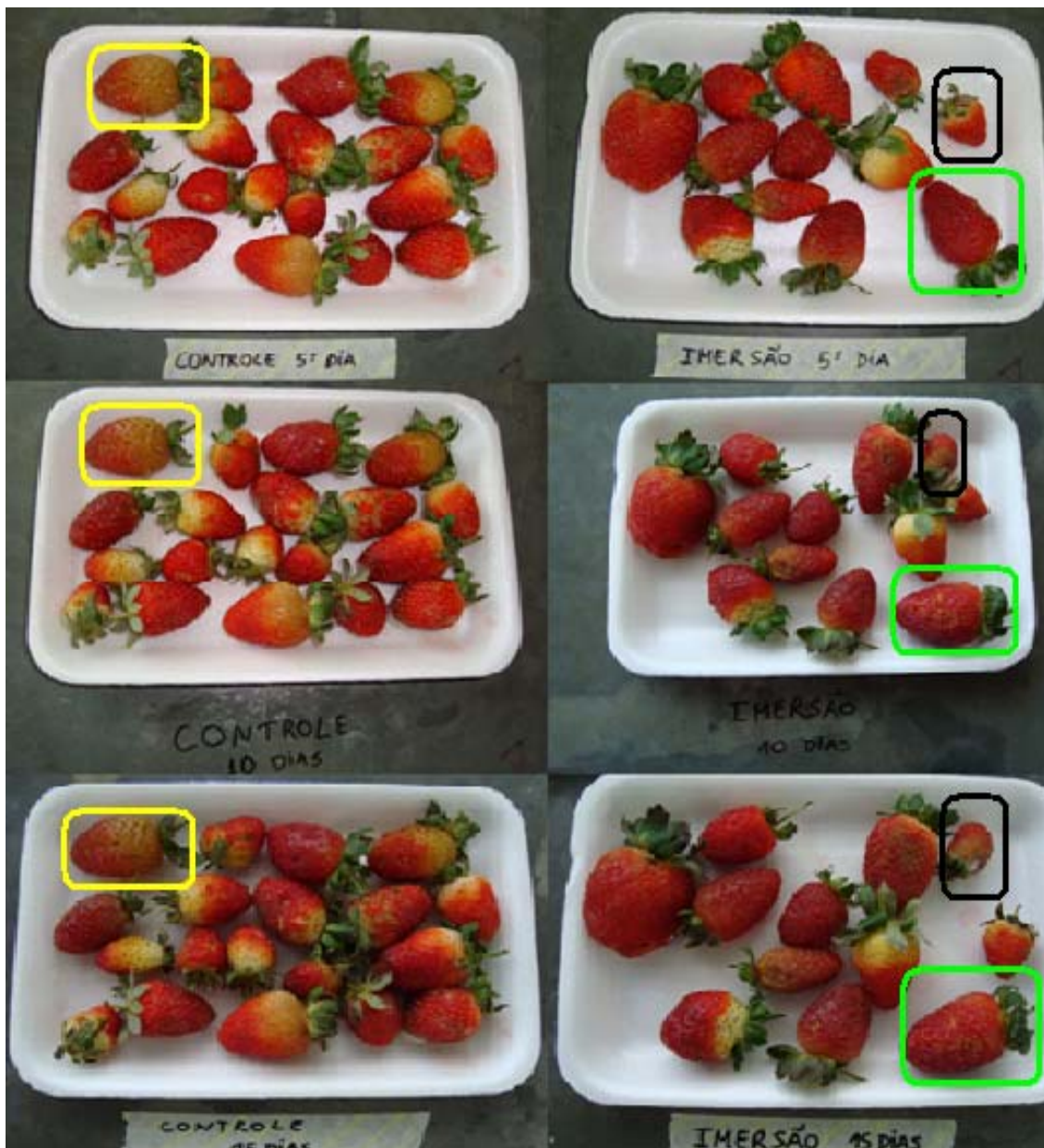


Figura 4.1: Estado de conservação dos morangos nos tempos de 5, 10, e 15 dias.

5.0. CONCLUSÃO

Nas condições em que os experimentos foram realizados, pode-se concluir que:

- A construção e otimização do reator, teve os resultados esperados, uma vez que existiam limitações para a maior eficiência do reator.
- Na análise dos parâmetros físico-químicos dos morangos, o tratamento de imersão seguido de refrigeração, em relação composição centesimal teve resultado significativo, uma vez que os valores obtidos estavam de acordo com a literatura.
- O tratamento por imersão em água ozonizada não provocou mudanças nos valores de °Brix, ácido ascórbico, fenólicos pectina total e solúvel, pois não foram verificadas diferenças entre o controle e as amostras submetidas às diferentes doses de irradiação. Nesses parâmetros, o tempo de armazenamento prevaleceu sobre o tratamento em relação à conservação dos parâmetros de qualidade. No entanto, observou-se de uma maneira geral que houve uma menor atividade metabólica e conservação das propriedades nutricionais.
- Nos outros parâmetros analisados, o tratamento de imersão foi efetivo na análise de acidez total titulável e pH, onde houve uma diferença entre o controle. No teor de ácido cítrico houve variação nos tempos de 0, 10 e 15 dias, com o tempo de armazenamento houve variação nos tempos 0 e 15 dias. No pH, houve variação a partir do 5º dia, o mesmo aconteceu com o tempo de armazenamento, houve variação a partir do 5º dia de armazenamento.
- Na análise microbiológica não houve diferença significativa entre tratamento de imersão com o controle, mostrando que esse tratamento não foi efetivo para a atividade microbiológica e que esse tratamento mantém a qualidade dos morangos por cinco dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Padovani, M.I. Morango: o delicado e saboroso fruto da integração dos povos. São Paulo: Ícone, 1991. 68p. (Coleção Brasil Agrícola).
- [2] Filho, W. P. C.; Camargo, F. P. Análise da produção de morango dos estados de São Paulo e Minas Gerais e do mercado da CEAGESP. *Informações Econômicas*, 2009, 39(5), 42-50.
- [3] Oliveira, R.P.; Nino, A.F.P.; Silva, F. O. X.; Brahm, R.U. Produção de Matrizes de Morangueiro por meio de Cultura de Tecidos. *Embrapa Clima Temperado Sistemas de Produção*, 7. Versão Eletrônica Nov./2005.
- [4] Antunes, L.E.C.; Duarte Filho, J.D.; Calegario, F.F.; Costa, H.; Reisser Junior, C. Produção integrada de morango (PIMo) no Brasil. In: Morango: conquistando novas fronteiras. *Informe Agropecuário*, 2007, 28(236), 34-39.
- [5] Caderno Agropecuário. “Estado de Minas”. 6 de abril de 2009.
- [6] Junior, L.C.C. “Atmosfera controlada na conservação de morangos”. São Paulo. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia). Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- [7] Wills, R.B.H.; Kim, G.H. Effect of ethelenyon postharvest life strawberries. *Postharvest Biology and Tecnology*, Wageningen, v.6, n.3/4, p. 249-255, 1995.
- [8] Kader, A.A. *Postharvest technology of horticultural crops*. 2. ed. Oakland: University of California, 1992. 296 p.
- [9] Nunes, M.C.N.; Brecht, J.K.; Morais, A.M.M.B.; Sargent, S.A. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology*, 1995, 6, 17-28.
- [10] El-Kazzaz, M.K.; Sommer, N.F.; Fortlage, R.J. Effect of different atmospheres on postharvest decay and quality of fresh strawberries. *Phytopathology*, 1983, 73(2), 282-285.
- [11] Perez, A.G.; Sanz, C.; Ríos, J.J.; Olías, R.; Olías, J.M. Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality. *J. Agric. Food Chem.* 1999, 47, 1652-1656.
- [12] Hardenburg; W.; Wang, C.Y. *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist, and nursery stoks*. Washington: USDA, 1986.130p. Agriculture Handebook,66.

- [13] Calegario, J.M.; Pezzi, E.; Bender, R.J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. *Pesq. Agropec. Bras.* 2002, 37(8), 1049-1055.
- [14] Yamashita, F.; Veiga, G.F.; Benassi, M.T.; Roberto, S.R. Morangos embalados com filme de Popolicloreto de Vinila (PVC). *Semina: Ciência Agrárias*, 2006, 27(3), 429-436.
- [15] Françoso, I.L.T., Couto, M.A.L., Canniatti-Brazaca, S.G., Arthur, V. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 2008, 28(3), 614-619.
- [16] Rosen, J.C.; Kader, A.A. Postharvest physiology and quality maintenance of scliced pear and strawberry fruits. *Jornal of food Science*, Chicago, v.3, n.54, p.656-659, 1989.
- [17] Fonseca, S.C.; Oliveira, F.A.R.; Brecht, J.K. Modelling respiration of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering*, v. 52, p. 99-119, 2002.
- [19] Rice, R.G.; Farquar, J.W.; Bolliky, J.L. Review of the applications of ozone for increasing storage times of perishable goods. *Ozone: Sci. Eng.* 1982, 4, 147-163.
- [20] Barth, M.M.; Zhou, C.; Mercier, J.; Payne, F.A. Ozone storage effects on anthocyanin content and fungal growth in blackberries. *J. Food Sci.* 1995, 60, 1286-1288.
- [21] Sarig, P.; Zahavi, T.; Zutkhi, Y.; Yannai, S.; Lisker, N.; Ben-Arie, R. ozone for control of post-harvest decay of table grapes caused by *Rhizopus stolonifer*. *Physiol. Mol. Plan. Pathol.* 1996, 48, 403-415.
- [22] Yao, C. C. D.; Haag, W. R.; *Wat. Res.* 1991, 25, 761.
- [23] Ullmann's; Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5ª Ed., Vch Verlagsgesellschaft (Germany), 1991, 415-419.
- [24] Graham, D. M. Use of ozone for food processing. *Food Technol.* 1997, 51, 72-75.
- [25] Norton, J.S; Charrig. A J.; Demoranville, I. E. The effect of ozone on storage of cranberries. *Proc. Am. Soc.Hortic. Sci.* 1968, 93, 792-796.
- [26] Schönbein, C. F.; *Comptes Rendus Hebd. Séances Acad. Sci.* 1840, 10, 706.
- [27] Langlais, B.; Reckhow, D.A.; Brink, D.R.; *Ozone in Water Treatment*. Application and Engineering, Lewis Publishers, Chelsea: Michigan, 1991.

- [28] Bailey, P. S.; *Ozonation in Organic Chemistry*, Academic Press: New York, 1978, Vol. 1, p. 8.
- [29] Kinman, R.N.; *Crit. Rev. Environ. Contr.* 1975, 5, 141.
- [30] Franco, D.V. (2005). “Investigação da eficiência da degradação oxidativa por via direta e indireta de corantes empregados na indústria têxtil com ozônio gerado eletroquimicamente”. Uberlândia. Dissertação (Mestrado em Química). Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia. 110pp.
- [31] Rosenthal, L. A., and D. A. Davis. ‘Electrical Characteristics of a Corona Discharge’ *IEEE/IAS 1A-11(3)* (1975)
- [32] James J. Carlins and Richard G. Clark. *Ozone Generation by Corona Discharge*, Union Carbide Corporation linde Division, Tonawanda, New York
- [33] <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=31&Cod=44>, acesso dia 25 de junho de 2011
- [34] Association Of Official Analytical Chemists. *Official Method of Analysis*. 18 ed. Washington, DC, USA, 2005.
- [35] Favier, *et al.* *Repertório geral dos alimentos: tabelas de composição*. São Paulo: Roca, 1999.
- [36] IAL - Instituto Adolfo Lutz. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. Ed. São Paulo, 2005. 1018p
- [37] Strohecker, R.; Henning, H. N. *Análisis de vitaminas: Métodos comprobados*. 532p. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.
- [38] Zhishen, J., Mengcheng, T. Jianming, 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and the scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry* 64: 555-559.
- [39] Almeida, E. et al. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio. *Quimica Nova*, v.27, n5, p. 818-824, 2004. 5.
- [40] USDA -United States Department of Agriculture. Tabela de composição química de alimentos. Disponível em:
<<http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri/nutri.php?id=2245>>. Acesso em: Junho/2011.
- [41] UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas. Tabela brasileira de composição de alimentos. Disponível em:
http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_versao2.pdf > Acesso em: Junho/2011.

- [42] Cordenunsi, B. R. et al. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, n. 9, p. 2581 -2586, 2002.
- [43] Kluge, R. A. et al. *Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado*. Livraria e Editora Rural. 2 ed. Campinas, 2002. 214p.
- [44] Vieites, R. L., Evangelista, R. M., Silva, C. D. S., Martins, M. L. Conservação do morango armazenado em atmosfera modificada. *Semina: Ciências Agrárias* [S.I.], v. 27,
- [45] Chitarra, M. I. F., Chitarra, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- [46] Calegano, J. M.; Pezzi, E.; Bender, R. J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 8, p. 1049-1055, 2002.
- [47] Quinato, Éricka Esteves; Degáspari, Cláudia Helena; VILELA, Regina Maria. Aspectos Nutricionais E Funcionais Do Morango. *Visão Acadêmica*, Curitiba, v.8, n.1, Jan. – Jun./2007 – ISSN: 1518-5192
- [48] Pinheiro, *et al.* Tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras. 5.ed. São Paulo: Atheneu, 2004
- [49] Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA-UNICAMP.-T113. Versão II. 2. ed. -- Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006.113p.
- [50] Singleton, V. L.; Rossi, J.A. Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Amer. J. Enol. Viticult.* v.16, p. 144-158, 1965.
- [51] Association of Official and Agricultural Chemists. *Official methods of analysis* 10th ed. Washington, 1965. P.744-45.
- [52] Legislação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).