

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**TIAGO DE JESUS SANTOS**

**EFICIÊNCIA DO HIDRORESFRIAMENTO ASSOCIADO A OZÔNIO E CLORO  
NA CONSERVAÇÃO DE MORANGO**

São Cristóvão - SE

Fevereiro/2023

TIAGO DE JESUS SANTOS

**EFICIÊNCIA DO HIDRORESFRIAMENTO ASSOCIADO A OZÔNIO E CLORO  
NA CONSERVAÇÃO DE MORANGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos

Orientador: Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi

São Cristóvão - SE

Fevereiro/2023

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiro a Deus, por me conceder a cada dia novas oportunidades de aprendizado independentemente dos obstáculos durante toda a graduação e durante a vida, pois sem eles, não seria capaz de estar onde estou hoje!

A minha mãe Rosineide, que nunca omitiu qualquer tipo de ajuda para qualquer escolha que eu fiz na minha vida. Mesmo de família humilde fez o possível e impossível para que eu pudesse chegar onde cheguei. Seus ensinamentos foram de grande valia em todos os quesitos.

A colaboração do professor e coorientador Paulo Roberto Gagliardi por conceder seu tempo e laboratório para preparo do material utilizado durante o trabalho.

Ao professor e orientador Marcelo que gentilmente me aceitou como seu aluno de TCC, que repleto de grande experiência e sabedoria auxiliou notavelmente na elaboração deste trabalho. Sempre muito prestativo e atencioso, me acolheu com ótimas orientações.

A professora Tatiana, pelos puxões de orelha e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional e pessoal, demonstrando muita paciência (as vezes não) durante todo esse tempo.

A todos os professores do curso de Engenharia de alimentos da UFS, pela convivência, auxílio e aprendizado que foi compartilhado.

Aos amigos que conquistei durante o período da graduação, em especial Euler e Yasmin, que além de grandes amigos, me auxiliaram durante todo processo experimental do projeto. Tenho grande consideração e carinho por vocês!

Enfim, não daria para citar todos aqui, muitos estiveram comigo durante esse período. Com certeza aprendi algo com cada um de vocês! Se foi um deles, obrigado!

## RESUMO

A cultura do morango vem crescendo e se tornando um importante fator econômico e social em todo o país. A comercialização do morango apresenta alguns desafios devido a sua alta perecibilidade e falta de processos adequados como temperatura e transporte. Por ser suscetível ao crescimento microbiológico, faz-se necessário a utilização de sanitizantes como uma das etapas de tratamento pós-colheita. Substâncias cloradas são usualmente utilizadas na indústria alimentícia, no entanto, por conta da formação de compostos indesejados, há a possibilidade da utilização do ozônio como agente sanitizante. O objetivo deste trabalho foi associar a utilização do hidrosfriamento com agentes sanitizantes, a fim de otimizar o processo de sanitização e armazenamento do fruto. Para isso foi verificada a eficiência do uso de cloro e ozônio isoladamente na redução da população de bolores e leveduras, *E. coli* e *Salmonella* spp, na qualidade pós colheita dos frutos por meio da determinação de pH, ATT, cor, Brix°, firmeza, teor de antocianina e perda de massa. Os morangos foram obtidos na maturidade comercial, separados e higienizados, e hidrosfriados em tanques contendo água resfriada a aproximadamente 1°C. As amostras foram separadas em três tratamentos, controle (sem sanitizante), amostra tratada com cloro e amostra ozonizada. Não foram observadas diferenças significativas na qualidade físico-química dos morangos nos tratamentos utilizados, porém as análises microbiológicas apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, sendo que, as amostras-controle apresentaram uma população de  $1,06 \times 10^6$  UFC/g, no final do armazenamento, enquanto que, as amostras sanitizadas (cloro ou ozônio) apresentaram em torno de  $9 \times 10^4$  UFC/g. Nas condições deste estudo, tanto a utilização de ozônio, quanto a utilização do cloro como sanitizante em conjunto com o processo de hidrosfriamento foram eficazes para reduzir a contaminação de microrganismos por um período de 0 a 9 dias, no entanto, por não gerar compostos carcinogênicos em contato com a matéria orgânica, recomenda-se a utilização de ozônio para a sanitização de morangos no tratamento pós-colheita.

**Palavras-chave:** Pós-colheita de morango; microbiologia; sanitização.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Numero de H <sup>+</sup> dos ácidos orgânicos e valor do PM.....	23
Tabela 2. Perda percentual de massa em morangos hidroresfriados (controle) e tratados com cloro e ozônio durante nove dias a 5°C .....	27
Tabela 3. Médias gerais das escalas avaliativas para frescor em morangos hidroresfriados (controle) e associados a sanitização com cloro e ozônio durante nove dias de armazenamento. ....	28
Tabela 4. Quantificação de antocianinas totais em morangos hidroresfriados (controle) e associados a sanitização com cloro e ozônio durante nove dias de armazenamento.....	29
Tabela 5. Acidez Total Titulável (ATT), pH e grau Brix° em morangos hidroresfriados (controle) e associados a sanitização com cloro e ozônio durante nove dias de armazenamento. ....	31
Tabela 6 Parâmetro H° em morangos hidroresfriados (controle) e associados a sanitização com cloro e ozônio durante 9 dias de armazenamento	35
Tabela 7. Contagem de leveduras (log UFC/g) em morangos hidroresfriados (controle) e associados a sanitização com cloro e ozônio durante nove dias de armazenamento.....	36

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mudas de morango.....	10
Figura 2. Estrutura básica das antocianinas.....	12
Figura 3. Volume acumulado e preços de exportações de frutas no Brasil entre os anos de 2018 à 2021.....	13
Figura 4. Firmeza (N) em morangos hidroresfriados (controle) e associados a sanitização com cloro e ozônio durante 9 dias de armazenamento.....	33
Figura 5. Diagrama do espaço de cor CIE L*C*h.....	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Geral.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Específicos.....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>38</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O morango é uma hortaliça com grande aceitação pelo mercado consumidor, devido a sua coloração, aroma e sabor muito atraentes e agradáveis, características essenciais para valorizar a plantação e comercialização do mesmo. A produção de frutos e principalmente sua conservação cada vez mais deve ser alvo de novas perspectivas e tecnologias (CZYZEVSKI et al., 2022).

Por se tratar de um produto com alto percentual de água, o morango torna-se um produto muito perecível, e por conta disso, a colheita juntamente com o armazenamento dos frutos são etapas importantes para a comercialização, de forma que a comercialização seja realizada no menor tempo possível, em temperatura adequada para o produto (EMBRAPA, 2016).

O emprego de baixas temperaturas durante o período de armazenamento é uma das tecnologias pós colheita utilizadas para garantir a qualidade final do morango (EMBRAPA, 2005). O hidrolesfriamento é uma das técnicas de resfriamento utilizadas, na qual se utiliza água para resfriar a fruta de maneira rápida, e que ajudam a manter a qualidade e aceitabilidade de morangos hidrolesfriados (GOBLE; COOLER, 1962).

O processo de hidrolesfriamento, no entanto, pode não ser suficiente para garantir uma total conservação na qualidade da fruta, desse modo, a utilização de produtos sanitizantes durante o hidrolesfriamento podem garantir a qualidade microbiológica dos frutos. Dentre os sanitizantes mais utilizados na indústria, incluem-se os compostos clorados, ozônio, entre outros, no entanto os compostos clorados podem gerar subprodutos indesejáveis, o que vem gerando algumas restrições quanto à sua utilização (LUND et al., 2004).

Com isso, buscando a utilização de um sanitizante mais seguro, tem-se a opção de utilização de ozônio em meio aquoso. O ozônio é um produto seguro, e apresenta capacidade de auto decomposição, não gerando subprodutos tóxicos, como é o caso do cloro. No entanto, a aplicação do ozônio em altas concentrações pode gerar um efeito negativo no produto, podendo alterar tanto a qualidade sensorial como, por exemplo sua textura, quando sua

qualidade nutricional (CHIATTONE et al., 2008). Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo realizar a sanitização de morangos utilizando cloro e ozônio, utilizados juntamente ao hidrosfriamento, visando uma otimização das etapas de pós colheita e manutenção microbiológica dos frutos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Verificar o efeito do uso de ozônio e cloro associados ao hidrosfriamento na qualidade microbiológica e na conservação pós-colheita do morango armazenado a 5°C durante 9 dias.

### **2.2 Específicos**

- Analisar as propriedades físico-químicas (acidez total, pH, cor, brix, firmeza e antocianina) dos morangos hidrosfriados e tratados com cloro e ozônio durante nove dias a 5°C;
- Verificar a ação sanitizante do ozônio e do cloro na microbiota contaminante do morango durante nove dias de armazenamento a 5°C.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. MORANGO

O morango (*Fragaria x ananassa*) é originário da Europa, da hibridação de duas espécies de origem americana *F. chiloensis* Mill. e *F. virginiana* Duch, (VAUGHAN; GEISSLER, 1997). A espécie pertence à família Rosaceae, e tem como característica ser de pequeno porte, herbácea, rasteira e perene, entretanto, é cultivada como anual. Suas raízes são fasciculadas e superficiais, sendo que a maior parte delas está principalmente na camada superficial do solo (FILGUEIRA, 2003).

O morango é uma hortaliça apreciada no mundo inteiro, podendo ser cultivado de forma convencional, orgânica ou hidropônica, sendo que, cada forma de produção tem riscos e cuidados durante todo o plantio, podendo exigir-se até mesmo um elevado grau de tecnologia para obtenção de uma boa rentabilidade (LIMA, 2014). Um pseudofruto é originado de uma única flor com vários ovários (Figura 1). Assim como o mirtilo e a uva, o morango é uma das principais espécies ricas em flavonoides, que são compostos com um bom potencial antioxidante (ANTUNES et al., 2011).

Figura 1. Mudas de morango



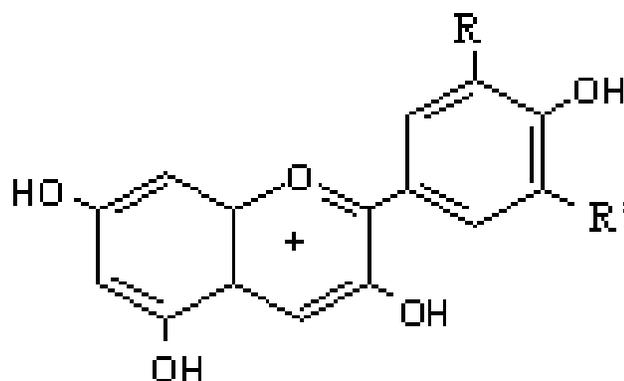
Existem diversas variedades de morango, diferenciando sua cor, sabor, tamanho e textura (HIDALGO et al., 2017). Algumas das variedades mais cultivadas são: Sweet Charlie, Tudla, Dover, entre outras. (NUNES & NOVELLO, 2021). No entanto, o

morango também é um dos produtos com maior perecibilidade e por conta disso, suas características químicas, nutricionais e sensoriais são afetadas diretamente por técnicas de cultivo, qualidade do solo, condição climática e seu grau de maturação (BOONYAKIAT et al., 2016). Dentro do mercado consumidor de frutas e hortaliças, o morango recebe uma atenção diferenciada devido suas características sensoriais e composição química (BOONYAKIAT et al., 2016). Desse modo, sua composição química e sua coloração são um dos principais fatores referentes a sua aceitação pelo consumidor. O motivo disso se dá por conta de o sabor estar ligado a quantidade de sólidos solúveis e sua coloração ao acúmulo de compostos fenólicos e antocianinas (HOSSAIN et al., 2016).

O perfil nutricional do morango possui um teor elevado de vitaminas (A, C, E, K, B6, B12, riboflavina, tiamina e niacina) e minerais (cálcio, ferro, zinco, magnésio e fosforo), além do que, apresenta boas quantidades de antioxidantes, como é o caso dos compostos fenólicos (GIAMPIERI et al., 2015).

A cor vermelha do morango, um importante componente na sua aparência se deve a presença de antocianinas no fruto (AABY et al., 2005). As antocianinas pertencem à classe dos flavonoides (WALTON et al., 2006) e são encontrados abundantemente na natureza, sendo responsáveis por colorações azuis, violeta e vermelho de frutos e flores, por conta disso, a indústria têm utilizado muito esse composto como corante natural (MOTTA, 2005). Porém, a real utilidade biológica relacionada às antocianinas é referente a sua atividade antioxidante (MEYERS et al., 2003). Essa atividade se dá graças a estrutura química formada por três anéis, possuindo ligações duplas conjugadas e hidroxilas distribuídas ao longo da sua cadeia, o que possibilita o sequestro de radicais livres nocivos à saúde (KONG et al., 2003; SILVA et al., 2007). Vale ressaltar que as antocianinas podem apresentar diferentes formas estruturais, assumindo diferentes colorações por conta de fatores como temperatura e principalmente o pH, a Figura 2 apresenta a estrutura genérica para uma antocianina natural.

Figura 2. Estrutura básica das antocianinas



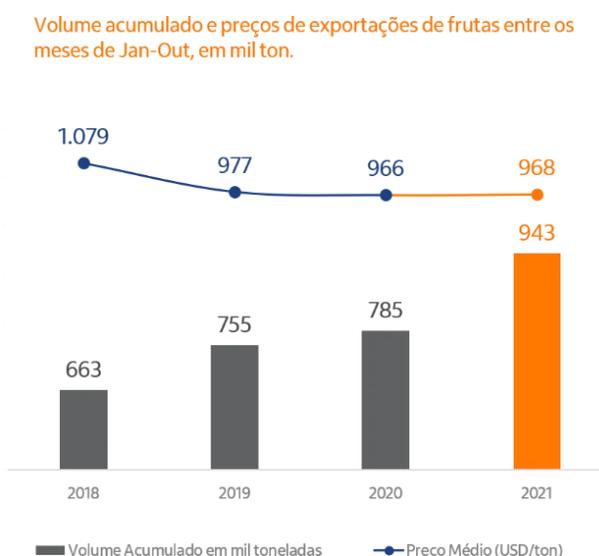
Fonte: Lopes, 2007.

Por volta da década de 40, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) foi responsável pelo aperfeiçoamento genético do morangueiro. Graças a isso, no fim da década de 60 houve um grande aumento na produção, em função das técnicas de produção "isenta" de vírus (CASTRO, 2004), ainda nessa época, lançou-se a cultivar campinas, que representou um ponto muito importante referente ao desenvolvimento de morango no país (CASTRO, 2004).

No Brasil a produção comercial de morango é realizada em vários estados, utilizando-se diferentes cultivares, adaptados a cada região devido ao clima. Dentre os 26 estados federativos do Brasil, 8 destacam-se como os maiores produtores: Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Espírito Santo, Santa Catarina, Goiás e Rio de Janeiro (ANTUNES et al., 2011). A produção de morango no Brasil tem crescido significativamente, embora os dados estatísticos não sejam tão recentes, estima-se que há uma produção mundial de aproximadamente 12.106.585 toneladas, totalizando um aumento de área total plantada de 41% entre os anos de 2013 e 2019 (ANTUNES et al., 2020). Em território nacional foi relatada uma produção anual de 165.440 toneladas em 2019, fazendo com que o Brasil ocupasse a 17ª posição entre os maiores produtores de morango do mundo, aparecendo pela primeira vez nas estatísticas da FAO (FAOSTAT, 2020). Todavia, em um panorama mundial, o Brasil é o terceiro maior exportador de

frutas do mundo, e com isso a fruticultura no país responde por uma boa parte das exportações do agronegócio, em 2021 o Brasil obteve um recorde histórico referente a exportação de frutas, com um volume total de 1,24 milhão de toneladas, um aumento de 18,13% em relação a 2020 (MAPA, 2022). A Figura 3 apresenta um gráfico comparativo referente ao volume de preços e exportações de frutas no geral entre os anos de 2018 à 2021.

Figura 3. Volume acumulado e preços de exportações de frutas no Brasil entre os anos de 2018 à 2021.



**Fonte:** SECEX, Itaú BBA

### 3.2. PÓS COLHEITA DO MORANGO

A pós colheita do morango, por se tratar de um produto perecível e frágil, é um processo delicado, onde deve-se tomar cuidado com sua susceptibilidade a fungos e a alta taxa de respiração metabólica, tornando-se um dos principais motivos para encurtar seu tempo de vida útil, o que acarreta perdas consideráveis, tanto econômicas, quanto nutritivas (CANTILLANO, 2016). No entanto, o manejo pós colheita irá depender de uma série de fatores, tais como o conhecimento da fisiologia do produto, sua maturação,

alterações físicas do produto, mão de obra qualificada, entre outros. De acordo com Guble; Converse (1993), existem 51 gêneros de fungos, três de bactérias, 26 de vírus e oito denematoides que são responsáveis por doenças em morangueiros. As doenças mais comuns, que causam maiores perdas na pós colheita do morango, são o mofo cinzento e a podridão mole (FLORES-CANTILLANO, 2003).

O processo de desenvolvimento do morango se dá em três etapas: crescimento, maturação e senescência, e por se tratar de um fruto não climatérico, reações bioquímicas ocorrem no fruto ainda ligado a planta mãe. A maturação é a etapa responsável pelas mudanças de cor, textura, e acúmulo de açúcar. Já a senescência representa a degradação do produto (CHITARRA et al., 2005). Desse modo, a depender da temperatura na qual o morango está sendo armazenado, podem ocorrer alterações químicas e físicas que causem insatisfação ao consumidor, fazendo com que seja necessário a implementação de boas práticas de colheita associado a tratamentos pós colheitas, sendo fundamental para manutenção das características desejáveis do produto durante todo seu período de armazenamento. (POMPEU et al., 2009). Portanto, pode-se dizer que a temperatura é o principal fator relacionado a perda da qualidade dos frutos, uma vez que afeta diretamente sua taxa de deterioração. O efeito do armazenamento sob baixas temperaturas é benéfico, mantendo a qualidade da fruta por mais tempo, porém, outros meios também podem ser empregados, como é o caso da embalagem modificada, utilização de biofilmes ou coberturas comestíveis, entre outros (LEE; KADER, 2000. HASSAN et al., 2018).

### 3.3. HIDRORESFRIAMENTO

As principais razões dessas perdas para frutas e hortaliças estão na falta de pessoal habilitado, no uso de práticas inadequadas de produção e no desconhecimento de técnicas adequadas de manuseio pós-colheita (CENCI; SOARES; FREIRE JUNIOR 1997). As perdas desde a colheita até o consumidor ainda são elevadas, em torno de 35% antes mesmo do consumo (IPEA, 2009), e dados mais atuais apontam que há uma perda de 28% em relação aos consumidores finais (FAO, 2021). Deste modo a implementação de novas tecnologias na etapa pós-colheita se dá justamente para reduzir as perdas nos frutos e hortaliças. Uma vez que após a colheita, a respiração passa a ser o principal processo fisiológico dos frutos e a temperatura é diretamente proporcional à taxa de respiração, sendo a mesma é o principal fator no amadurecimento (CALBO et al., 2007).

A água é um meio rápido e eficiente, podendo ser utilizado no processo de pré-resfriamento através da imersão em água fria (hidroresfriamento). A temperatura durante a imersão deve ser mantida entre 1° e 3° C (CHITARRA; CHITARRA 2005). Segundo Malgarim (2006), frutos pré-resfriados, embalados com filme de polietileno, são capazes de manter sua qualidade por até 9 dias. Além disso, O uso da água como meio de resfriamento pode substituir outras tecnologias como ar forçado, ou câmaras de resfriamento. Alguns trabalhos como (TERUEL et al., 2001), mostram que o hidroresfriamento diminuiu a temperatura dos frutos 58% mais rápido que o tradicional ar forçado, trabalhos mais antigos ainda apresentam uma eficiência maior (ASHRAE, 1994).

O hidroresfriamento consiste em remover o calor de campo dos frutos em um curto intervalo de tempo, antes do seu armazenamento, ou seja, trata-se de um pré-resfriamento, uma vez que altas temperaturas aceleram o metabolismo do fruto (BRACKMANN et al., 2002).

Jacomino et al., (2011) observaram uma maior presença de lesões nos frutos após o hidroresfriamento ao comparar com a técnica de ar forçado, no entanto, os mesmos atribuíram tal resultado ao fato do fruto ser mais manuseado durante o processo

de hidrosfriamento, descartando a presença da umidade dentro da embalagem, lembrando que, a umidade pode influenciar no desenvolvimento de patógenos.

Um dos fungos responsáveis pelo apodrecimento do morango na pós colheita é o *Botrytis cinerea* (SHTIENBERG, 2004), no qual é de difícil controle, uma vez que foi criada uma resistência aos fungicidas usuais (LEROCH et al. 2013)

Por conta do meio empregado ser líquido, o processo de hidrosfriamento pode permitir também a utilização de alguns sanitizantes na água. O uso desses produtos reduz a contaminação microbiana (GEREFFI, 2014). Alguns fatores devem ser levados em consideração ao se utilizar sanitizantes, como por exemplo, a formação de subprodutos indesejáveis, custo benefício devido a implementação do processo, dosagem do sanitizante utilizado, entre outros. Uma temperatura entre 3° e 5°C no hidrosfriamento, associado a um armazenamento a frio (5°C) são recomendados para resultados positivos referente a vida útil de alguns produtos (PALHARINI et al. 2016).

### **3.4. CLORO**

A maioria das contaminações em produtos estão ligados a fatores intrínsecos e extrínsecos. Os intrínsecos estão relacionados as características individuais do fruto, ou seja, seu pH, composição química, atividade de água, entre outros. Os fatores extrínsecos são a temperatura do ambiente na qual o produto está sendo exposto, umidade, contato com utensílios ou equipamentos mal higienizados, ou até mesmo má higiene dos manipuladores (GERMANO, 2008; FRANCO; LANDGRAF, 2003). Vale ressaltar a possibilidade de uma contaminação cruzada, na qual uma pequena parcela de um determinado produto contaminado pode contaminar o restante.

A etapa de higienização visa preservar a qualidade microbiológica do fruto para que não ofereça risco para os consumidores (CENCI, 2006). O processo de higienização pode ser dividido em 2 processos: o processo de limpeza, no qual se elimina sujidades presente na superfície do fruto; e a desinfecção, que consiste na destruição ou remoção dos microrganismos, desse modo, a utilização de sanitizantes se dá na etapa de desinfecção (ANDRADE, 2008).

Frequentemente a utilização de sanitizantes se dá aos produtos contendo compostos clorados, como é o caso do hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, ácido dicloroisocianúrico e seus sais de sódio e potássio (os únicos permitidos pela legislação no Brasil (ANVISA, 2022), que são amplamente utilizados no processo de frutos, visando minimizar a proliferação de microrganismos causadores de doenças. O tratamento com cloro, embora demonstre uma boa eficácia, depende de fatores como pH, concentração da solução e tempo de ação, fatores esses que são de extrema relevância quanto se fala em efeito antimicrobiano (BANWART, 1989; ANDRADE; MARTYN, 1996).

O cloro é o sanitizante mais utilizado em alimentos em suas várias formas. São amplamente utilizados nas concentrações de 50 a 200 ppm, na desinfecção de frutas, hortaliças e produtos minimamente processados, porém concentrações maiores pode ser a causa de descoloração em alguns produtos, além de promover a corrosão de equipamentos. Nos níveis industriais, o cloro é utilizado como sanitizante devido seu custo e conveniência (ANTONIOLLI, 2005). O mecanismo de ação do cloro se dá a partir da passagem do composto pela membrana da bactéria atacando o interior do microrganismo, afetando elementos vitais, como enzimas, proteínas, DNA e RNA (PEZZI, 2009).

Nos últimos anos o uso do hipoclorito e demais sais de cloro geraram uma certa preocupação, por serem percussores na formação de cloraminas orgânicas, que são considerados carcinogênicos e mutagênicos (ALVARO et al., 2009). Para evitar estes efeitos indesejados novas pesquisas vêm sendo incentivadas para uma substituição do cloro por novos agentes sanitizantes que não gerem tais resíduos, surgindo o ozônio como uma opção distinta para atuar como sanitizante de alimentos.

### **3.5. OZÔNIO**

O processo de ozonização passou a ser utilizado como uma alternativa a métodos tradicionais nos quais se utilizam cloro. Na área de alimentos, em específico frutas e

hortaliças, há poucas pesquisas realizadas no Brasil e ainda não existe uma legislação específica orientando suas aplicabilidades.

O ozônio possui características atrativas para o uso como sanitizante no processamento de alimentos, pois o mesmo é um forte agente microbiano e decomposição espontânea em produtos não tóxicos. Por se decompor rapidamente em meio líquido, sua utilização torna-se segura, pois não irá gerar subprodutos tóxicos e indesejáveis nos alimentos (CAVALCANTE, 2007). De acordo com Fellows (2019), o ozônio é apresentado de duas formas: gasosa (para aplicações de armazenamento) e aquosa (para descontaminação da superfície de alimentos, equipamentos e materiais de embalagem). O gás pode ser produzido no momento do uso ou dissolvido na água onde é bombeado ao equipamento de tratamento. Além disso, a meia vida do ozônio é reduzida em um intervalo de tempo entre 20 e 30 minutos quando presente na água, por conta disso, o ozônio não deve ser armazenado por um período relativamente longo, sendo gerado sempre que for necessário (PERRY; YOUSEF, 2011). A solubilidade do ozônio em água é superior em relação ao oxigênio e por conta disso, quando dissolvido em água, o ozônio se decompõe mais rápido do que em ar. (BRODOWSKA, NOWAK, ŚMIGIELSKI, 2018).

O ozônio é o segundo agente mais oxidante, ficando atrás apenas para o flúor, e por conta do seu alto poder de oxidação, o mesmo possui uma elevada capacidade de desinfecção e esterilização em um menor intervalo de tempo de contato e concentração (SILVA et al., 2011; RUSSEL et al., 1999). Diferente do cloro, o ozônio possui dois mecanismos de ação, o primariamente age intracelular, causando danos tanto na membrana do microrganismo, quanto nos elementos internos, como compostos lipídicos e proteicos. Secundariamente, age na parede celular do microrganismo, oxidando a parede celular, causando o colapso da atividade celular (PEZZI, 2009). Porém, o ozônio não deve ser considerado totalmente benéfico aos alimentos, pois, em altas concentrações, o mesmo pode afetar qualidades sensoriais e nutricionais do produto (KIM et al., 1999).

Restaino et al. (1995) verificaram que o ozônio foi capaz de inativar bactérias como *Listeria*, *Staphylococcus aureus*, entre outras, comprovando a efetividade antimicrobiana de água ozonizada contra alguns microrganismos relacionados com alimentos.

A utilização do ozônio e do cloro na higienização de alface e pimentão, foi relatado por Alexopoulos et al. (2013). Esses autores verificaram que o processo de sanitização utilizando cloro de maneira contínua em uma concentração de 0,5 mg/L em um intervalo entre 15 e 30 minutos mostrou-se mais eficiente do que água clorada, apresentando uma maior redução da carga microbiana nestes produtos.

Posto isso, pode-se dizer que o emprego do ozônio é uma tecnologia promissora, pois age como um poderoso agente desinfetante, e pode ser otimizado de modo a associar sua aplicabilidade com técnicas de pós-colheita.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. MATÉRIA-PRIMA**

Os morangos foram obtidos no estágio de maturação comercial, apresentando um tom de vermelho entre 50 e 75% na superfície e armazenados sob refrigeração (EMBRAPA, 2021), em comércio local, na região de Aracaju-SE, e levados ao laboratório de frutas e hortaliças (LABFRUIT) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), na cidade de São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

No laboratório, os frutos foram retirados das embalagens comerciais e separados por tamanho e cor, buscando uma maior homogeneidade entre as amostras. Os morangos foram divididos em 3 grupos de acordo com cada tratamento da seguinte maneira: amostra controle hidrosfriada (sem adição do sanitizante), amostra hidrosfriada com cloro e amostra hidrosfriada com ozônio. As concentrações de cloro e ozônio foram de 200 mg/L e 0,02 mg/L respectivamente (JACOMINO et al., 2011). Todas as amostras, independente do tratamento foram submersas por um período de aproximadamente 12 minutos (JACOMINO et al., 2011).

### **4.2. HIDRORESFRIAMENTO E ARMAZENAMENTO**

Para o hidrosfriamento foi realizado a imersão de aproximadamente 4 kg de morango, a uma temperatura entre 2°C e 3°C, sendo dividido em 3 grupos (JACOMINO et al., 2011). Os morangos foram hidrosfriados em tanques plásticos com capacidade de 20L, sendo o tanque 1 responsável pelo tratamento sem sanitizante, o tanque 2 contendo cloro com uma concentração de 200 mg/L e o tanque 3 contendo água ozonizada com uma concentração de 0,02 mg/L, visando a sanitização do produto. A temperatura da água foi mantida constante e monitorada de maneira contínua, utilizando um termo par do tipo K para medição. Utilizou-se tanto água potável, quanto gelo triturado para manter a temperatura na faixa desejada. Todos os 3 grupos foram mantidos em um sistema de resfriamento em expositor vertical, a uma temperatura de 5°C, no qual também foi monitorado com auxílio de um termo par do tipo K.

Após o hidrosfriamento, cada amostra foi colocada em bandejas e secas ao ar livre, no qual, cada bandeja comportava aproximadamente 30 g de morango, as amostras foram separadas por tipos de análises a serem feitas.

Adaptando a metodologia proposta por Jacomino et al. (2011) as amostras foram armazenadas em um expositor com temperatura de 5°C por um período de 9 dias, divididos em intervalos de 0, 3, 6 e 9. A cada dia de armazenamento, as amostras foram retiradas e analisadas quanto a: perda/ganho de peso; frescor; antocianinas; acidez total; pH; firmeza; cor; e contagem de bolores e leveduras e *Escherichia coli*, bem como a pesquisa de *Salmonella* a fim de avaliar suas características químicas e qualidade microbiológica.

### 4.3. PERDA/GANHO DE PESO

A perda de massa foi determinada, seguindo a metodologia proposta por Jacomino et al. (2011), cada embalagem foi pesada antes e após o resfriamento e também no final de cada período de armazenamento. O ganho ou a perda de peso foi calculado com base no peso inicial e expresso em porcentagem de peso inicial, como mostra a equação (1), realizando-se 3 repetições experimentais. A água da fruta pós resfriamento escorreu por pelo menos 3 minutos antes da pesagem inicial, afim de minimizar erros.

$$\text{Perda/ganho (\%)} = \frac{m_i - m_t}{m_t} \times 100\% \quad (1)$$

Onde,

Mi= massa inicial da bandeja contendo a amostra;

Mt= massa da bandeja no dia de cada análise;

### 4.4. FRESCOR

Para determinação de frescor cada embalagem foi individualmente classificada de acordo com uma escala de 9 pontos adaptada da metodologia proposta por Jacomino et al. (2011). O valor determinado para cada bandeja levou em conta características como: aparência; cor; textura e geral. Onde 9= excelente (aspecto fresco); 7= bom (aspecto ainda de fresco); 5= regular (aparência não fresca); 3= ruim (aparência enrugada); 1= extremamente ruim. Já características como: presença de bolores e danos físicos, foram determinados da seguinte maneira: 1=excelente (aspecto fresco); 3= bom (aspecto levemente fresco); 5= regular (aparência não fresca); 7= ruim (aparência

enrugada); 9= extremamente ruim.

#### 4.5. ANTOCIANINAS

A determinação de antocianinas foi realizada seguindo a metodologia proposta por Nunes et al. (2006), no qual, utilizou-se alíquotas de 1g de tecido homogeneizado de morango, misturado com 19 mL de HCl 0,5% em metanol (v/v). Os pigmentos de antocianinas foram extraídos mantendo as amostras a aproximadamente 4°C por 1 hora no escuro. Posteriormente, as amostras foram levadas para realizar a medição da absorvância em espectrofotômetro de modelo UV- 2601 Rayleigh, a medição se deu em comprimento de onda de 520 nm, e a concentração do pigmento foi calculada utilizando a equação (2). Os resultados foram expressos em mg/100g de peso fresco de PGN.

$$\text{mg}/100\text{g} = \frac{\text{abs} \times \text{fd} \times \text{PM}}{\text{Ce}} \times 100 \quad (2)$$

Onde,

Abs= absorvância obtida em 520 nm;

fd= Fator de diluição da amostra (5);

PM= peso molecular (433,2);

Ce= Coeficiente de extinção (29080).

#### 4.6. ACIDEZ TOTAL

A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação potenciométrica utilizando 5g do suco diluído da amostra em 50 mL de água destilada. A titulação se deu utilizando NaOH 0,1N, até um ponto final de pH aproximadamente 8,2, os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico (PRICE et al., 1975). A AT foi determinada a partir da equação (3):

$$\text{A.T} = \frac{V \times f \times M \times \text{PM}}{10 \times P \times n} \quad (3)$$

Onde,

V= volume da solução de NaOH gasto na titulação em mL;

f= fator de correção da solução de NaOH (1,016);

M= molaridade da solução de NaOH (0,1 N);

PM= peso molecular do ácido correspondente (tabela 1);

P= massa da amostra em g;

n= número de hidrogênios ionizáveis (Tabela 1).

Tabela 1. Numero de H<sup>+</sup> dos ácidos orgânicos e valor do PM.

Ácidos orgânicos	PM (g)	N
Ácido cítrico	192	3
Ácido tartárico	150	2
Ácido málico	134	2
Ácido láctico	90	1
Ácido acético	60	1

Fonte: Instituto ADOLFO LUTZ, 1985.

#### 4.7. pH

Para determinação do pH, foi utilizado um pHmetro digital de bancada modelo DLA-PH, onde, de maneira análoga a determinação de acidez total (AT), foi diluído uma alíquota de 5g da amostra em 50 mL de água destilada (JACOMINO et al., 2011).

#### 4.8. FIRMEZA

A análise de firmeza foi realizada utilizando um penetrômetro digital de bancada modelo 53205TR (Fruit Pressure Tester, Itália) contendo ponta de prova de 6mm, utilizando força máxima necessária para penetrar apenas 3mm na polpa, a qual foi expressa em Newtons (N). A firmeza foi medida 3 vezes na região equatorial de cada fruto, visando uma homogeneidade dos dados (JACOMINO et al., 2011).

#### **4.9. COR**

A análise de coloração dos morangos foi realizada seguindo a metodologia proposta por Jacomino et al. (2011), sendo avaliada utilizando colorímetro modelo Color Reader CR-10, o equipamento foi devidamente calibrado e os valores foram tomados a partir da polpa do fruto. Os valores foram obtidos em coordenadas L, a, b, C e h°. Sendo o C relacionado a sua saturação ou croma e o h° referente a sua tonalidade.

#### **4.10. BRIX°**

A medição de sólidos solúveis no morango se deu em escala Brix, utilizando um refratômetro digital modelo HI 96801, no qual, o morango foi cortado em partes iguais e com o auxílio de uma gaze, retirou-se o líquido no fruto, fazendo a medição diretamente no instrumento (Instituto ADOLFO LUTZ, 1985).

#### **4.11. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS**

As análises de bolores e leveduras foram realizadas utilizando contagem direta em placa de petri com ágar batata dextrose adicionado de antibiótico cloranfenicol (0,05 g/L), adotando-se diluições de  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$ . Os resultados foram expressos em Log UFC/g. Para a enumeração de *Escherichia coli* utilizou-se técnica dos tubos múltiplos com três diluições seriadas ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) expressando o resultado em NMP/g. Para a detecção de *Salmonella spp.*, foi utilizada a Instrução Normativa número 62, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2003). As análises foram realizadas em duplicata de placas.

#### **4.12. ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

A pesquisa foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com 3 tratamentos e 5 intervalos de tempo de armazenamento. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com comparação de média por teste Tukey ( $P \leq 0,05$ ), utilizando o software SISVAR 5.6 e Excel. Todos os dados foram apresentados como média  $\pm$  erro padrão. Todos os pressupostos da análise de variância foram verificados para garantir a validade da análise estatística.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. PERDA/ GANHO DE PESO

Verificou-se que morangos tratados com cloro apresentaram maior perda de massa média no último dia de tratamento quando comparado a amostra controle e ozonizada (Tabela 2), enquanto que nos demais dias, não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos. A perda se deu em função da diminuição de água livre na fruta, resultando em seu murchamento, e alterando características como amaciamento, succulência e perda de frescor.

A amostra controle, e as amostras tratadas com cloro e ozônio apresentaram uma perda de peso semelhante durante o armazenamento. Civello et al. (1997), por exemplo, indicam que frutas hidroresfriadas apresentam uma menor perda média de massa em relação a outras técnicas, como por exemplo, circulação por ar forçado. No entanto, embora a amostra tratada com cloro tenha apresentado uma maior perda de massa, verificou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) de perda entre as amostras apenas no dia 9 de armazenamento (Tabela 2), sendo o cloro, o tratamento que apresentou essa diferença, a perda de massa observada nesse tratamento pode estar relacionada ao tempo de armazenamento, espécie do fruto utilizado, tempo entre a colheita e a análise realizada e não somente ao sanitizante utilizado, pois, todos os fatores citados, interferem diretamente na respiração celular do fruto, aumentando sua transpiração (SILVA et al., 2006; ALVES et al., 2010).

Além disso, a perda de água no morango tratado com cloro pode estar associada as reações de neutralização e cloraminação que ocorrem no tecido orgânico do produto que gera o processo de dissolução antimicrobiana e/ou tecidual, devido a oxidação de proteínas da membrana celular, alterando o transporte de soluto e causando perda de água no produto (JOSÉ, 2017; ESTRELA et al., 2002).

A perda no último dia de armazenamento, apresentou uma porcentagem de 18,08% para amostra controle, 20,45% para a amostra sanitizada com cloro e 15,96% para a amostra ozonizada, sendo que, para Ronque (1998) a porcentagem média de perda de água aceitável para sua comercialização é de no máximo 10% do seu peso na colheita, acima deste patamar,

o morango torna-se impróprio para comercialização. Desse modo, concluí-se que no dia 9 de armazenamento, os morangos tratados, não estavam aptos para comercialização, e que, embora visualmente a amostra tratada com cloro tenha apresentado um grau percentual superior as demais amostras, a mesma não apresentou diferença significativa entre as demais.

Tabela 2. Perda percentual de massa em morangos hidroresfriados (controle) e tratados com cloro e ozônio durante 9 dias a 5°C.

Tratamento	dia 0	dia 3	dia 6	dia 9
Controle	0	5,86 a	10,81 a	18,08 a
Cloro	0	6,69 a	12,39 a	20,45 b
Ozônio	0	5,48 a	9,33 a	15,96 a

As análises foram realizadas em 3 repetições e os resultados estão expressos pela média e Tukey. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si ( $p > 0,05$ ), segundo teste Tukey.

## 5.2. FRESCOR

Todos os morangos apresentaram uma média de aparência nota 9 até o dia 3 de armazenamento (Tabela 3), aparentando estar fresco e brilhante, enquanto que ao sexto dia de tratamento, ambas as amostras apresentaram uma diminuição de frescor, obtendo uma nota 7 na escala utilizada, enquanto no dia 9 de armazenamento, a amostra controle apresentou uma média de 5,3, a amostra tratada com cloro uma média de 6 e a amostra ozonizada de 4,6 (Tabela 3). Desse modo, a partir de 9 dias armazenados, os morangos apresentavam uma aparência não fresca, brilho baixo, alta murchidão, encontrando-se no limite de comercialização.

Nenhuma diferença estatística foi observada entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ), sendo que, o frescor foi relacionado principalmente ao brilho e textura do fruto em cada dia de armazenamento. No final do armazenamento tanto a amostra controle, quanto as amostras tratadas com cloro e ozônio apresentavam uma coloração opaca e uma textura murcha, impossibilitados de serem comercializados. Com isso, pode-se concluir que, embora o processo de sanitização associado ao hidroresfriamento diminua os efeitos microbiológicos no fruto, o mesmo não afetou diretamente a conservação do aspecto fresco do produto, tornando-o inadequado para consumo com 9 dias de armazenamento. Segundo Garcia et al., (1998) a diminuição do aspecto fresco vem sendo relacionado com a perda de água, alterações na parede celular do fruto, lesões mecânicas e sua senescência, enfatizando que

mesmo com um tratamento pós colheita adequado, fatores extrínsecos são de suma importância para preservação do frescor do fruto.

Tabela 3. Médias das escalas avaliativas para frescor em morangos hidroresfriados (controle) e associados a sanitização com cloro e ozônio durante 9 dias de armazenamento.

Tratamento	dia 0	dia 3	dia 6	dia 9
Controle	9,00 a	9,00 a	7,6 a	5,3 a
Cloro	9,00 a	9,00 a	7,6 a	6,00 a
Ozônio	9,00 a	9,00 a	7,3 a	4,6 a

As análises foram realizadas em 3 repetições e os resultados estão expressos pela média e Tukey. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si ( $p > 0,05$ ), segundo teste Tukey.

### 5.3. ANTOCIANINA

Verificou-se que o teor de antocianinas totais diminuiu gradualmente durante o armazenamento, independentemente do tratamento aplicado (Tabela 4). O teor de antocianina caiu de 12,51 para 7,76 mg de PGN por 100 g de polpa fresca para a amostra controle, de 12,51 para 8,32 mg de PGN por 100g de polpa fresca para amostra com cloro e de 12,51 para 9,29 mg de PGN por 100g de polpa para amostra ozonizada (Tabela 4). Jacomino et al. (2011); Gil (1997) e Holcroft et al. (1999) verificaram aumento significativo no teor de antocianina do morango durante o armazenamento, no presente trabalho verificou-se, no entanto, diminuição dos teores de antocianinas ao longo dos 9 dias armazenados. A redução do teor desse composto pode estar relacionada a perda de massa do produto, fazendo com que haja uma diminuição na concentração do pigmento, que são moléculas polares em razão de grupos substituintes (carboxilas, hidroxilas e metoxilas), além de glicosilas residuais ligados ao anel aromático, sendo assim, solúvel em água (LOPES et al., 2007).

Tabela 4. Teor de antocianinas totais em morangos hidrosfriados (controle) e associados a sanitização com cloro e ozônio durante 9 dias de armazenamento.

Tratamento	dia 0	dia 3	dia 6	dia 9
Controle	12,51 a	16,79 b	9,33 b	7,76 a
Cloro	12,51 a	12,99 a	12,11 a	8,32 a
Ozônio	12,51 a	13,28 a	10,96 a	9,29 a

As análises foram realizadas em 3 repetições e os resultados estão expressos pela média e Tukey. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si ( $p > 0,05$ ), segundo teste Tukey.

Observou-se uma diminuição na concentração de antocianinas (Tabela 4) ao longo do armazenamento, visto que, no nono dia a amostra que apresentou uma maior concentração foi a amostra tratada com ozônio. A análise estatística apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras apenas nos dias 3 e 6, para a amostra controle, podendo esse, ser um indicativo de que os sanitizantes não afetaram a redução do teor de antocianinas no morango, no entanto, ao final do armazenamento não foi verificada diferença ( $p > 0,05$ ) entre as amostras analisadas, evidenciado que, no último dia de armazenamento, as amostras apresentavam alto grau de deterioração.

Vale ressaltar que o fato da amostra controle ter aumentando o teor de antocianina significativamente no terceiro dia, pode estar ligado a um erro experimental, uma vez que, por se tratar de um produto orgânico vivo, o morango está sujeito a alterações durante o armazenamento, e por conta disso, haverá alterações indesejáveis no fruto, alterando características como teor de antocianinas, frescor, firmeza, etc.

Existem alguns fatores que podem interferir diretamente na degradação de antocianinas, entre esses, pode-se citar as altas temperaturas e armazenamento, pH alcalino, presença de oxigênio, presença de açúcares e presença de ácido ascórbico (WENZEL, 2001). Desse modo, sugere-se que a possível causa para essa diminuição pode ser a presença de açúcares no fruto ou até mesmo de vitamina C, além da presença de água livre no morango, que ao decorrer do armazenamento vai diminuindo e sendo liberada na embalagem onde está contida a amostra, devido a permeabilidade celular, e conseqüentemente diminuindo o teor de antocianinas, causando a diluição da concentração (FERREIRA, 2014). Além disso, a presença de oxigênio no meio também pode ser um fator significativo, causando a degradação do composto. (JACKMAN; SMITH, 1992). Desse modo, verificou-se que os tratamentos apresentaram efetividade até o sexto dia de armazenamento, porém, no último dia,

todas as amostras apresentaram baixos teores de antocianinas totais, não diferindo significativamente entre si.

#### **5.4. ACIDEZ TOTAL, pH e BRIX°**

Não foram verificadas diferenças significativas no valor de acidez total, entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ), no entanto, todas as amostras apresentaram uma diminuição de acidez ao longo do armazenamento (Tabela 5). O valor da acidez total na amostra controle foi de 1,27% e diminuiu para 1,04% no dia 9 de armazenamento, enquanto a amostra tratada com cloro teve uma diminuição de 1,27% para 1,06% e a amostra ozonizada uma diminuição de 1,27% para 1,07% (Tabela 5).

Os ácidos orgânicos tendem a diminuir durante o armazenamento, em virtude de sua utilização como substrato para respiração (MORAES, 2008). Açúcares e ácidos orgânicos apresentam diminuição durante o armazenamento quando se trata de frutas não climatéricas. Chitarra; Chitarra (2005) também apresentaram dados com frutas não climatéricas que não haviam alteração significativas no teor de açúcar durante o armazenamento. Paraskevopoulou; Vanilakakis (1995), por exemplo, estudaram o armazenamento de morangos por 8 dias a 3°C, e verificaram diminuição no teor de acidez, de 0,84 para 0,78 g ácido cítrico/ 100 g, desse modo, embora os valores iniciais e finais de acidez tenham dado diferente do estudo em questão, pode-se notar uma leve redução. Esta diminuição de acidez ao longo do tempo pode ser devido à degradação dos ácidos no processo respiratório (BRACKMANN et al., 2011). Logo, este trabalho está de acordo com os experimentos realizados por Nadas et al. (2003) e Rahman (2016), que também não observaram diferenças significativas para acidez total titulável em morangos ozonizados.

Não foi verificada diferença significativa nos valores de pH entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ) (Tabela 5), entretanto nota-se um pequeno aumento entre o dia 0 e 9 de armazenamento, o que coincide com os dados obtidos na acidez titulável, uma vez que a ATT apresentou uma diminuição do pH. O valor de pH inicial foi de 3,81, aumentando para 3,83 na amostra controle; 3,85 na amostra tratada com cloro e 3,86 na amostra ozonizada, enfatizando que a diminuição do teor de ácido orgânico leva à alcalinização do meio (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Segundo Holcroft; Kader (1999), o aumento do pH em morangos armazenados pode ser devido a efeitos de uma ação externa, como em alface. Além disso,

por conta do pH elevado do hipoclorito, pode ocorrer a reação de saponificação, alterando a integridade da membrana por meio de injúrias químicas, ou por degradação de fosfolípidos ou ácidos graxos insaturados da membrana, causando um aumento no pH (ESTRELA et al., 2002).

Tabela 5. Acidez Total Titulável (ATT), pH e grau Brix<sup>o</sup> em morangos hidroresfriados (controle) e associados a sanitização com cloro e ozônio durante 9 dias de armazenamento.

Tratamento	dia 0	dia 3	dia 6	dia 9
Controle (ATT)	1,27 a	1,15 a	1,06 a	1,04 a
Cloro (ATT)	1,27 a	1,28 a	1,03 a	1,06 a
Ozônio (ATT)	1,27 a	1,12 a	1,17 a	1,07 a
Controle (pH)	3,81 a	3,81 a	3,81 a	3,83 a
Cloro (pH)	3,81 a	3,82 a	3,87 a	3,85 a
Ozônio (pH)	3,81 a	3,84 a	3,84 a	3,86 a
Controle (Brix <sup>o</sup> )	6,5 a	6,56 a	5,9 a	6,4 a
Cloro (Brix <sup>o</sup> )	6,5 a	6,33 a	6,03 a	6,96 a
Ozônio (Brix <sup>o</sup> )	6,5 a	6,66 a	6,53 a	6,53 a

As análises foram realizadas em 3 repetições e os resultados estão expressos pela média e Tukey. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si ( $p > 0,05$ ), segundo teste Tukey.

A amostra controle apresentou um valor médio final de 6,5 Brix<sup>o</sup>, enquanto que, as amostras tratadas com cloro e ozônio apresentaram valores médios finais de 6,96<sup>o</sup> e 6,53<sup>o</sup> respectivamente (Tabela 5). As amostras não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ), coincidindo com o estudo de Pelayo et al., (2003), que não encontraram redução significativa nos teores de açúcares ao longo do armazenamento de morangos. Siqueira et al. (2009) encontraram valores médios de 7,5 °Brix, indicando que os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com o referencial teórico. Diferentes teores de sólidos solúveis podem ser encontrados, pois, fatores como espécie do morango, estágio de maturação, tratamento aplicado, armazenamento podem afetar esta propriedade do fruto. Com isso, pode-se concluir que os fatores tempo e tratamento aplicado não indicaram por si só uma melhora significativa no teor de sólidos solúveis das amostras tratadas.

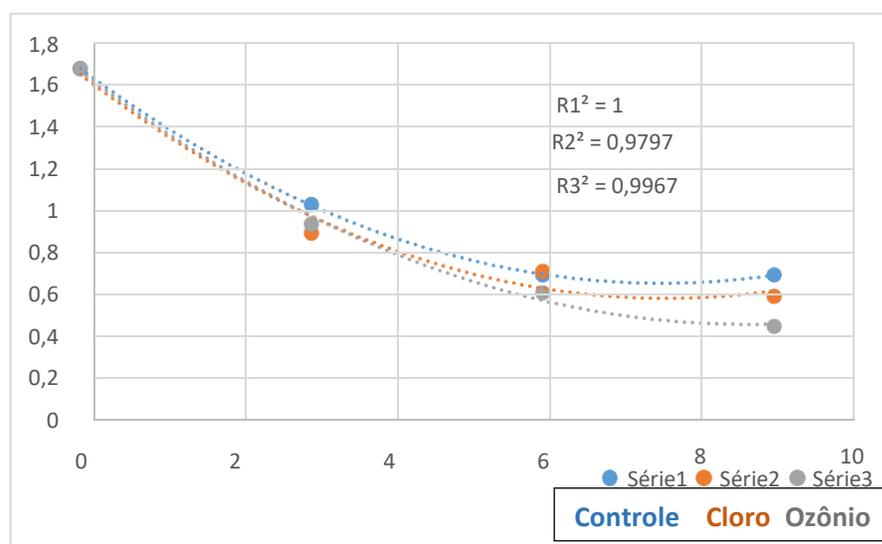
## 5.5. FIRMEZA

Não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) relacionada a firmeza entre os tratamentos (Figura 4). No entanto, de um modo geral, os valores de firmeza mostraram uma tendência decrescente durante o armazenamento em todos os tratamentos, sendo que no

dia 9, a amostra ozonizada apresentou um menor valor dentre as demais amostras (Figura 4); A perda da firmeza do morango 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). Salunkhe; Desai (1984) atribuem às perdas pós colheita, três causas principais, referente a deterioração de frutos: resultante de processo fisiológico; efeitos físicos no manuseio; e doenças pós colheita. Pode-se observar, que as três causas citadas levam à perda direta ou indiretamente da textura do fruto, causando rejeição do produto pelo consumidor. Os morangos utilizados neste trabalho, tanto a amostra controle, quanto as amostras cloradas e ozonizadas, apresentava um bom estágio de amadurecimento do fruto, causando naturalmente o amaciamento da polpa, isto é causado por mudanças na parede celular dos frutos (HUBER, 1983).

Verificou-se que o uso dos sanitizantes não afetou significativamente a firmeza da polpa. Entretanto sugere-se que, de algum modo, o ozônio possa ter afetado negativamente a textura do morango, uma vez que, o ozônio quando solúvel em água reage com compostos aromáticos e alifáticos insaturados, polissacarídeos, álcoois, ácidos graxos insaturados, entre outros, podendo gerar um processo de oxidação na membrana celular (KHADRE e YOUSEF, 2001).

Figura 4. Firmeza (N) em morangos hidrosfriados (controle) e associados a sanitização com cloro e ozônio durante nove dias de armazenamento.



Os valores de firmeza neste trabalho apresentaram uma diminuição durante o armazenamento, sendo a amostra controle, a que apresentou um maior valor de firmeza. A partir de um ajuste polinomial de grau 2, foi possível obter um valor de  $R^2$  aproximadamente 1, o que enfatiza a confiabilidade dos dados obtidos e decréscimo da firmeza do fruto (Figura 4). Os resultados obtidos neste trabalho concordam com os resultados observado no estudo realizado por Alexandre et al. (2012), no qual verificaram que morangos tratados com água ozonizada apresentaram uma perda de firmeza inferior durante o armazenamento nas mesmas condições propostas neste trabalho. Aday, Caner (2014) também verificaram o efeito positivo da ozonização aquosa sob parâmetro de firmeza em morangos. Desse modo, a utilização do ozônio pode ter afetado a firmeza do morango neste trabalho (Figura 4), no entanto, a análise estatística não apresentou diferença significativa entre as amostras tratadas ( $p > 0,05$ ) (Figura 4), indicando que fatores externos, como espécie do fruto, e as condições gerais de armazenamento, possam ter causado uma diminuição da firmeza do fruto.

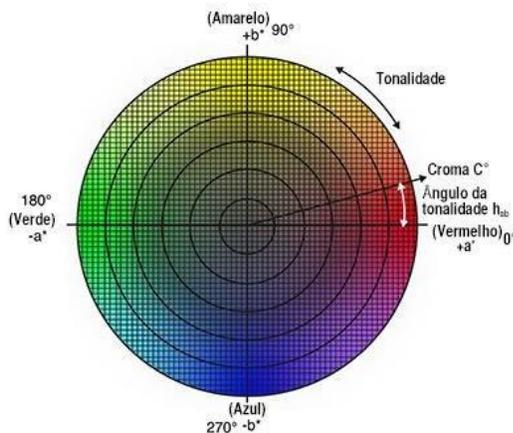
## 5.6. COR

Não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos na coloração dos frutos durante os 9 dias (Tabela 6). Os valores de  $C^*$  e  $a^*$  (Figura 5) não apresentaram diferenças significativas, o parâmetro  $a^*$  referente a coordenada vermelho/verde ( $a^+$  indica vermelho) oscilou entre +37 e +43, o parâmetro  $C^*$ , responsável pela saturação, oscilou entre +46 e +54, formando o ângulo  $h^\circ$  (Tabela 6) que representa a tonalidade, ou seja, quanto menor o  $h^\circ$ , maior será o tom de vermelho no fruto. Desse modo, como não foi observada diferença significativa no teor de antocianinas, não se observou diferença significativa na análise colorimétrica. De fato, a cor vermelha do morango é resultado da presença de antocianinas, principalmente em sua epiderme e no aquênio (AABY et al., 2005), outros autores também relacionaram o aumento ou diminuição de antocianina com alterações na cor vermelha (HOLCROF et al., 1999).

A cor é um fator importante na percepção da qualidade do morango, sendo um dos atributos mais importantes em relação a aceitabilidade do produto por parte dos consumidores (HERNANDEZ-MUÑOZ et al., 2008; ADAY; CANER, 2014). A alteração da cor ocorre durante a senescência, fazendo com que os frutos se tornem mais escuros e vermelhos ao

longo do tempo de armazenamento (HOLCROFT; KADER, 1999; VICENZI, 2014).

Figura 5. Diagrama do espaço de cor CIE L\*C\*h



Fonte: [Compreendendo o Espaço de Cor CIE L\\*C\\*h | Konica Minolta Sensing](#)

Tabela 6. Parâmetro  $h^\circ$  em morangos hidroresfriados (controle) e associados a sanitização com cloro e ozônio durante 9 dias de armazenamento.

Tratamento	dia 0	dia 3	dia 6	dia 9
Controle	34,9 a	40,3 a	41,96 a	38,5 a
Cloro	34,9 a	41,83 a	39,46 a	40,03 b
Ozônio	34,9 a	38,2 a	39,66 a	37,73 a

As análises foram realizadas em 3 repetições e os resultados estão expressos pela média e Tukey. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si ( $p > 0,05$ ), segundo teste Tukey.

## 5.7. MICROBIOLÓGICA

Não foi detectada a presença de *Salmonella* spp., e a população de *E. coli* foi  $<3$  NMP/g em todas as amostras analisadas ao longo do armazenamento, independente do tratamento aplicado. Indicando que os morangos utilizados neste trabalho estavam com qualidade microbiológica adequada e de acordo com a legislação (BRASIL, 2022). No entanto, algumas pesquisas apontam que uma combinação de radiação UV com água ozonizada foi capaz de reduzir a contagem destes microrganismos em alface (PANG; HUNG, 2016).

Verificou-se diferença significativa na contagem de bolores e de leveduras em

decorrência do tratamento ( $p < 0,05$ ) (Tabela 7). Foi observado, logo no primeiro dia de tratamento ( $t=0$ ) diferença significativa entre as amostras controle e as amostras tratadas com sanitizantes, indicando que os sanitizantes foram importantes para retardar o crescimento microbiano até o último dia de armazenamento (Tabela 7). A contagem no 9º dia de armazenamento para amostra controle foi de  $1,06 \times 10^6$  UFC/g. Segundo Reis et al. (2008), a alta presença de fungos é indesejável pois são capazes de produzir uma variedade de enzimas, o que acaba provocando a deterioração do fruto, além de produzirem metabólitos tóxicos.

Tabela (7): Contagem de bolores e leveduras (log UFC/g) em morangos hidrosfriados (controle) e associados a sanitização com cloro e ozônio durante 9 dias de armazenamento.

Tratamento	dia 0	dia 3	dia 6	dia 9
Controle	5,24 b	5,65 b	5,89 b	6,02 b
Cloro	4,13 a	4,08 a	4,73 a	4,91 a
Ozônio	4,36 a	4,30 a	4,88 a	4,99 a

As análises foram realizadas em 3 repetições e os resultados estão expressos pela média e Tukey. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si ( $p > 0,05$ ), segundo teste Tukey.

A amostra controle apresentou contagem de bolores e leveduras variando entre 1,72 e  $7,93 \times 10^5$  UFC/g, sendo que, no último dia de armazenamento foi verificado um aumento de um ciclo logarítmico quando comparado ao dia inicial. As amostras tratadas com cloro e/ou ozônio mantiveram valores dentro de  $10^4$  UFC/g do início até o final do armazenamento. Desse modo, a contagem de bolores e leveduras nos frutos hidrosfriados e sanitizados permaneceu inferior aos valores obtidos pelo morango apenas hidrosfriado (controle). Estes resultados são importantes, uma vez que, a presença de fungos é um dos maiores problemas do morango durante a pós-colheita, pois são responsáveis pelo desenvolvimento do mofo cinzento e da podridão mole (FLORES-CANTILLANO, 2003). Analisando o crescimento dos fungos no decorrer do armazenamento (Tabela 7), verificou-se um valor de  $R^2 > 0,95$ , indicando a eficiência do tratamento sanitizante no combate de fungos filamentosos e leveduras. Verificou-se também que o cloro e o ozônio apresentaram o mesmo grau de efetividade em relação ao combate microbiano na conservação de indicando que o ozônio pode ser utilizado como sanitizante de morango, uma vez que, por não formar compostos carcinogênicos, torna-se um sanitizante ecologicamente mais adequado e seguro.

Segundo Victorin (1992) existem dois mecanismos no qual o ozônio atua na destruição de biomoléculas, o primeiro seria oxidando grupos sulfrídila e alguns aminoácidos, proteínas e peptídeos, e como segundo mecanismo, há a ação do gás como agente oxidante de ácidos graxo poli-insaturados a peroxiácidos. Essa capacidade do ozônio em inativar ou inibir o desenvolvimento dos microrganismos além de não gerar subprodutos indesejados como o cloro, é fundamental quando se trata em segurança dos alimentos, pois, pode representar uma forma de controle de diferentes espécies de microrganismos. Enquanto o cloro age apenas intracelular, afetando elementos no interior do microrganismo, como enzimas, proteínas, DNA e RNA (PEZZI, 2009), desse modo, sugere-se que não houve diferença significativa, por conta de um dos mecanismos de ação do ozônio ser eficiente apenas na parede celular de bactérias (peptideoglicano), e não de bolores, composta por quitina.

## 6 CONCLUSÃO

A qualidade dos morangos certificadas a partir das avaliações físico-químicas não apresentaram diferença significativa, indicando manutenção da mesma durante todo o período de armazenamento independentemente do tratamento utilizado. Verificou-se, que nas condições deste estudo, o processo de hidrosfriamento associado ao ozônio e cloro, não mostrou diferença significativa referente aos parâmetros físico-químicos;

Não foram observadas presença de *Salmonella* spp., nem *E. coli* nos morangos. Indicando que os frutos utilizados atendem à Legislação da ANVISA- Resolução RDC nº 161, de 2 de janeiro de 2022, do Ministério da Saúde.

Amostras tratadas com cloro e ozônio, apresentaram uma melhora significativa em relação ao controle de bolores e leveduras, quando comparada com a amostra controle, enfatizando a eficiência dos sanitizantes em reduzir a população contaminante deteriorante até o nono dia de armazenamento refrigerado. Desse modo, o ozônio pode ser adotado como uma alternativa ao cloro, uma vez que, apresentou resultados semelhantes na redução microbiana, além de apresentar vantagens referente ao meio ambiente, por não formar subprodutos indesejáveis como o cloro e não alterar as propriedades físico-química dos frutos.

## REFERÊNCIAS

- AABY, K.; SKREDE, G.; WROLSTAD, R. E. Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, p. 4032-404, 2005.
- ADAY, M.S.; CANER, C. Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. *Food Science and Technology*, v. 57, p. 344-351, 2014.
- ALEXOPOULOS, A.; PLESSAS, S.; CECIU, S.; LAZAR, V.; MANTZOURANI, I.; VOIDAROU, C.; STAVROPOULOU, E.; BEZIRTZOGLU, E. Evaluation of ozone efficacy on the reduction of microbial population of fresh cut lettuce (*Lactuca sativa*) and green bell pepper (*Capsicum annuum*). *Food Control*, v.30, p.491-496, 2013.
- ALEXANDRE, E. M. C.; BRANDÃO, T. R. S.; SILVA, C. L. M. Efficacy of nonthermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. *Journal Food Engineering*, v. 108, p. 417-426, 2012.
- ALVARO, J. E. et al. Effects of peracetic acid disinfectant on the postharvest of some fresh vegetables. *Journal of Food Engineering*, v. 95, p. 11–15, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.05.003>
- ALVES FG; MOTA WF; DIAS MSC; ALVES FQG; SILVA FC. Comportamento pós colheita de frutos de morangueiro mantidos sob temperatura refrigerada após a aplicação de produtos biológicos. 2010. *Horticultura Brasileira* 28: S4070-S4075.
- ANTUNES, C.E.L.; BONOW, S. **Morango, produção aumenta ano a ano**. *Revista campo & negocio*, ed. Gazeta, 2020, São Paulo, p. 87-89.
- ANTUNES, C.E.L.; CARVALHO, L.G; SANTOS, M.A; A CULTURA DO MORANGO. *Revista e ampliada*, 2º ed., 2011, Brasília, p. 9-41.
- ANTONIOLLI, L. R. Efeito do hipoclorito de sódio sobre a microbiota de abacaxi “Pérola” minimamente processado. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, SP, v.27, n.1, p.157-160, abr.2005.

ANDRADE, N.J. Higiene na indústria de alimentos: avaliação e controle da adesão e formação de filmes bacterianos. São Paulo: Varela, 2008. 412p.

ANDRADE NJ & MARTYN MEL (1996) Limpeza e sanitização na indústria de alimentos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 39p.

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Systems and applications. Methods of precooling of fruits, vegetables and flowers. Atlanta, 1994. cap.10, p.1-10.

ASSIS, M. Produção de matrizes e mudas de morangueiro no Brasil. In: SIMPOSIO NACIONAL DO MORANGO, 2., 2004, Pelotas. Anais... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 45-50.

BANWART GJ (1989) Basic food microbiology. 2ªed. New York, Van Nostrand Reinhold. 774p.

BOONYAKIAT, D.; CHUAMUANGPHAN, C.; MANIWARA, P.; SEEHANAM, P. Comparison of physico-chemical quality of different strawberry cultivars at three maturity stages. International Food Research Journal, v.23, n.6, p.2405–2412, 2016.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de morangos cv. Oso Grande (*Fragaria ananassa* L.) sob elevadas pressões de CO<sub>2</sub> **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 1, p. 10-14, 2001.

BRACKMANN, A; VIZZOTTO, M.; CERETTA, M. Qualidade de uvas CVs "Dona Zilé e Tarde de Caxias" sob diferentes condições de armazenamento. Ciência e Agrotécnica. Lavras, v.26, n.5, p. 1000-1027, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC- 695, de 13 de maio de 2022. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC- 161, de 2 de janeiro de 2022. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

- BRODOWSKA, A. J.; NOWAK, A.; ŚMIGIELSKI, K. Ozone in the food industry: Principles of ozone treatment, mechanisms of action, and applications: An overview. *Critical reviews in food science and nutrition*. v. 58, n. 13, p. 2176-2201. 2018.
- CALBO. G. A; MORETTI. L. C; HENZA. P. G; *Respiração de Frutas e Hortaliças*. Embrapa. Brasília, 2007.
- CANTILLANO, R. F. F. Manuseio pós-colheita. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R.; SCHWENGBER, J. E. *Morangueiro*. Brasília, DF: Embrapa, 2016, p. 509-533.
- CANTILLANO, R.F. (Ed.). *Morango: pós-colheita*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 28 p. (Frutas do Brasil, 42).
- CASTRO, R. L. de. Melhoramento genético do morangueiro: avanços no Brasil. In: RASEIRA, M. do A. B. et al. (Eds.). *II SIMPOSIO NACIONAL DO MORANGO*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 299 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 124).
- CAVALCANTE, D. A. Avaliação do tratamento com água ozonizada para higienização de alface (*Lactuca sativa*). 2007. 102 F. Dissertação Mestrado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual De Campinas, Campinas.
- CENCI, S. A. . Boas Práticas de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças na Agricultura Familiar. In: Fenelon do Nascimento Neto. (Org.). *Recomendações Básicas para a Aplicação das Boas Práticas Agropecuárias e de Fabricação na Agricultura Familiar*. 1a ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006, v. , p. 67-80.
- CENCI, S. A; SOARES, A. G.; FREIRE JUNIOR, M. *Manual de perdas póscolheita em frutos e hortaliças*. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1997.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: UFLA. 2ª Ed. 256p. 2005.
- CHIATTONE P.V, TORRES L.M, ZAMBIAZI R.C. *Aplicação do ozônio na indústria de alimentos*. Alim Nutr. 2008.

CZYZEVSKI. J; COPPETTI. L; BOEMO. S.L; Projeto de Implantação da cultura do morango em diferentes métodos de cultivo. Unijuí. 2022.

EMBRAPA. Sistema de Produção do Morango. Disponível em: [https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducaoif6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=4201&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoId=1316](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaoif6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=4201&p_r_p_-996514994_topicoId=1316)>; Acesso em: 20 de dezembro de 2022.

ESTRELA. C.; ESTRELA. R. A. C; BARBIN. L. E; SPANO. E. C.J; MARCHESAN. A. M; PÉCORA. D.J; Mechanism of Action of Sodium Hypochlorite. Braz Dent J. São Paulo, 2002.

FELLOWS, P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática. Métodos de processamento mínimo. In:\_\_\_\_\_. Porto Alegre: Artmed, cap. 7, p. 376-380. 2019.

FERREIRA. L. A; Extração e Quantificação de Antocianina em fruta e polpa de morango. Fema. Assis. 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agro tecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Ed. UFV, 2003. 402 p

FLORES-CANTILLANO, RF; CASTAÑEDA, LMF.; TREPTOW, RO; SCHUNEMANN, APP. 2008. Qualidade físico-química e sensorial de cultivares de morango durante o armazenamento refrigerado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 29p.

FRANCO, B. D. G.de M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos Alimentos. 2 ed. Editora Atheneu. São Paulo: 2003.

GEREFFI, S. Control of Salmonella Cross Contamination Between Green, Round Tomatoes in a Model Flume System. M.S. Thesis. University of Florida, Gainesville, p. 85. 2014.

- GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S. Higiene e vigilância sanitária de alimentos: qualidade das matérias-primas, doenças transmitidas por alimentos, treinamento de recursos humanos. 3.ed. São Paulo: Manole, 2008. 1032p.
- GIAMPIERI, F.; FORBES-HERNANDEZ, T.Y.; GASPARRINI, M.; ALVEZ-SUAREZ, J.M.; AFRIN, S.; BOMPADRE, S.; QUILES, J.L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Strawberry as a health promoter: an evidence based review. *Food & Function*, v.6, n.5, p.1386–1398, 2015.
- GIL, M.I., D.M. HOLCROFT, AND A.A. KADER. 1997. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *J. Agric. Food Chem.* 45:1662–1667.
- GILLE, G.; SIGLER, K. Oxidative stress and living cells. *Folia microbial*, v. 40, p. 131-152, 1995.
- GOBLE, W. E.; COOLER, F. W. Quality and consumer acceptance of hydrocooled strawberries. Tennessee Agricultural Experiment Station. v. 344. 1962.
- GUBLER, W. D.; CONVERSE, R. H. Diseases of strawberry. In: COMMON names of plant diseases. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 1993. Disponível em: < <http://www.apsnet.org/publications/commonnames/Pages/Strawberry.aspx>.> Acesso em: 07 de dezembro de 2022.
- HASSAN, B. et al. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: a review. *International Journal Of Biological Macromolecules*, v. 109, 1095 - 1107, 2018.
- HERNANDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; DEL-VALLE, V.; VELEZ, D.; GAVARA, R. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, v.110, p. 428- 435, 2008.
- HIDALGO, G. I.; ALMAJANO, M. Red Fruits: Extraction of Antioxidants, Phenolic Content, and Radical Scavenging Determination: A Review. *Antioxidants*, v.6, n.1, p.1-27, 2017.

- HOLCROFT, D.M. AND A.A. KADER. 1999. Carbon dioxide-induced changes in color and anthocyanin synthesis of stored strawberry fruit. *HortScience* 37:1244–1248.
- HOLCROFT, D.M. & KADER, A.A. Controlled atmosphere – induced changes in pH and organic acid metabolism may effect color of stored strawberry fruit. *Posthavest Biology and Technology*, v. 17, p.19-32, 1999.
- HOSSAIN, A.; BEGUM, P.; ZANNAT, M.S; RAHMAN, M.H.; AHSAN, M.; ISLAM, S.N. Nutrient composition of strawberry genotypes cultivated in a horticulture farm. *Food Chemistry*, v.199, n.1, p.648–652, 2016.
- HUBER, D.J. The role of cell wall hydrolases in fruit softening. *Hot. Rev.* 5: 169-219. 1983.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p.183.
- IPEA. Desperdício - Custo para todos: Alimentos apodrecem enquanto milhões de pessoas passam fome. 2009.
- JACOMINO, A.P.; SARGENT, S.A.; BERRY, A.D.; BRECHT, J.K. Potential for grading, sanitizing, and hydrocooling fresh strawberries. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society.* v. 124, 221–226, 2011.
- JACKMAN, R.L.; SMITH, J.L. Anthocyanins and betalains. In: HENDRY, G.A.F. and HOUGHTON, J.D. *Natural Food Colorants*. London: Blackie Academic. p.183-241, 1992.
- JOSÉ, J.F.B.S.; Estratégias alternativas na higienização de frutas e hortaliças. *Rev. de Ciências Agrárias* vol.40 no.3 Lisboa set. 2017.
- KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In:\_\_\_\_\_. *Postharvest technology or horticultural crops*. 3 ed. California: University of California; Agriculture and Natural Resources, 2002. p. 435-461.
- Khadre, M. A.; Yousef, A. E.; Kim, J.-G.; *J. Food Sci.* **2001**, 66, 1242.

KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. *Journal of Food Protection*, v.62, p.1071-1087, 1999.

KONG, J. M. et al. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, v. 64, n. 5, p. 923-933, 2003.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and Postharvest Factors Influencing Vitamin C Content of Horticultural Crops. *Postharvest Biology and Technology*, vol 20, p 207-220, 2000.

LEROCH, M.; PLESKEN, C.; WEBER, R. W. S., KAUFF, F.; SCALLIET, G.; HAHN, M. Gray mold populations in German strawberry fields are resistant to multiple fungicides and dominated by a novel clade closely related to *Botrytis cinerea*. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 79, p. 159–167. 2013.

LIMA, A.F; CULTIVO DE MORANGO EM AMBIENTE TIPO TELADO, SOB MANEJOS DIFERENCIADOS DE IRRIGAÇÃO E DE FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA, NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE FORTALEZA, CEARÁ. 2014, Fortaleza.

LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. *Revista Brasileira Agrociência*, v.13, n.3, jul/set, 2007, p. 291-297.

LUND D.G, PETRINI L.A, ALEIXO J.A.G, ROMBALDI C.V. Uso de sanitizantes na redução da carga microbiana de mandioca minimamente processada. *Ciência Rural*. 2005; disponível em: < [SciELO - Brasil - Uso de sanitizantes na redução da carga microbiana de mandioca minimamente processada](#) [Uso de sanitizantes na redução da carga microbiana de mandioca minimamente processada](#)>

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

- MANNING, K. Soft fruits. in: SEYMOUR, G.N.; TAYLOR, J. E., TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Champman e Hall, p.347-373, 1993.
- MEYERS, K. J. et al. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, n. 23, p. 6887-6892, 2003.
- NADAS, A., OLMO, M., & GARCÍA, J. M. (2003). Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone enriched atmospheres. *Journal of Food Science*, 68(5), 1798-1802.
- PALHARINI, M. C. A.; SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; SIMIONATO, E. M. R. S.; FUMIS, T. F.; CECHIN, I. Preservation of minimally processed snap beans in passive modified atmosphere packaging. *Brazilian Journal of Food Technology*., v. 19, e2015114, 2016.
- Pang, Y. H., & Hung, Y. C. (2016). Efficacy of slightly acidic electrolyzed water and UV-ozonated water combination for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 on romaine and iceberg lettuce during spray washing process. *Journal of Food Science* , 81(7).
- PARASKEVOPOULOU-PARAUSSI, G; VASSILAKAKIS, M. 1995. Effects of temperature, duration of cold storage and packing on postharvest quality of strawberry fruit. *Acta Horticulture* 379: 337-44.
- PARK, S.; STAN, S.D.; DAESCHEL, M.A.; ZHAO, Y. Antifungal coatings on fresh strawberries to control mold growth during cold storage. *Journal of food science*, v.70, n°4, p. 200-207, 2005.
- PELAYO, C.; EBELER, S. E.; KADER, A. A. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 °C in air + 20 KPa CO<sub>2</sub>. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 27, n. 2, p. 171-183, 2003.
- PERRY, J. J.; YOUSEF, A. E. Decontamination of Raw Foods Using Ozone-Based Sanitization Techniques. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, v. 2. p. 281–298. 2011.
- PEZZI. E. O uso do ozônio como sanitizante em pós-colheita de produtos agrícolas. Monografia. Porto Alegre- RS. 2009.

POMPEU, DR; BARATA, VCP; ROGEZ, H. 2009. Impacto da refrigeração sobre variáveis de qualidade dos frutos do açaizeiro (*Euterpe oleracea*). *Alimentos e Nutrição* 20: 141-148.

PRICE, R.L. HOLANDA, L.F.F.; MOURA F., J.A. MAIA, G.A. MARTINS, C.B. (1975). Constituents of brazilian cashew apple juice. *Ciência Agrônômica*, 5(1-2): 61-65.

RAHMAN, M. M. (2016). Determination of maturity indices of strawberry in Dhaka, Bangladesh. *Bangladesh Journal of Botany*, 45(5), 1127-1134.

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

RESTAINO, L., FRAMPTON, E.W., HEMPHILL, J.B., PALNIKAR, P. Efficacy of Ozonated Water against Various Food-Related Microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 61, n. 9, p.3471-3475, 1995.

RONQUE, E. R. V. **A cultura do morangueiro** Curitiba: EMATER-PR, 1998. p. 183-202.

ROSA, O. O. Microbiota associada a produtos hortícolas minimamente processados em supermercados. 2002. 202p. Tese. (Doutorado em Ciências dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

Russel, A. D.; Hugo, W. B.; Avliffe, G. A. J. Principles and practice of disinfection, preservation and sterilization. 3.ed. Oxford: Blackwell Science, 1999. 826p.

SALUNKHE, D.K & DESAI, B.B. Assessment of postharvest losses and loss reduction biotechnology. in- Postharvest biotechnology of Vegetable. Florida, CRC Press, 1984.

SHTIENBERG, D. Rational management of Botrytis-incited diseases: Integration of control measures and use of warning systems. In: Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., Delen, N. Botrytis: Biology, pathology and control. Springer. 2004. p. 335–347.

SILVA, S. B. et al. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 2, p. 659-682, abr./jun. 2011.

SIQUEIRA, H.H., VILAS BOAS, B.M., JOSÉ DANIEL SILVA, J.D., NUNES, E.E., LIMA, L.C.O., SANTANA, M.T.A. Armazenamento de morango sob atmosfera modificada e refrigeração. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 33, no.spe. Lavras 2009.

TERUEL, B.; CORTEZ, L; FO, L. N. Estudo comparativo do resfriamento de laranja valência, em três sistemas de resfriamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.5, n.3, p.481-486, 2001.

TOIVONEN, P. M. A.; BRUMMELL, D. A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, v. 48, p. 1- 14, 2008.

VAUGHAN, J. G.; GEISLER, C. A. *The new Oxford book of food plants*. New York: Oxford University, 1997. 237 p.

VICTORIN, K. (1992). Review of genotoxicity of ozone. *Mutation Research* , 277(3), 221-238.

VIDAL, M. F.. Comportamento Recente Da Fruticultura Na Área De Atuação Do Bnb. *Caderno Setorial Etene*, ano 2, nº 15. Fortaleza-CE: Banco do Nordeste, set 2017.