

Desenvolvimento de embalagem ativa antimicrobiana natural conciliada com refrigeração ou congelamento para a conservação de morangos
Development of active natural antimicrobial packaging reconciled with refrigeration or freezing for the conservation of strawberries
Desarrollo de envases antimicrobianos naturales activos reconciliados con la refrigeración o la congelación para la conservación de las fresas

Recebido: 26/10/2020 | Revisado: 02/11/2020 | Aceito: 09/11/2020 | Publicado: 13/11/2020

Jaciara Jesus Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8547-1818>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: Jaciarajesus6@gmail.com

Mariane Daniella da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2900-9741>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: marianedaniella@hotmail.com

Mariana Soares Guimarães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7533-8036>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: mari_guimaraes2012@hotmail.com

Letícia Biazzi de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9902-6117>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: leticiabiazzi96@gmail.com

Talita Garcia Lopes Viçoso

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5917-7140>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: talita@vicoso.com.br

Maria Laura Ferreira Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5843-8844>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: marialaura2604@gmail.com

Jesley Pires Tomaz Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7776-7969>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: jesleypires@hotmail.com

Lya Bueno de Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3393-1034>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: Lyabuenodecarvalho@gmail.com

Crispin Humberto Garcia Cruz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2482-0639>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: crispin.garcia-cruz@unesp.br

Fernanda Maria Pagane Guerreschi Ernandes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2822-5901>

Universidade Paulista, Brasil

E-mail: fermariapague@gmail.com

Resumo

O trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade e a conservação do morango na refrigeração e no congelamento da fruta em um sistema de embalagem ativa composto por bandejas de poliestireno estendida, sachês antimicrobianos incorporados com óleo essencial de cravo-da-índia e filme policloreto de polivinila (PVC). Os resultados demonstraram eficácia das embalagens durante a refrigeração e o congelamento, uma vez que, a estabilidade da fruta foi maior quando se utilizou o sachê antimicrobiano e as análises sensoriais complementaram a efetividade da embalagem ativa, pois, atendeu às exigências dos provadores, após 13 dias de armazenamento. Portanto, o estudo comprovou que a associação de baixas temperaturas de conservação e o desenvolvimento de um sistema de embalagem ativa com óleo essencial natural aumentou a vida de prateleira da fruta, conseqüentemente, preservaram as características sensoriais, evitaram as deteriorações químicas e garantiram a segurança do fruto, pois, inibiu o crescimento microbiano, além de, apresentar grande potencial para a aplicação no mercado de alimentos, visando garantir e, ou monitorar a qualidade e segurança do produto testado.

Palavras-chave: Conservação; Óleo essencial; Cravo-da-índia; Sache antimicrobiano; Policloreto de polivinila (PVC).

Abstract

The objective of this work was to evaluate the quality and conservation of strawberry in fruit refrigeration and freezing in an active packaging system composed of extended polystyrene trays, antimicrobial sachets incorporated with clove essential oil and polyvinyl chloride film (PVC). The results showed efficacy of the packaging during refrigeration and freezing, since the stability of the fruit was higher when the antimicrobial sachet was used and the sensory analyses complemented the effectiveness of the active packaging, because it met the requirements of the tasters, after 13 days of storage. Therefore, the study proved that the association of low storage temperatures and the development of an active packaging system with natural essential oil increased the shelf life of the fruit, consequently preserved the sensory characteristics, avoided chemical deterioration and ensured the safety of the fruit, because it inhibited microbial growth, besides presenting great potential for application in the food market, aiming to ensure and, or monitor the quality and safety of the tested product.

Keywords: Conservation; Essential oil; Clove; Antimicrobial sachet; Polyvinyl chloride (PVC).

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad y conservación de la fresa en refrigeración y congelación de frutas en un sistema de envasado activo compuesto por bandejas de poliestireno extendidas, dolores antimicrobianos incorporados con aceite esencial de clavo de olor y película de policloruro de vinilo (PVC). Los resultados mostraron la eficacia del envase durante la refrigeración y la congelación, ya que la estabilidad de la fruta fue mayor cuando se utilizó el dolor antimicrobiano y los análisis sensoriales complementaron la eficacia del envase activo, ya que cumplía con los requisitos de los catadores, después de 13 días de almacenamiento. Por lo tanto, el estudio demostró que la asociación de bajas temperaturas de almacenamiento y el desarrollo de un sistema de envasado activo con aceite esencial natural aumentaba la vida útil de la fruta, en consecuencia preservaba las características sensoriales, evitaba el deterioro químico y aseguraba la seguridad de la fruta, ya que inhibía el crecimiento microbiano, además de presentar un gran potencial de aplicación en el mercado alimentario, con el objetivo de garantizar y, o controlar la calidad y seguridad del producto probado.

Palabras clave: Conservación; Aceite esencial; Clove; Dolor antimicrobiano; Policloruro de vinilo (PVC).

1. Introdução

O morango (*Fragaria ananassa Duch*) é considerado um dos frutos mais importantes do mundo devido ao seu aroma e sabor doce e também pela possibilidade de ser a matéria-prima de diferentes produtos que apresentam alto valor econômico agregado. É uma das frutas mais estudadas por apresentar propriedades nutricionais e nutracêuticas (Wang et al., 2016).

Em consequência de sua rápida desidratação, das alterações fisiológicas, dos danos mecânicos e da susceptibilidade a deterioração por fungos, o morango, é altamente perecível e apresenta vida curta pós-colheita, normalmente estimada em 05 dias a 20 °C, o que decorre de danos no fruto durante o armazenamento, portanto, isso implica em perdas econômicas, especialmente para os países exportadores (Amal et al., 2010).

Dentre os micro-organismos que mais deterioram os morangos, o fungo *Botrytis cinerea* é o que mais se destaca, pois reduz o rendimento da produção em 30 a 60% devido a sua capacidade de se desenvolver em temperaturas de refrigeração e causar um mofo cinzento no tecido da fruta, minimizando a vida de prateleira do produto. Outro fungo que abrange a contaminação pós-colheita dos morangos é o *Rhizopus stolonifer*, seu crescimento provoca manchas marrons e o amolecimento por podridão no tecido da fruta. Além de que, pode se desenvolver durante o armazenamento refrigerado da fruta e também tolera condições quentes e secas (Tournas; Katsoudas, 2015). Outra espécie fúngica importante, capaz de contaminar os morangos, é o *Aspergillus Niger*, capaz de causar danos na produção, pois a contaminação pode ocorrer durante a colheita, no processamento e na manipulação das frutas (Jesen et al., 2013).

A principal forma de conservação utilizada em frutas é a refrigeração por meio da redução da taxa respiratória e da atividade metabólica, a fim de retardar o amadurecimento. O congelamento também é empregado, pois, contribui para que haja disponibilidade e acesso aos frutos por maior período de tempo, inclusive, fora da época de produção. As temperaturas de refrigeração e congelamento reduzem as alterações químicas e enzimáticas, mantendo assim, a qualidade e a conservação das frutas (Vergara, et al., 2018).

As embalagens exercem um papel secundário na conservação das frutas, assim como do morango, e é responsável pela restrição à perda de água. Uma alternativa para auxiliar no controle de morangos é o emprego de embalagem ativa antimicrobiana, as quais têm sido

utilizadas em diversos frutos e hortaliças, promovendo a manutenção de sua qualidade por um período mais longo (Han et al., 2004). As embalagens ativas antimicrobianas são empregadas no controle das alterações pós-colheita, sendo, a melhor opção à substituição de fungicidas que são prejudiciais a saúde humana e ao meio ambiente (Vergara et al., 2018).

O aumento da procura da população para preservar os alimentos de forma natural levou à pesquisa de métodos alternativos de conservação, como, por exemplo, o uso de óleos essenciais. No entanto, a taxa alarmante de perda de frutas e hortaliças no Brasil e no mundo faz com que exista a necessidade do desenvolvimento de embalagens a base de protetores naturais com ação antimicrobiana, capazes de retardar o amadurecimento da fruta, estender a vida de prateleira, mantendo a qualidade do produto e ao mesmo tempo sendo isentos de efeitos tóxicos ao organismo humano (Hassan et al., 2018).

Diante do exposto, os processos de conservação que visam baixas temperaturas aliados ao uso de embalagens alternativas com a presença de sachês antimicrobianos naturais, se mostram uma opção promissora para reduzir a degradação e manter a qualidade de morangos. O objetivo da pesquisa foi desenvolver uma nova tecnologia de embalagem ativa para agregar valor às frutas, em especial o morango e avaliar a estabilidade dos morangos armazenados sob temperatura ambiente, de refrigeração e congelamento em uma embalagem ativa antimicrobiana natural contendo o óleo essencial de cravo-da-índia.

2. Metodologia

2.1 Amostras

Os morangos foram coletados em fase de maturação completa em mercado local de São José do Rio Preto (SP). Os frutos apresentavam boa aparência e qualidade. Foram sanitizados com hipoclorito de sódio e armazenados em bandejas de poliestireno estendida em temperatura ambiente, refrigeração e congelamento (Figura 1).

Figura 1 – Morangos selecionados para a pesquisa e amostras separadas para armazenamento e análises.



Fonte: Autores (2020).

2.2 Sistema de embalagem ativa antimicrobiana

De acordo com o tratamento usado, os morangos foram submetidos ou não ao sistema de embalagem ativa antimicrobiana. Para isso, a quantidade de três unidades de morangos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido (Figura 1), todas as bandejas contendo ou não o sache antimicrobiano natural foram fechadas com filme PVC.

Os saches ativos antimicrobianos contendo o óleo essencial foram elaborados a partir da incorporação do óleo de cravo-da-índia em 1 g de gelatina sem sabor, na concentração de 4% em relação à quantidade de gelatina. Após a incorporação do óleo essencial na gelatina, esta foi acondicionada em saches pré-preparados a partir do tecido-não-tecido (TNT), com dimensão de 5 cm de altura e 3 cm de largura.

As embalagens prontas foram armazenadas sob temperatura de refrigeração ($10 \pm 0,5^\circ\text{C}$), congelamento ($-18 \pm 0,5^\circ\text{C}$), ambos com umidade relativa fixa de $90 \pm 5\%$, e, em temperatura ambiente ($28 \pm 0,5^\circ\text{C}$), pelo período de 13 dias.

Os diferentes tratamentos empregados para o estudo da estabilidade do morango sob armazenamento foram divididos nos tratamentos 1, 2 e 3, que referiram-se às embalagens controle (sem o sache antimicrobiano natural) e os 4, 5 e 6 às embalagens agregadas ao sistema ativo (com o sache antimicrobiano), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Tratamentos empregados para o estudo da estabilidade do morango sob armazenamento.

Tratamentos	Especificações	Sache antimicrobiano	Temperatura de armazenamento (°C)
1	Controle A	Não	28
2	Controle B	Não	10
3	Controle C	Não	-18
4	Sistema ativo A	Sim	28
5	Sistema ativo B	Sim	10
6	Sistema ativo C	Sim	-18

Fonte: Autores.

2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com esquema fatorial 6 x 4. Os fatores estudados foram as embalagens com ou sem o sistema ativo antimicrobiano (tratamentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6) e tempo de armazenamento (3, 6, 10 e 13 dias). Foram utilizadas duas repetições por tratamento, sendo cada uma composta por 03 unidades de morangos.

2.4 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram feitas no primeiro dia de coleta com o morango *in natura* e após 3, 6, 10 e 13 dias de armazenagem para os tratamentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6. A cada dia de análise, foram avaliadas 02 amostras por tratamento, sendo cada repetição composta por uma bandeja contendo 03 unidades de morangos.

Foi analisada a incidência de podridões pela presença do número de morangos deteriorados, apresentado sintomas visuais de presença de micélios em suas superfícies ou desintegração da casca e a massa total do morango.

O Teor de Sólidos Solúveis Totais das bagas (SST) foi determinado por leitura refratométrica direta (°Brix) de uma alíquota de suco da polpa extraída por prensagem manual em um refratômetro portátil com escala variando de 0 a 32 °Brix.

A análise de pH foi feita em potenciômetro aferido com soluções tampão de pH 4 e 7 diretamente no suco extraído por prensagem manual.

O teor de ácido ascórbico foi analisado por meio de titulação com iodeto de potássio pelo método titulométrico do Instituto Adolf Lutz (2008). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 gramas de amostra.

2.5 Análise Sensorial

Análises sensoriais foram realizadas para a verificação da aceitação do produto. Para a realização das análises sensoriais por voluntários o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Paulista (UNIP) de São José do Rio Preto, 15092-415, o qual foi aprovado e gerado o número do parecer: 2.962.497, permitindo assim as realizações das análises.

Para que as amostras fossem avaliadas sensorialmente quanto à aceitação em relação à aparência global foram selecionados 30 voluntários não treinados, cada voluntário avaliou duas amostras, uma com o sachê e outra sem o sachê.

Para a realização das análises sensoriais as embalagens foram expostas em cabines com boa iluminação, onde os provadores as avaliaram em relação a sua aparência global e intenção de compra. Para a aparência global foi empregada uma escala hedônica estruturada de nove pontos com os extremos correspondendo a “desgostei extremamente” e “gostei extremamente”. Para a intenção de compra foi utilizada uma escala estruturada de cinco pontos, com extremos correspondendo a “certamente não compraria” e “certamente compraria”, conforme ficha apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Modelo da ficha de avaliação sensorial quanto à aparência global da amostra e de intenção de compra para o morango em sistema de embalagem com sachê antimicrobiano armazenado sob temperaturas baixas.

Nome: _____	Idade: _____
E-mail: _____	Data: _____
Telefone: _____	
Amostra: _____	

APARENCIA GLOBAL DA AMOSTRA
A - Você está observando uma amostra codificada com o Sistema de embalagem “ativa” antimicrobiana para morango armazenado sob baixa temperatura. Por favor, avalie a APARENCIA GLOBAL DA AMOSTRA de acordo com a escala abaixo:
9 – Gostei extremamente
8 – Gostei muito
7 – Gostei moderadamente
6 – Gostei ligeiramente
5 – Nem gostei/Nem desgostei
4 – Desgostei ligeiramente
3 – Desgostei moderadamente
2 – Desgostei muito
1 – Desgostei extremamente

B – Comente o que você mais gostou ou menos gostou na APARENCIA GLOBAL DA AMOSTRA:
Mais gostou _____
Menos gostou _____

INTENÇÃO DE COMPRA
C – Se você encontrasse esse morango em um Sistema de embalagem “ativa” antimicrobiana mantida sob baixa temperatura à venda no mercado, você:
5- Certamente compraria
4 – Possivelmente compraria
3 – Talvez comprasse/talvez não comprasse
2 – Possivelmente não compraria
1 – Certamente não compraria
Obrigada pela atenção!

Fonte: Autores.

3. Resultados e Discussão

Inicialmente foi obtida a massa média inicial do morango recém-colhido resultando em 129,30 g (Dia 1 de análise). O aspecto do morango foi considerado excelente, sem incidência de podridões. Os valores de teor de sólidos totais (SST) e do pH foram, 15,71 °Brix e 3,03, respectivamente.

Ao avaliar o parâmetro de índice de podridão foi observado que a temperatura e o tempo de conservação bem como a presença de sachê antimicrobiano influenciaram na conservação do morango agindo na incidência de podridão. O percentual de frutos podres sofreu interferência principalmente dos tratamentos sem os sachês antimicrobianos e sob

temperatura ambiente, onde, a incidência de podridões foi elevada em relação aos tratamentos que foram mantidos em refrigeração e congelamento (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias de índice de podridão (%) dos tratamentos, sob temperatura ambiente, refrigeração e congelamento.

Tratamentos	Dia 1 (%)	Dia 3 (%)	Dia 5 (%)	Dia 10 (%)	Dia 13 (%)
1	0,00	83,33	100,00	100,00	100,00
2	0,00	0,00	33,33	66,66	66,66
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	66,60	100,00	100,00	100,00
5	0,00	0,00	0,00	49,99	49,99
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autores.

Após três dias de armazenamento as amostras 1 e 4 começaram a apresentar podridão, são os tratamentos que estavam em temperatura ambiente, porém, a amostra sem o uso de sache (1) apresentou maior índice de podridão do que a que continha o sache (4). No dia 5 essas amostras já estavam 100% podre, enquanto os tratamentos com o uso de sache e temperatura controlada (5 e 6) ainda estavam intactas. No dia 10, apenas as amostras congeladas estavam intactas e o tratamento com o uso de sache e refrigeração (tratamento 5) era a menos atingida quando comparada com o tratamento sob refrigeração e sem o uso do sache antimicrobiano (amostra 2).

Ao final dos dias de análises, os tratamentos 3 e 6 foram os que apresentaram a melhor estabilidade dos morangos, ou seja, até ao final do estudo não houve índice de podridão nos referidos tratamentos, essas amostras não apresentaram nenhuma injúria ou dano nem podridão, pois, foram congeladas. O fruto do tratamento 5 foi o que apresentou o menor índice de podridão, isto ocorreu devido ao uso do sache antimicrobiano com o óleo de cravo-da-índia sob temperatura de refrigeração (Tabela 2).

Após a colheita os frutos permanecem respirando e a utilização do congelamento evita o amadurecimento, pois, preserva as células que permanecem intactas com o metabolismo ativo (Han et al., 2004).

Os pesquisadores Ávila et al. (2012) verificaram a influência do armazenamento refrigerado nas características físico-químicas em morangos no período de armazenamento de 8 dias. Assim como nessa pesquisa, os frutos foram colhidos em estágio de maturação comercial e com boa aparência. Os resultados quantificados pelos autores revelaram que o pH, as podridões e a perda de massa aumentaram durante o armazenamento. Eles obtiveram resultados de maiores valores de podridões no oitavo dia de armazenamento a 1°C. No presente trabalho, essas características apresentaram o mesmo comportamento, o aumento da podridão para os morangos refrigerados a 10 °C se deu no dia 10 de armazenamento.

Para a avaliação do pH das amostras, foram preparados extratos a partir das polpas dos morangos armazenados. As embalagens mantidas a temperatura ambiente apresentaram pH semelhante em relação aos morangos mantidos sob refrigeração e congelamento, independente da presença ou não de sachê antimicrobiano (Tabela 3).

Tabela 3 – Mudança de pH dos morangos ao longo dos 13 dias de análise, submetidos aos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Dia 1	Dia 3	Dia 6	Dia 10	Dia 13
1	3,03 ± 0,08	3,15 ± 0,06	3,28 ± 0,15	3,50 ± 0,12	6,00 ± 0,06
2	3,03 ± 0,08	3,15 ± 0,06	3,24 ± 0,12	3,12 ± 0,06	3,19 ± 0,15
3	3,03 ± 0,08	3,24 ± 0,12	3,22 ± 0,13	3,19 ± 0,18	3,06 ± 0,12
4	3,03 ± 0,08	3,20 ± 0,15	3,00 ± 0,17	4,50 ± 0,12	5,00 ± 0,06
5	3,03 ± 0,08	3,23 ± 0,13	3,18 ± 0,11	3,36 ± 0,07	3,06 ± 0,17
6	3,03 ± 0,08	3,28 ± 0,12	3,40 ± 0,09	3,10 ± 0,06	3,10 ± 0,13

Fonte: Autores.

Após a colheita do morango, o teor de ácidos orgânicos pode sofrer alterações, pois um aumento na respiração pode ocasionar a degradação oxidativa de alguns componentes da polpa (Costa et al., 2011). Os resultados obtidos nas análises de pH indicaram que houve

maior variação média nos tratamentos 1 e 4 no dia 13 (amostras em temperatura ambiente), nos demais tratamentos não houve variação, independente do uso do sachê (Tabela 3). Observou-se que conforme o fruto foi amadurecendo, o pH foi aumentando. O morango é ácido e chegou a ficar com pH neutro em temperatura ambiente, onde o fruto ficou 100% podre (tratamentos 1 e 4). A refrigeração e o congelamento mantiveram o pH dos frutos.

Em uma avaliação de morangos minimamente processados cultivados com UV-C feito por Crizel et al. (2012), os autores obtiveram pH de 3,29 para o morango sem aplicação da radiação e 3,23 para o morango tratado com UV-C, após 4 dias de armazenamento sob refrigeração o pH foi de 3,76 para o morango tratado. Esses valores estão de acordo com os valores da presente pesquisa, onde o morango armazenado sob refrigeração apresentou o pH de 3,03 e após 6 dias de 3,24.

Prado et al. (2003) observaram valores médios de 3,34 para o pH de abacaxi armazenados a 5 °C durante 8 dias, os quais são semelhantes aos desse trabalho, armazenados sob refrigeração e também sob congelamento, variaram de 3,10 a 3,36, para as amostras analisadas no dia 10 sob refrigeração de 10 °C.

Os teores de sólidos solúveis totais (SST) são um dos componentes mais importantes dos morangos, pois é responsável pelo sabor e pelo aroma, geralmente utilizado como índice de qualidade das frutas. Embora os SST mantiveram-se dentro da normalidade na vida pós-colheita do morango, observou-se que os valores analisados apresentaram diferenças entre si de acordo com os tratamentos empregados (Tabela 4).

Tabela 4 – Análise de teor de sólidos totais (SST) dos morangos submetidos aos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Dia 1 (°Brix)	Dia 3 (°Brix)	Dia 6 (°Brix)	Dia 10 (°Brix)	Dia 13 (°Brix)
1	15,71	6,00	4,90	4,75	2,20
2	15,71	7,35	6,95	6,35	6,55
3	15,71	7,40	5,75	7,00	5,95
4	15,71	6,95	3,65	2,25	2,25
5	15,71	6,35	7,00	6,75	6,85
6	15,71	7,30	6,55	6,40	7,25

Fonte: Autores.

Os resultados obtidos indicaram que houve uma diminuição gradativa nos tratamentos 1 e 4 (amostras em temperatura ambiente). Essa redução nos SST ocorreu devido à transferência dos açúcares para a respiração do fruto.

Nos demais tratamentos, os valores de SST médios variaram de acordo com as condições de armazenamento em que os morangos foram submetidos. Isso ocorreu, pois, em morangos maduros, um aumento em SST é geralmente relacionado à perda de água, sem mudanças no peso dos solutos por baga. E o decréscimo, é geralmente explicado pelo aumento em água por baga, embora possa estar associado também a uma perda de solutos e consumo de açúcar decorrente da atividade respiratória, do transporte de solutos, da transpiração ou do transporte de água para outras partes da planta (Scartazzini, 2018).

As amostras com o uso do sache antimicrobiano e temperatura controlada (5 e 6), foram as que apresentaram maior estabilidade nos teores de SST.

No trabalho de Moraes (2005) foram avaliados os SST de morangos armazenados a 5 °C, no dia 1 apresentou 5,5 °Brix e no dia 3 resultou em 6,1 °Brix. Já os morangos armazenados com atmosfera modificada sob refrigeração de 5 °C no dia 3 continuaram com 5,5° Brix. No 7º dia de armazenamento não foram observadas diferenças significativas entre as atmosferas (modificada e ambiente) a 5°C. Valores inferiores aos dos morangos dessa pesquisa, que no dia 1 apresentaram 15,71 °Brix e no dia 3 7,40 °Brix para a amostra com o

uso do sache antimicrobiano e 7,30 °Brix para o tratamento sem o sache. Ao final dos 13 dias os SST foram de 7,25 °Brix (tratamento com sache) e 5,95 °Brix (tratamento sem sache).

Essa diminuição nos teores de SST no decorrer do tempo de armazenamento ocorreu devido ao maior consumo de constituintes orgânicos no processo respiratório do produto.

Os morangos também foram analisados quanto ao teor de vitamina C presente nos frutos. Essa quantidade varia conforme a variedade, o sistema de cultivo, a maturação do fruto, as condições climáticas pré-colheita e o manejo pós-colheita (Cozzolino, 2007).

Os resultados obtidos nas análises de vitamina C apresentaram melhor desempenho nos tratamentos 3 e 6 (amostras congeladas), os quais tiveram menor diminuição no teor de ácido ascórbico (Tabela 5).

Tabela 5 – Teores de vitamina C (mg de ácido ascórbico/100g) dos morangos submetidos aos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Dia 1	Dia 3	Dia 6	Dia 10	Dia 13
1	33,50	34,85	30,90	25,80	20,60
2	33,50	33,70	32,60	28,20	21,70
3	33,50	33,80	33,70	33,30	33,30
4	33,50	35,90	33,40	27,80	22,30
5	33,50	34,90	32,30	30,40	27,30
6	33,50	38,80	38,80	38,50	38,50

Fonte: Autores.

Os tratamentos com o uso de sache apresentaram melhores respostas quanto ao teor de vitamina C, principalmente para a amostra congelada. Prontamente, as amostras 1 e 4 (temperatura ambiente) foram os que tiveram maior queda no teor de vitamina C (Tabela 5).

Em um trabalho de caracterização química de morangos orgânicos congelados e embalados em alumínio ou plástico durante 105 dias, Resende et al. (2020) observaram que o teor de Vitamina C se manteve estável, pois no dia 1 apresentou 68,32 mg de ácido ascórbico/100g, no dia 21 esse teor caiu para 56,00 mg de ácido ascórbico/100g e após voltou para 62,42 mg de ácido ascórbico/100g no dia 105. No presente trabalho o teor de vitamina C

também se manteve estável, no dia 1 apresentou 33,50 mg de ácido ascórbico/100g, no dia 13 esse valor foi de 38,50 mg de ácido ascórbico/100g para o tratamento com o uso do sachê antimicrobiano.

A redução dos teores de ácido ascórbico pode ocorrer devido à alta atividade da enzima ácido ascórbico oxidase e à menor capacidade de sintetizar esse ácido durante a pós-colheita. Longos períodos de estocagem também aceleram a perda da vitamina C, pois, é sensível aos agentes físico-químicos, como luz, oxigênio e temperatura (Brackmann et al., 2011). Ela é considerada indicadora de qualidade dos nutrientes durante o processamento e armazenamento de alimentos, pois se o ácido ascórbico for retido, provavelmente os outros nutrientes também serão.

A temperatura de armazenagem e a presença de sachê antimicrobiano na embalagem foram variáveis importantes na retenção da maturação do morango e na preservação da sua qualidade, os resultados apresentados de um tratamento para outro em todas as características analisadas foram bem variáveis, já que, a temperatura interfere diretamente no processo de maturação juntamente com o tempo de armazenagem. O modo como é feito o armazenagem da fruta é interfere diretamente na conservação da vitamina C. É possível verificar, portanto, que a temperatura tem um grande efeito na qualidade do morango, e que o armazenagem e a comercialização em ambiente refrigerado são imprescindíveis para a manutenção da qualidade do fruto.

A partir da avaliação dos parâmetros índice de podridão, pH, SST e teor de vitamina C, foi possível observar que o uso do sachê antimicrobiano teve influencia na conservação da fruta. Geralmente, os agentes antimicrobianos são inseridos diretamente nos alimentos, porém, a atividade funcional desses agentes pode ser restringida por substâncias presentes no próprio alimento. Portanto, a utilização de filmes comestíveis ou sachês antimicrobianos pode ser mais efetivo do que adicionar os agentes antimicrobianos diretamente aos alimentos, pois, estes podem migrar da embalagem para a superfície do alimento, mantendo assim altas concentrações onde são mais necessárias (Frazão et al., 2017).

A ação antimicrobiana do óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) tem sido pesquisada por apresentar maior eficiência contra uma grande quantidade de micro-organismos, quando comparado com outros óleos essenciais. Este fator ocorre devido à presença do eugenol, o principal constituinte do óleo extraído do cravo-da-índia (Mohammadi Nejad et al., 2017). A embalagem antimicrobiana com aditivo de óleo essencial de cravo-da-índia tem a vantagem de oferecer um alimento de melhor qualidade, livre de patógenos

contaminantes e com um aditivo natural, que diferentemente do conservante sintético poderá proporcionar melhorias na saúde (Soares, 2004).

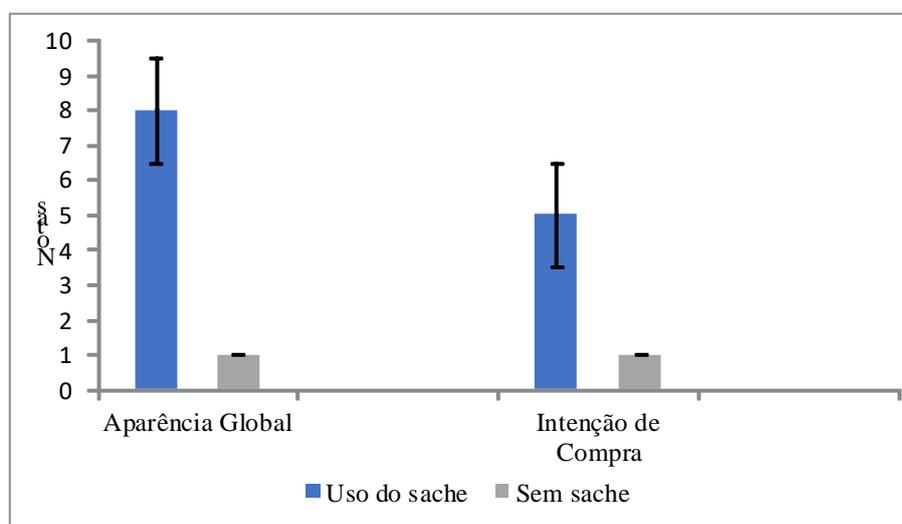
Várias pesquisas confirmam a eficácia do uso de óleos essenciais no controle de doenças e pragas no cultivo de morango. Como os autores Borges et al. (2013) que utilizaram óleo essencial de sálvia em morangos e seu estudo apresentou menor incidência de fungos nos frutos. Gebel; Magurno (2014) controlaram podridões de morangos por *Botrytis cinerea* com o uso de óleo essencial de tomilho. Também em trabalhos realizados com morango Scartazzini (2018) utilizou cobertura contendo 0,06% de óleo essencial de menta confirmando o seu caráter antifúngico também para o controle de *Botrytis cinerea*. A partir disso é possível verificar que os óleos essenciais são importantes agentes antimicrobianos e apresentam eficiência no controle sobre micro-organismos em frutas.

3.1 Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada após os 13 dias de armazenamento e as amostras foram avaliadas sensorialmente quanto à aceitação em relação à aparência global e intenção de compra por um grupo de 30 voluntários não treinados, cada voluntário avaliou duas amostras, uma que foi armazenada com o sache e outra sem o sache.

Os resultados obtidos foram satisfatórios, tanto para aparência global quanto para a intenção de compra para os frutos armazenados na embalagem com o sache, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Avaliação sensorial da aparência global e intenção de compra de 30 provadores não treinados para os morangos armazenados durante 13 dias sob refrigeração com o uso ou não de sachê antimicrobiano natural feito com óleo essencial de cravo-da-índia.



Fonte: Autores.

A nota 8 (gostei muito) foi a mais citada pelos provadores, comparada com a amostra sem o uso do sachê, com nota 1 (desgostei extremamente), pois, após o tempo de armazenamento os frutos armazenados em temperatura ambiente estavam podres.

Assim, nos resultados alcançados, a intenção de compra também foi superior para as amostras com o uso do sachê, atingindo 80% de intenção (Figura 3).

Na avaliação físico-química e sensorial de morangos armazenados a 5 e a 15 °C durante 8 dias, Pineli et al. (2008) verificaram que o armazenamento a 5 °C foi significativamente mais eficiente na manutenção da qualidade dos morangos e foi a preferência sensorial de 5 julgadores treinados.

Em um trabalho com o uso de óleo essencial de eucalipto para o controle de *Rhizopus stolonifer* em morangos, Biazotto (2019) verificou por meio de 22 provadores não treinados que a concentração utilizada do óleo essencial afetou de maneira negativa as características sensoriais dos morangos, pois, os provadores preferiram a amostra controle, sem o uso do óleo essencial de eucalipto. Esse resultado difere do presente trabalho, onde, o óleo essencial de cravo-da-índia não interferiu nas características sensoriais dos morangos e os provadores aceitaram de maneira positiva os frutos.

4. Conclusão

O desenvolvimento do sachê antimicrobiano natural apresentou diferenças nas embalagens armazenadas em refrigeração e congelamento, pois a estabilidade da fruta foi maior quando se utilizou o sachê antimicrobiano juntamente com o sistema de refrigeração e, as análises sensoriais complementaram a eficácia da embalagem ativa, pois atendeu às exigências dos provadores. A associação de baixas temperaturas de conservação e o desenvolvimento de um sistema de embalagem ativa antimicrobiana é importante, pois é capaz de aumentar a vida de prateleira, melhorar as características sensoriais, evitar as deteriorações químicas e contribuir para a inibição do crescimento de micro-organismos patogênicos, além de apresentar potencial de aplicação no mercado de alimentos, visando garantir e, ou monitorar a qualidade e segurança do produto testado.

Agradecimentos

A Universidade Paulista – UNIP de São José do Rio Preto – SP pela bolsa concedida para a pesquisa.

Referências Bibliográficas

Amal, S. H., et al. (2010). Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thimol or calcium chloride. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*. 2, 88.

Ávila, J. M. M., et al. (2012). Influência do sistema de produção e do armazenamento refrigerado nas características físico-químicas e no desenvolvimento de compostos voláteis em morangos. *Cienc. Rural*. 42, 12.

Biazotto, A. M. (2019). Desenvolvimento de partículas contendo óleos essenciais de eucalipto para o controle de *Rhizopus stolonifer* em morango (*Fragaria* sp.). Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Piracicaba.

Borges, C. D., Mendonça, C. R. B., Zambiasi, R. C., Nogueira, D., da Silva, E. M. P., Paiva, F. F. (2013). Conservação de morangos com revestimentos à base de goma xantana e óleo essencial de Sálvia. *Bioscience Journal*. 29, 5.

Brackmann, A., Pavanello, E. P., Both, V., Janisch, D. I., Schmitt, O. J., Giménez, G. (2011). Avaliação de genótipos de morangueiro quanto à qualidade e potencial de armazenamento. *Revista Ceres*. 58, 542.

Costa, A. S., et al. (2011). Uso de atmosfera controlada e modificada em frutos climatéricos e não-climatéricos. *Sitentibus série Ciências Biológicas*. 11, 1.

Cozzolino, S. M. F. (2007). Biodisponibilidade de nutrientes. Manole: São Paulo, SP.

Crizel, G. R., et al. (2012). Avaliação de morangos minimamente-processados cultivados com UV-C. *Simpósio de Segurança Alimentar*. Gramado.

Gebel, M. P., Magurno, F. (2014). Assessment of the antifungal potential of the essential oil from *Thymus vulgaris* against *Botrytis cinerea* causative agent of postharvest grey mould on strawberry fruits. *Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 1, 17.

Han, C., Zhao, Y., Leonard, S. W., Traber, M. G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria ×ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*. 33, 67.

Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: a review. *International Journal Of Biological Macromolecules*. 109, 1095.

Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos*. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.

Jesen, B., Knudsen, I. M. B., Andersen, B., Nielsen, K. F., Thrane, U., Jesen, D. F., Larsen, J. (2013). Characterization of microbial communities and fungal metabolites on field grown strawberries from organic and conventional production. *International Journal of Food Microbiology*. 160, 313.

Mohammadi Nejad, S., Özgüneş, H., Başaran, N. (2017). Pharmacological and Toxicological Properties of Eugenol. *Turk J Pharm Sci.* 14, 201.

Moraes, I. V. M. (2005). Morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Campinas.

Pineli, L. L. O., et al. (2008). Caracterização física, química e sensorial de morangos ‘osogrande’ e ‘camino real’ armazenados a 5 e a 15 °C. *Horticultura Brasileira.* 26, 2.

Prado, M. E. T., et al. (2003). Armazenamento de abacaxi ‘smooth cayenne’ minimamente processado sob refrigeração e atmosfera modificada. *Rev. Bras. Frutic.* 25, 1.

Resende, et al. (2020). Application of mixed models in the study of the adaptability and stability of short-day and neutral-day strawberry cultivars. *Research, Society and Development.* 9, 5.

Scartazzini, L. (2018). Estudo da atividade antifúngica do óleo essencial de menta incorporado em coberturas comestíveis à base de gelatina para aplicação em morango (*Fragaria x ananassa*). Tese de Doutorado em Engenharia de Alimentos. Florianópolis.

Soares, N. D. F. F. (2004). Fundamentos de estabilidade de Alimentos. Embrapa. Brasília. 3, 253.

Tournas, V. H., Katsoudas, E. J. (2015). Effect of CaCl₂ and Various Wild Yeasts From Plant Origin on Controlling *Penicillium expansum* Postharvest Decays in Golden Delicious Apples *Microbiology Insights.* 12, 6.

Vergara, L. P., et al. (2018). Bioactive compound retention in frozen red and yellow Strawberry guava pulps added with L-Ascorbic acid. *Rev. Bras. Frutic.* 40, 6.

Wang, Z., Cang, T., Qi, P., Zhao, X., Xu, H., Wang, X. (2016). Combined effect of sugar content and pH on the growth of a wild strain of *Zygosaccharomyces rouxii* and time for spoilage in concentrated apple juice. *Food Control.* 55, 215.

Porcentagem de contribuição por autor no manuscrito

Jaciara Jesus Silva – 10,0%

Mariane Daniella da Silva – 10,0%

Mariana Soares Guimarães – 10,0%

Letícia Biazzi de Lima – 10,0%

Talita Garcia Lopes Viçoso – 10,0%

Maria Laura Ferreira Martins – 10,0%

Jesley Pires Tomaz Silva – 10,0%

Lya Bueno de Carvalho – 10,0%

Crispin Humberto Garcia Cruz – 10,0%

Fernanda Maria Pagane Guerreschi Ernandes – 10,0%