

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE
TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

EDUARDA POMATTI
EVANDRO BARBIERI
GUSTAVO BOHN

REVESTIMENTOS NATURAIS E SUSTENTÁVEIS DE AÇÃO ANTIFÚNGICA NA
PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MORANGOS

São Miguel do Oeste – SC

2023

EDUARDA POMATTI
EVANDRO BARBIERI
GUSTAVO BOHN

REVESTIMENTOS NATURAIS E SUSTENTÁVEIS DE AÇÃO ANTIFÚNGICA NA
PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MORANGOS

Relatório do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Alimentos do Câmpus São Miguel do Oeste do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do diploma de Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Mariangela de Fátima Silva
Coorientadora: Profa. Dra. Tahis Regina Baú

São Miguel do Oeste – SC

2023

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Produção e Mercado de Morangos no Brasil	11
2.2 Benefícios do Consumo de Morangos para a Saúde	14
2.3 Fisiologia e qualidade do Morango Pós-colheita	14
2.4 Perecibilidade do Morango Pós-colheita.....	16
2.5 Principais Doenças do Morango Pós-colheita.....	17
2.6 Amido De Araruta e Revestimentos Comestíveis	18
2.7 Natamicina	22
2.8 Aplicação da Natamicina como Antifúngico	23
2.9 Revestimento Comestível.....	24
3 OBJETIVOS.....	25
3.1 OBJETIVO GERAL.....	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 Material	26
4.2 Métodos	26
4.2.1 Separação dos morangos para experimento do revestimento.....	26
4.2.2 Preparação da solução de revestimento de amido de araruta e natamicina	26
4.2.3 Revestimento dos Morangos na Solução de Amido e Natamicina.....	27
4.3 Análises de Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos dos morangos	28
4.3.1 Análise de pH (Potencial Hidrogeniônico).....	28
4.3.2 Acidez titulável em Ácido Cítrico (g.100g ⁻¹) (ATT).....	29
4.3.3 Análise de Sólidos Solúveis Totais (SST)	29
4.3.4 Determinação De Cor Instrumental.....	29
4.3.5 Firmeza Instrumental	30
4.3.6 Perda De Massa (%)	30
4.3.7 Análise Visual Com Registro De Imagens.....	30
4.3.8 Análises Microbiológicas	31
4.3.9 Análises de Dados e Estatísticas	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Solução de revestimento de amido de araruta e natamicina.....	32
5.2 Características dos morangos revestidos.....	32
5.3 Análise de pH	33

5.4 Acidez titulável em Ácido Cítrico ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) (ATT).....	34
5.5 Análise de Sólidos Solúveis Totais (SST)	35
5.6 <i>Ratio</i> (SST/ATT)	36
5.7 Cor instrumental	37
5.8 Firmeza.....	38
5.9 Perda de massa.....	40
5.10 Análise visual e registro de imagens.....	41
5.11 Análises microbiológicas.....	43
6 CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Maiores produtores de morango no mundo em 2021	11
Figura 2. Morango contaminado por <i>B. cinerea</i>	18
Figura 3. Planta araruta (<i>Maranta arundinacea</i> L.).....	19
Figura 4. Rizoma de araruta proveniente de cultivo orgânico (A), amido extraído de araruta 235 proveniente de cultivo orgânico (B) microscopia eletrônica de varredura do amido de araruta 236 (C): 300 x; (D):1.500 x.	19
Figura 5. Processamento para obtenção do amido de araruta.....	20
Figura 6. Representação esquemática da cadeia linear da amilose (ligação alfa 1-4) e amilopectina (ligação alfa 1-6).	21
Figura 7. Estrutura química da natamicina	22
Figura 8. O mecanismo de ação antimicrobiana da natamicina.....	23
Figura 9. Revestimento de morangos e secagem natural em suporte perfurado.....	27
Figura 10. Armazenamento dos morangos NR, RA e RAN sob refrigeração.	28
Figura 11. Morangos não revestidos (NR) e revestidos com araruta (RA) e araruta-natamicina (RAN)	32
Figura 12. Resultados de pH obtidos dos morangos para os tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.	33
Figura 13. Resultados de acidez titulável em ácido cítrico obtidos dos morangos para os tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.	34
Figura 14. Resultados de sólidos solúveis totais obtidos dos morangos para os tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.	35
Figura 15. Resultados de ratio obtidos dos morangos nos tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.	36
Figura 16. Resultados de firmeza obtidos dos morangos nos tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.	39
Figura 17. Resultados de perda de massa obtidos dos morangos nos tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.	40
Figura 18. Desenvolvimento fúngico nos morangos nos tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 17 dias (a) e morango tratamento RAN com suas características sensoriais preservadas (b).	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Principais estados produtores de morangos no Brasil em 2021	12
Quadro 2. Descrição da análise visual e odor dos morangos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.....	41
Quadro 3. Registros de imagem no tempo 0, 6 e 17 dos morangos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise de cor instrumental dos morangos nos tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias	37
Tabela 2. Análise microbiológica de bolores e leveduras nos morangos NR, RA e RAN sob refrigeração nos tempos 6 e 12.....	44
Tabela 3. Análise microbiológica de aeróbios mesófilos nos morangos NR, RA e RAN sob refrigeração nos tempos 6 e 12.....	44

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Cálculo de perda de massa (%) 30

RESUMO

A produção de morango tem grande importância no Brasil e no Oeste Catarinense. É um pseudofruto altamente valorizado pelo seu sabor, aroma, compostos bioativos, vitaminas, antocianinas, carotenoides e minerais. O morango é muito perecível e a cadeia produtiva sofre com a alta perecibilidade deste fruto. Devido sua alta taxa respiratória, textura macia, alta suscetibilidade a fitopatógenos fúngicos resulta em alterações importantes em seus parâmetros de qualidade, incluindo cor, textura na pós-colheita e qualidade nutricional. Alternativas com o uso de revestimentos naturais podem ajudar a reduzir as perdas pós-colheita e o desperdício desse fruto. A principal causa de perdas pós-colheita está diretamente ligada às doenças causadas por fungos *Botrytis cinerea* Pers., *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill, entre outros. Os fungos geram a podridão dos frutos, podendo chegar a mais de 50% de perda em toda a produção. Para amenizar o problema, pode-se recorrer dentre outras alternativas ao armazenamento eficaz sob refrigeração, embalagem adequada, processamento mínimo ou aplicar um revestimento comestível que prolongue a vida útil do fruto. Com o intuito de encontrar alternativas que sejam compatíveis com o fruto, que possam estender a vida útil, preservando a qualidade e a aceitabilidade do consumidor, o objetivo deste trabalho foi produzir um novo revestimento natural de amido de araruta e natamicina (RAN) e estudar seus efeitos extensão da vida útil e valorização pós-colheita de morangos da cultivar Florida Beauty. Os três tratamentos de morangos foram: não revestidos (NR), revestido somente com araruta (RA) e revestido com araruta e natamicina (RAN) armazenados sob refrigeração a $7 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR e analisados por 12 dias. A cada 3 dias foram realizadas análises do teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável, pH, determinação de cor instrumental, perda de massa, firmeza instrumental e análise microbiológica. Observou-se que o desenvolvimento de um revestimento natural, comestível e sustentável à base de plantas auxiliou na preservação da qualidade de morangos. Verificou-se que as análises que demonstraram resultados mais interessantes nos atributos físico-químicos e sensoriais do morango foi o tratamento RAN. A firmeza 1,8 N, pH 3,50, cor $L^* 21,51$; $a^* 28,00$; $b^* 17,59$; $C^* 33,30$; Hue 32,01, SST $5,7^{\circ}\text{Brix}$, redução da formação de bolores e leveduras e aspectos visuais gerais apresentaram melhorias. Estes resultados promissores apontaram que o revestimento com araruta e natamicina tiveram efeitos positivos na valorização da fruta *in natura*, reduzindo as perdas pós-colheita.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*, araruta, natamicina, aumento da vida útil, redução de perdas.

1 INTRODUÇÃO

O morango (*Fragaria × ananassa* Duch) é um dos pseudofrutos mais importantes do mundo, rico em compostos bioativos benéficos, vitaminas, minerais, antioxidantes, carotenoides e antocianinas. “O Brasil é um dos maiores produtores e ocupa a 7ª posição no *ranking* mundial com 218.881 toneladas” (Antunes; Reisser Junior; Bonow, 2021, p. 89). Nas regiões Sul e Sudeste encontram-se os estados mais produtores e consumidores desse pseudofruto. O estado de Santa Catarina tem destaque na produção e o Oeste Catarinense tem adotado a produção comercial de morangos como atividade alternativa pelos agricultores familiares para diversificação e o aumento da renda das propriedades (Marchi *et al.*, 2021). A comercialização *in natura* é uma tendência em feiras e mercados locais da região Oeste Catarinense, sinalizando o crescimento da demanda desta fruta (Scherer *et al.*, 2021).

O morango é uma fruta não climatérica, que apresenta alta taxa respiratória. A comercialização desta fruta é difícil a longas distâncias, devido a sua alta perecibilidade, textura macia e alta suscetibilidade a fitopatógenos fúngicos. Isso resulta em alterações importantes em seus parâmetros de qualidade, incluindo cor, textura e níveis de compostos bioativos (Treviño- Garza, García, Del, & Arévalo-Niño, 2015).

Os danos ocasionados pós-colheita podem ser mecânicos, feridas, batidas, no transporte ou comercialização deixando-os suscetíveis ao ataque de microrganismos causando perdas. O *Botrytis cinerea* Pers. é um dos principais fungos que atacam este fruto. O controle químico do mofo cinzento do morango causado por *B. cinerea* é essencial para prevenir o apodrecimento dos frutos pré e pós-colheita.

Promissores estudos vêm sendo conduzidos na extensão da vida útil pós-colheita e preservação da qualidade geral de frutas por meio de revestimentos comestíveis naturais (Barboza *et al.*, 2022). Há um aumento no interesse da aplicação destes revestimentos comestíveis na preservação e redução da deterioração e da qualidade pós-colheita de morangos (Chu *et al.*, 2020). Dentre os polissacarídeos, o amido é um promissor biopolímero natural devido ao seu baixo custo, o amido de araruta (*Maranta arundinacea*). É um produto barato e pouco explorado comercialmente. A natamicina é um biofungicida, considerado muito forte, que inibe a reprodução e o crescimento de fungos, como bolores e leveduras.

Sabe-se que não há estudos da junção dos compostos natamicina e amido de araruta para produção de um revestimento natural, comestível e sustentável tornando este trabalho inovador. O objetivo geral deste trabalho é produzir um revestimento natural de amido de

araruta e natamicina e estudar seus efeitos na preservação da qualidade, extensão da vida útil e valorização pós-colheita de morangos. Este revestimento tem o potencial de auxiliar na preservação da qualidade pós-colheita de morango, agregando valor e reduzindo perdas do produto na cadeia produtiva.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção e Mercado de Morangos no Brasil

O morango é considerado uma das frutas mais importantes do mundo, sendo consumidas *in natura* ou em uma ampla gama de produtos processados. A distribuição e comercialização de morango *in natura* a longas distâncias é dificultada devido à sua alta perecibilidade, alta perda de textura, que reduz sua qualidade (Lu *et al.*, 2018).

Pela primeira vez o Brasil aparece nas estatísticas da FAO (Food and Agriculture Organization), no ano de 2020, ocupou a décima sétima posição dentre os maiores países produtores de morango do mundo, sendo apurada uma área total de 4.500 hectares e produção anual de 165.440 toneladas. Entretanto, segundo os dados divulgados pela Embrapa, e em colaboração do Incaper-ES, Emater, APTA, e Epagri-SC, o Brasil cultivou anualmente cerca de

5.200 ha de morangueiro, apresentando uma produção de mais de 200.000 toneladas do produto (Antunes; Reisser Junior; Bonow, 2021). Os dados da Food *and Agriculture Organization* (FAO, 2021) mostram que a produção de morangos no Brasil obteve um crescimento acentuado onde passou da décima sétima posição para a oitava posição (Figura 1).



Fonte: FAO (2021)

A produtividade média do morango no Brasil é de cerca de 38,5 t/ha, com diferenças acentuadas entre regiões, dependendo do local e sistema de cultivo adotado. Nas regiões Sul e Sudeste concentram-se os estados responsáveis por mais de 80% da produção nacional. Minas Gerais (40%) é o produtor mais importante, seguido por São Paulo, com 25% da

produção e Rio Grande do Sul com 15% da produção (Reisser Junior; Antunes, 2016). De acordo com os autores Antunes, Reisser Junior e Bonow (2021), o estado de Santa Catarina possui uma área total de 225 ha de plantio, bem como uma produção média de 9.900t. A produtividade foi de 44 toneladas por hectare de plantio, como observado no Quadro 1 que apresenta a produção dos principais estados

brasileiros produtores de morangos.

Quadro 1. Principais estados produtores de morangos no Brasil em 2021

Estado	Área (ha)	Produção (t)	Produtividade (t/ha)
MG	2.800	120.000	43
PR	650	21.450	33
RS	552	26.650	48
SP	425	13.801	32
ES	292	16.000	54
SC	225	9.900	44
DF	200	7.400	37
BA	100	2.700	27
RJ	35	980	28
Total	5.279	218.881	-

Fonte: Antunes; Reisser Junior; Bonow (2021)

Segundo Antunes, Reisser Junior e Bonow (2021), em decorrência do período pandêmico, houve um aumento significativo no valor dos insumos, onde a estimativa do custo de produção, levando em conta a estrutura, o sistema de produção varia conforme a estrutura. Por exemplo, o sistema de produção com estufas altas varia de 9 a 14 reais para cada planta do morangueiro, isto dependendo da tecnologia de plantio empregada, podendo ser em *slabs*, calhas ou dependente do modelo da estufa, entre outras tecnologias, onde o valor pode

aproximar-se de 500 milhões por hectare, sendo considerados a mão de obra, estrutura, insumos e as mudas.

Considerando-se os avanços tecnológicos decorrentes das últimas décadas, em qualquer época do ano, podemos encontrar morangos sendo comercializados. Porém, ocorrem flutuações na oferta decorrentes das condições climáticas desfavoráveis aos morangueiros em alguns meses do ano, em contrapartida faz com que os preços também oscilem. A baixa nestas ofertas é observada principalmente no período de janeiro a março, onde temos temperaturas mais elevadas que prejudicam a floração e a frutificação das plantas (Antunes; Reisser Junior; Bonow, 2021).

Em 2018, os preços médios do morango, em São Paulo (R\$ 14,34) foi superior aos demais estados, seguido do Paraná (R\$ 12,91), Rio Grande do Sul (R\$ 8,94) e Minas Gerais (R\$ 6,03) (Antunes; Reisser Junior, 2019). Porém, ao comparar com a safra de 2020 percebe-se que, após dois anos, houve aumento no valor comercializado, onde, o preço médio do morango na Ceagesp São Paulo (R\$ 13,96) foi superior aos demais estados, seguido do Rio Grande do Sul (R\$ 12,72), Santa Catarina (R\$ 10,81) e Minas Gerais (R\$ 7,36). Neste último, por exemplo, os menores preços médios ocorreram em janeiro, com pico de valor em dezembro. Já nas diversas Ceasas/Ceagesp no Brasil em 2020, os maiores valores médios foram obtidos em Fortaleza (CE), com média de R\$ 24,77 pago pelo quilo do morango (Antunes; Reisser Junior; Bonow, 2021).

Conforme informações de Antunes, Reisser Junior e Bonow (2021) os estados do Sul (RS, SC, PR) bem como Minas Gerais e Espírito Santo são os produtores de morangos em que os valores exercidos são relativamente mais baixos. Em contrapartida, nos estados do Nordeste os preços são mais elevados mesmo durante o período de maior comercialização do produto. Na região Sul brasileira, levando em conta a média de preços nos principais pontos de comercialização de morangos, observa-se que os maiores valores pagos, estes acima de R\$15,00 reais o quilo, são verificados entre os meses de maio e setembro. Entretanto, pode-se observar que, em 2020, mesmo no período de pandemia de rígidas políticas de afastamento social, houve aumento da demanda por morangos e os preços mantiveram-se elevados.

Quando se trata de exportação e importação de morangos nota-se que entre os maiores exportadores se destacam a Espanha, com 217.000 toneladas; os Estados Unidos, com 99.000 toneladas; o México, com 55.000 toneladas; e a Itália e a Polônia, com um volume de 20.000 toneladas cada (Antunes; Fagherazzi; Vignolo, 2017). O Brasil não tem tradição de exportação de morangos e não está entre os principais países que comercializam esta fruta no exterior. Em 2019 foram comercializados US\$448 mil em exportações de produto fresco e processado

(190 mil quilos). Em termos de importação de morangos frescos, foram adquiridos dos Estados Unidos

14.463 kg, com dispêndio de US\$ 109 mil (Antunes; Bonow; Reisser Junior, 2020).

2.2 Benefícios do Consumo de Morangos para a Saúde

O morango pertencente à família das rosáceas, é um dos frutos não-climatéricos mais consumidos tendo como principais atributos sua aparência, sabor, firmeza e teor de antioxidantes (Vandendriessche *et al.*, 2012). Conforme Szajdek & Borowska (2008) e Oszmianski e Wojdylo (2009), o morango é uma excelente fonte de compostos bioativos, como os polifenóis (antocianinas, ácidos fenólicos, flavonóides e taninos), e rico em vitamina C. Segundo Pinto *et al.* (2010), as antocianinas estão, muitas vezes, relacionadas à capacidade antioxidante do fruto. Os antioxidantes têm capacidade de proteger o organismo dos radicais livres, que aceleram o envelhecimento, levam a doenças cardiovasculares, danificam o DNA das células e podem causar alguns tipos de câncer (Salem, 2012).

Nas últimas duas décadas, tem sido dada uma atenção substancial a polifenóis derivados de plantas por seus benefícios para a saúde. Morangos são ricos em nutrientes, como vitaminas, minerais e compostos não nutritivos, particularmente polifenóis. Numerosas investigações revelaram que a ingestão de morango exerce efeitos positivos contra a degeneração crônica. Os efeitos dos morangos na saúde dependem de seu conteúdo notável de fenólicos, ou seja, flavonoides, e micronutrientes, como folato, vitamina C e minerais. A síntese e acumulação de elementos nutricionais em frutos do morango estão relacionados a múltiplos ambientais e fatores genéticos. Compostos bioativos de morango apresentam atividades biológicas importantes em estudos *in vitro* e *in vivo*, sugerindo possível prevenção contra condições crônico-degenerativas (Afrin *et al.*, 2016).

2.3 Fisiologia e qualidade do Morango Pós-colheita

Os morangos, durante sua vida no campo, respiram e continuam a fazê-lo durante a pós-colheita. A respiração é o conjunto de processos metabólicos mediante os quais as células obtêm energia a partir da oxidação de moléculas combustíveis. Os morangos apresentam uma alta taxa respiratória, (aproximadamente 15 mg de CO₂/kg/h a 0°C), a qual aumenta entre quatro a cinco vezes quando a temperatura aumenta para 10°C, e até dez vezes se a

temperatura aumenta para 20°C. A taxa respiratória aumenta em 50% quando a fruta passa de imatura para madura e o aumento também ocorre quando os morangos sofrem danos mecânicos (Flores Cantillano; Da Silva, 2010).

A maturação é um conjunto de mudanças físico-químicas e fisiológicas características de cada espécie de fruta. Os atributos sensoriais são fatores importantes na qualidade, entre eles a aparência (tamanho, forma e cor), o sabor, a textura, o aroma e a ausência de defeitos. Essas frases foram para baixo. Segundo Cantillano e Silva (2010), o morango em seu estágio final de maturação e no pós-colheita da fruta, apresenta cor vermelho vivo, que se dá através das antocianinas (pigmentos naturais derivados de açúcares). Este pigmento é sintetizado conforme ocorre a degradação da clorofila que confere cor verde do pseudofruto quando imatura. A presença do pigmento vermelho é um indicador de maturação da fruta, ou seja, quanto maior a concentração das antocianinas mais próximo a fruta está da maturação ideal para consumo. Para o morango, o parâmetro mais utilizado para definir o ponto de colheita é a cor, devendo ter, no mínimo, entre 50% a 75% da superfície do fruto na cor vermelho brilhante, para o consumo fresco. O ponto de colheita pode variar em função da distância e do tempo de transporte, da temperatura ambiente, da cultivar e da finalidade do produto (Rosa *et al.*, 2018).

Quanto à qualidade do morango pós-colheita, existem alguns parâmetros que devem ser considerados e analisados para que a produção deste fruto seja mais assertiva possível. Dentre estes parâmetros podemos citar a análise de Sólidos Solúveis Totais (SST) presentes nos frutos como os açúcares, ácidos orgânicos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas, sendo dependente do estágio de maturação do fruto por ocasião da colheita e/ou da biossíntese ou degradação de polissacarídeos de reserva. Além do mais, pode-se observar acúmulo de SST durante o armazenamento devido às perdas de vapor d'água através da transpiração a partir da polpa, o que leva a uma maior concentração destes sólidos (Cardoso *et al.*, 2012).

O potencial hidrogeniônico (pH) do morango é outro ponto crucial na colheita dos morangos para definição da finalidade de uso das cultivares. Esta característica torna difícil o desenvolvimento de cultivares com dupla aptidão, já que as exigências para cultivares de uso industrial e consumo *in natura* são opostas. Para consumo do morango *in natura* tem-se preferência por frutas mais adocicadas (Cardoso *et al.*, 2012). Os morangos cultivados em diferentes sistemas de cultivo apresentaram valores de pH estatisticamente diferentes, com valores de 3,15 e 3,22 para o sistema de produção convencional e orgânico, respectivamente (Santos *et al.*, 2020). Segundo Cardoso *et al.* (2012), os valores de pH podem variar entre cultivares, por exemplo, a cultivar Diamante apresenta pH dos frutos entre 3,58-3,85,

enquanto para a cultivar Oso Grande, foi encontrado valores variando de 3,66 a 3,70.

A Acidez Total Titulável (ATT) é conceituada como a concentração de ácidos contidos em um alimento. Seu teor tende a diminuir nas frutas, em decorrência do processo respiratório, durante o amadurecimento (Rahman *et al.*, 2016). No morango *in natura*, a ATT pode variar entre 0,52% (Cecatto *et al.*, 2013) e 1,51% (Antunes *et al.*, 2014). Em geral, a fruta apresenta menor acidez nos estágios finais de maturação e percentuais mais elevados no início do processo (Nunes; Novello, 2021).

O sabor do morango é um dos mais importantes aspectos de qualidade exigidos pelo consumidor, sendo condicionado, em parte, pelo balanço açúcar/acidez da fruta. A avaliação desses atributos é feita através de análises para que haja um melhor controle, pois atualmente as exigências do consumidor têm sido de fundamental importância (Flores Cantillano; Da Silva, 2010). Segundo Santos *et al.* (2020) o *ratio* (SST/ATT) traduz o grau de doçura e sabor do fruto constituindo um índice de qualidade referenciado, arremetendo a percepção do sabor “doce” e “ácido”. De acordo com Cecatto *et al.* (2013), é desejável que frutos de morango apresentem teor mínimo de 7° Brix, e valor máximo de acidez titulável em morangos para o consumo *in natura* é de 0,8 g de ácido cítrico.100 g⁻¹. Os valores documentados para a relação de *ratio* em morango encontram-se entre 1,10 (Šamec *et al.*, 2016) e 12,27 (Souza *et al.*, 2014).

Mudanças na textura de morangos são consequência de um processo natural de senescência e podem variar de acordo com a atmosfera de armazenamento. Além disso, mudanças visíveis na aparência e contaminação por fungos modificam a textura dos frutos, podendo influenciar a sua vida útil (Chandra *et al.*, 2015).

A textura suculenta e a firmeza da matriz alimentar do morango estão relacionadas ao seu nível de maturação. Ao longo do processo de amadurecimento, ocorre degradação da parede celular, dessa forma os morangos com menor firmeza são considerados mais maduros. Esse processo interfere na textura do morango, o que pode reduzir sua aceitabilidade sensorial (Schwieterman *et al.*, 2014).

2.4 Perecibilidade do Morango Pós-colheita

O morango é uma fruta muito perecível, com alta taxa respiratória e curta vida pós-colheita. Os danos mecânicos, feridas e batidas durante a colheita, transporte e comercialização, deixam a fruta suscetível ao ataque de microrganismos, causando perdas nutritivas, qualitativas e econômicas (Flores Cantillano; Da Silva, 2010). Segundo Han *et al.*, (2004) a vida útil de morangos armazenados sob refrigeração (0 - 4° C) é normalmente menor

a 5 dias. Temperaturas de refrigeração reduzem as alterações químicas e enzimáticas mantendo a qualidade e a conservação das frutas (Vergara *et al.*, 2018). Frutas altamente perecíveis como os morangos, são apropriadas para a proteção revestimentos, pois elas são de alto valor agregado e possuem uma curta vida, menos de 10 dias (Kuchi e Sharavani 2019).

Conforme Flores Cantillano e Silva (2010), o morango que possui umidade de 90%, em função do seu tamanho, demonstra uma superfície exposta mais suscetível a transpiração em relação ao seu peso. Além destes fatores, o morango não possui camada epidérmica que protege e dificulta a perda de água, dessa maneira, a água contida no interior da fruta sai para o meio externo, normalmente com menor umidade, resultando na desidratação do produto.

A textura é determinada pela estrutura dos polissacarídeos (substâncias pécticas). A perda da firmeza, durante a maturação, pela ação das enzimas, é o principal fator que determina a qualidade do morango e sua vida pós-colheita (Flores Cantillano; Da Silva, 2010).

2.5 Principais Doenças do Morango Pós-colheita

Um grande problema na cadeia produtiva do morango é a ocorrência de podridão dos frutos causada por fungos, principalmente na fase de pós-colheita. No Brasil, as principais espécies fúngicas causadoras de podridão pós-colheita em morango são *B. cinerea*, *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill., *Pilidium concavum* (Desm.) Höhn., *Geotrichum candidum* Link. e *Colletotrichum* spp. Outros fungos associados ao apodrecimento do fruto do morango na pós-colheita são *Rhizoctonia solani* Kühn, *Phytophthora* spp., *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Pestalotia longisetula* Guba., *Gnomonia comari* Karst (Costa *et al.*, 2003; Tanaka *et al.*, 2005; Lopes, 2011).

Diversos fungos são encontrados causando podridões em frutos de morango, por exemplo *R. stolonifer* que causa a podridão mole em frutos, notadamente em pós-colheita, sendo que os infectados perdem a consistência e, posteriormente, verifica-se sobre eles um micélio com esporângios e esporangiosporos escuros (Costa; Ventura; Lopes, 2011). Em frutos de morango armazenados a temperatura de 21 a 26°C as perdas devido a ocorrência de podridões podem chegar a 98 % com cinco dias de armazenamento (Henz *et al.*, 2008). A doença “Mofo cinzento” que ocorre em condições de campo e de pós-colheita é causada pelo fungo *B. cinerea*, que é considerado um dos principais patógenos em frutos de morango (Lopes *et al.*, 2010).

B. cinerea é um ascomiceto fitopatogênico que causa mofo cinzento em mais de 200 espécies de culturas em todo o mundo, sem qualquer especificidade de hospedeiro aparente. No morango, este patógeno pode causar enormes perdas no campo (80-90% em flores e

morangos) (Figura 2) durante o período chuvoso e nublado, na pré ou durante a colheita e posteriormente durante o armazenamento. Este fungo necrotrófico ataca diferentes órgãos, tais como brotos, folhas, sendo mais destrutivo no tecido maduro ou senescente (Fillinger; Elad, 2016).

Figura 2. Morango contaminado por *B. cinerea*



Fonte: autoria própria (2023)

2.6 Amido De Araruta e Revestimentos Comestíveis

O amido possui grande relevância mundial, pois é o segundo polímero mais abundante do planeta terra, ficando atrás apenas da celulose, ele é um carboidrato muito encontrado nas plantas pois a maioria delas o tem como energia de reserva, tem grande importância no mercado, como para alimentação animal e humana (Eliasson, 2004).

Os revestimentos comestíveis naturais ou biopolímeros como o amido, têm sido considerados promissores na extensão da vida útil pós-colheita e preservação da qualidade geral de frutas e vegetais (Jiang *et al.*, 2020) pois fornecem uma barreira semipermeável na superfície do produto reduzindo sua taxa de respiração, perda de peso e mantém o valor nutricional.

A araruta (*Maranta arundinacea L.*) é uma planta que possui cerca de 1,2 metros de altura (Figura 3), que apresenta rizomas longos e que por sua vez, desenvolve-se em ambientes com solo arenoso, úmido e profundo (Devide, 2013).

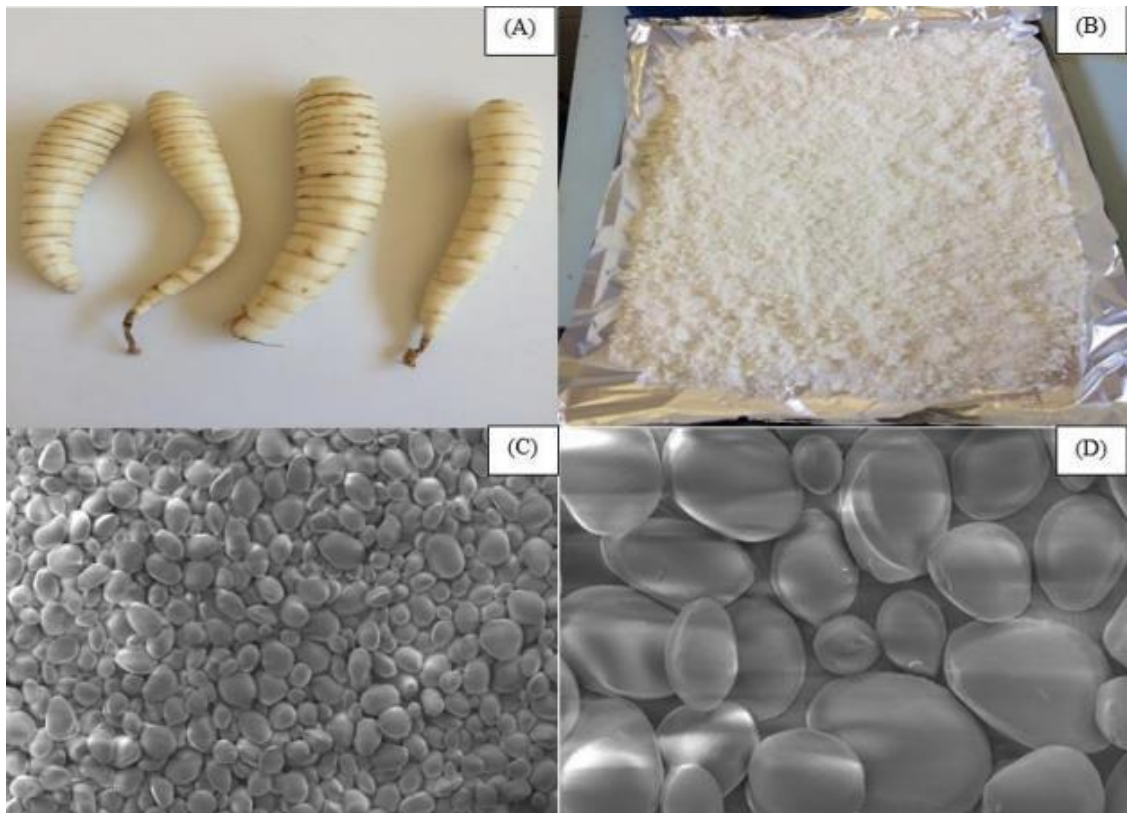
Figura 3. Planta araruta (*Maranta arundinacea* L.)



Fonte: Marques (2017)

A partir de seus rizomas (Figura 4A) é obtido o amido de araruta (Figura 4B), sendo possível visualizar através de um microscópio de varredura o arranjo em que essas moléculas estão agrupadas, com imagem de ampliação de 300X (Figura 4C) e 1500X (Figura 4D), é visto que as moléculas possuem estruturas arredondadas, com espaços entre elas, o que torna seu amido farináceo e sem a presença de proteína (Oliveira, 2020).

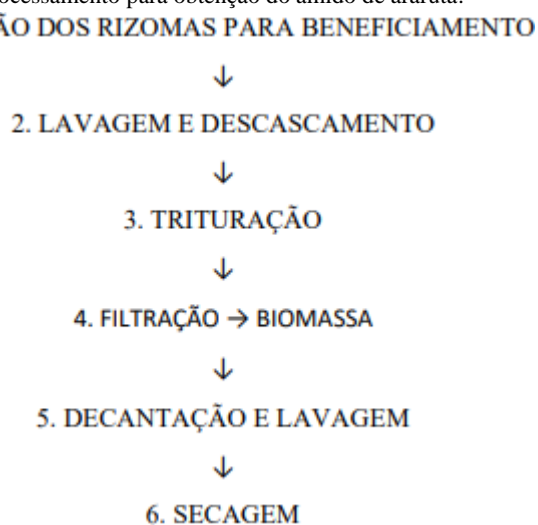
Figura 4. Rizoma de araruta proveniente de cultivo orgânico (A), amido extraído de araruta 235 proveniente de cultivo orgânico (B) microscopia eletrônica de varredura do amido de araruta 236 (C): 300 x; (D):1.500 x.



Fonte: Oliveira (2020)

Por causa da escassez no plantio e da dificuldade para obtenção do amido de araruta, aos poucos a planta foi perdendo espaço para o amido de mandioca, entretanto as características quanto a digestibilidade e gelificação são inferiores quando comparados ao de araruta. Essas espécies podem desaparecer rapidamente, pois é necessário que o replantio seja feito por meio de rizomas (Neves; Coelho; Almeida, 2005). Para extrair o amido de araruta, primeiramente realiza-se a seleção dos rizomas para o beneficiamento, onde serão lavados e descascados, depois disso ocorre a trituração, em seguida a filtração, a decantação e lavagem e por fim a secagem (Figura 5), o que ao final do processamento resultará em um rendimento de aproximadamente 16% (Nogueira *et al.*, 2013).

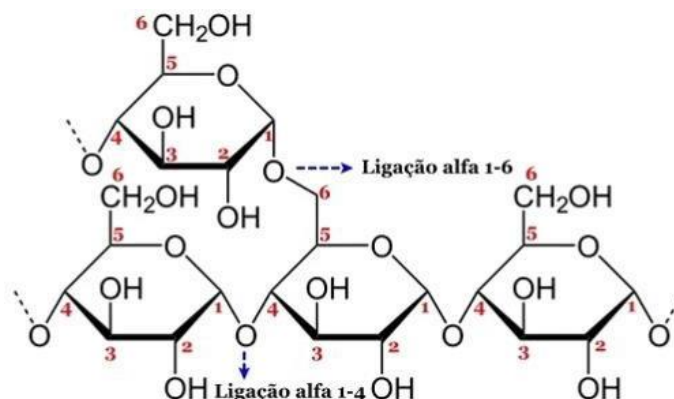
Figura 5. Processamento para obtenção do amido de araruta.



Fonte: Araújo *et al.* (2021)

As raízes possuem propriedades peculiares para uso na indústria alimentícia, principalmente como revestimento comestível (Astuti *et al.*, 2018). A Figura 6 apresenta a estrutura química do amido em geral, em que a amilose é formada por unidades de glicose unidas por ligações α -(1,4) e que possui algumas ligações α -(1,6) (Curá *et al.*, 1995; Buleón *et al.*, 1998). Já a amilopectina, diferentemente da amilose é a parte ramificada do amido, também é formada pela união de moléculas de glicose, com ligações α -(1,4), entretanto é muito ramificada, com 4% a 6% das ligações em α -(1,6) (Vandeputte & Delcour, 2004; Lajolo & Menezes, 2006).

Figura 6. Representação esquemática da cadeia linear da amilose (ligação alfa 1-4) e amilopectina (ligação alfa 1-6).



Há uma ampla faixa de utilização do amido de araruta, com ênfase na indústria alimentícia, sendo possível usá-lo como espessante, mas além disso ele pode ainda substituir o trigo na panificação. Oferece aos consumidores, características como alta digestibilidade, leveza e sem contar no fato de não conter glúten, tornando uma alternativa atrativa para celíacos, que o torna muito mais valorizado, já quanto às fibras, as mesmas são destinadas para alimentação animal em sua grande maioria (Devide, 2013).

Além das possibilidades citadas acima sobre formas onde a araruta pode ser aplicada, outra alternativa vem ganhando força, que é na aplicação de revestimentos comestíveis em frutas e filmes. O que o torna uma importante alternativa é o fato de ser de origem vegetal, fácil processamento, abundância, baixo custo, comestível, biodegradável e formação de uma matriz contínua (Nogueira *et al.*, 2021).

Apesar do amido de araruta não ter uma significativa importância econômica, as propriedades que ele oferece tornam-no altamente atrativo, como na elaboração de filmes biodegradáveis, isso se dá por causa do elevado teor de amilose que varia de 16 a 27%, que resulta em melhores propriedades térmicas e mecânicas. A produção do filme é realizada a parte e depois é feito a aplicação sobre a superfície do alimento, de forma que não seja possível visualizar a olho nu a fina camada que é aplicada, geralmente em frutas ou vegetais, esse filme deverá conter características específicas, como ser incolor (transparente), inodoro e insípido, ou seja, que não venham interferir na qualidade sensorial (Nogueira *et al.*, 2021).

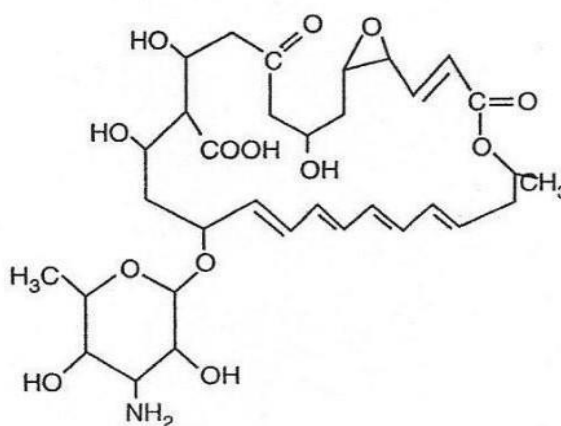
Dessa forma, a utilização de amido de araruta como revestimento visa aumentar a vida útil do alimento, pois essa película de filme irá formar uma barreira seletiva a óleos, aromas e gases. Outras mudanças notadas por meio do revestimento é a diminuição da perda de peso,

devido a redução da taxa de respiração e transpiração, diminuição da atividade enzimática (Nogueira *et al.*, 2021). A crescente consciência ambiental tem promovido o interesse por estratégias alternativas aos plásticos obtidos de fontes fósseis, o que estimula pesquisas sobre o uso de filmes/revestimentos biodegradáveis e comestíveis obtidos de fontes renováveis como o amido de araruta (Nogueira *et al.*, 2021).

2.7 Natamicina

A natamicina é um biofungicida, agente antibiótico macrolídeo planar de polieno considerado muito forte, que inibe a reprodução e o crescimento de fungos, como bolores e leveduras (Figura 7) (Meena *et al.*, 2021).

Figura 7. Estrutura química da natamicina

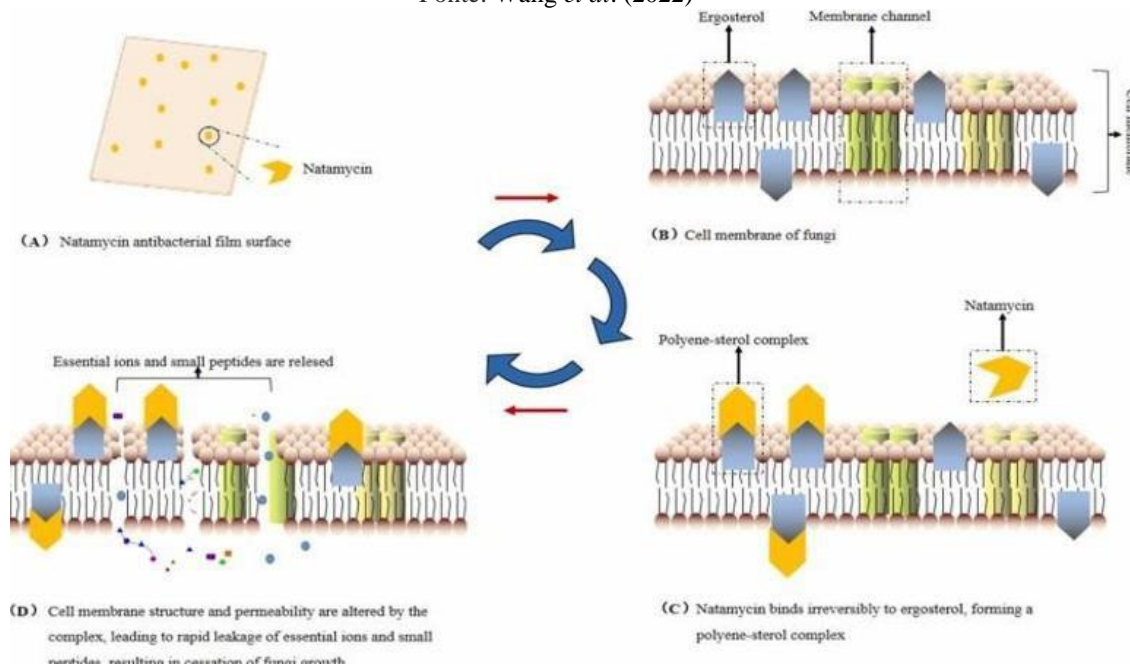


Fonte: CÉ (2009)

A natamicina foi descoberta em 1955, de um filtrado de culturas de bactérias *Streptomyces natalensis* na província de Natal no Sul da África. Diante do seu local de origem instituiu-se o nome do composto. Este microrganismo foi isolado da soja, tendo sua estrutura completa determinada em 1958, e sua fórmula química $C_{33}H_{47}NO_{13}$ (Brustolin, 2009).

Seu mecanismo de ação é ligar o interior da membrana celular do fungo, causando uma alteração em sua permeabilidade, o que leva à perda de material celular essencial (Brustolin, 2009). A Figura 8 ilustra o mecanismo de ação antimicrobiana da natamicina. Tal mecanismo interrompe a função do ergosterol na membrana fúngica causando efeito inibitório nos esporos fúngicos e um efeito ainda maior na inibição de células vivas com alta vitalidade. No entanto, concentrações mais altas de natamicina são necessárias para suprimir as estruturas de resistência, se tornando ineficazes contra vírus e bactérias (Shah *et al.*, 2020).

Figura 8. O mecanismo de ação antimicrobiana da natamicina.

Fonte: Wang *et al.* (2022)

O composto antimicrobiano e antibiótico, produzido por *Streptomyces natalensis* e algumas outras espécies de *Streptomyces*, também pode ser chamado de pimarcina, tenecitina e miprozina. Trata-se de um pó branco, inodoro, insípido, praticamente insolúvel em água, solúvel em ácido acético glacial e dimetilformamida, pouco solúvel em metanol. Devido à sua baixa solubilidade em água (30 - 50 mg/L) garante que esta permaneça na superfície e não migre para a matriz alimentar (Laurindo, 2017).

A natamicina é um biofungicida e antibiótico atóxico e de amplo espectro utilizado comumente nas indústrias de alimentos, medicamentos e rações (He *et al.*, 2019). É eficaz contra uma ampla variedade de cepas de bolores e leveduras, melhorando a estética e o prazo de validade dos produtos alimentícios. Reduz o risco de produção de micotoxinas, não afetando aparência, sabor e cor dos produtos alimentícios e não permite que microrganismos indesejados desenvolvam resistência ao composto (Brustolin, 2009). Atua contra muitos fungos com concentrações inibitórias mínimas de 1 a 10 µg/mL, mas não é tóxico para humanos (Laurindo, 2017).

2.8 Aplicação da Natamicina como Antifúngico

A natamicina é usada comumente na indústria alimentícia como aditivo para lácteos e carnes. No Brasil, o uso da natamicina é permitido pela ANVISA, RDC nº 211, de 01 de março

de 2023, (BRASIL, 2023), como conservador para tratamento de superfícies de produtos lácteos com limite máximo de 5 mg/kg. Com o avanço das pesquisas, verificou-se importantes resultados para produtos de origem vegetal, recentemente a natamicina foi registrada como biofungicida para uso pós-colheita em frutas cítricas e algumas outras (Saito *et al.*, 2020).

Saito *et al.* (2020), conduziu um estudo na Califórnia focado na eficiência de natamicina contra o mofo cinzento na tangerina. O resultado foi positivo, sendo que a aplicação do biofungicida reduziu significativamente a incidência e o tamanho da lesão de mofo cinzento nas tangerinas, independentemente dos fenótipos de resistência a fungicidas.

O preparo e caracterização de filme de ágar com natamicina e sua aplicação na conservação de morangos foi estudado por Wang *et al.* (2022). O estudo demonstrou que o filme pode ser usado como alternativa para embalagem ecológica preservando os produtos frescos perecíveis e prolongando sua vida útil. O filme apresentou-se com alta atividade inibitória contra *Saccharomyces cerevisiae* e *Aspergillus niger*.

Outro estudo focado na utilização da natamicina como antifúngico em mirtilos (Saito *et al.*, 2022), demonstrou-se que a natamicina é capaz e eficaz contra o mofo cinzento, pois reduziu a deterioração da fruta, mantendo a qualidade em armazenamento a frio. Ela controlou o mofo cinzento em mirtilos armazenados, independentemente de suas cepas resistentes a fungicidas, e demonstrou ser eficaz no controle de outras doenças fúngicas do mirtilo.

2.9 Revestimento Comestível

Os revestimentos comestíveis naturais ou biopolímeros têm sido considerados promissores na preservação da qualidade geral de frutas e vegetais, e extensão da vida útil pós-colheita (Barboza *et al.*, 2022). Este revestimento fornece uma barreira semipermeável na superfície do produto reduzindo sua perda de peso, taxa de respiração e mantém o valor nutricional. Os revestimentos comestíveis configuram membranas tão finas que passam a fazer parte do alimento a ser consumido e os materiais empregados em sua formação devem ser atóxicos e seguros, considerados como GRAS (*Generally Recognized as Safe*) (Assis *et al.*, 2014). A aplicação de revestimentos comestíveis se torna uma alternativa viável, promissora e eficaz na preservação da qualidade de frutos e por isso o interesse do estudo de um revestimento que contenha um biofungicida - ambos de origem natural na vida útil pós-colheita do morango.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Produzir um revestimento natural de amido de araruta e natamicina e estudar seus efeitos na preservação da qualidade, extensão da vida útil e valorização pós-colheita de morangos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir uma solução filmogênica de amido de araruta e natamicina para revestimento natural de morangos.

- Estudar os efeitos do revestimento natural sustentável de amido de araruta e natamicina na possível estabilidade dos morangos armazenados no período de doze dias sob refrigeração.

- Realizar análises periódicas a cada três dias quanto aos parâmetros de qualidade: físico- químicos, físicos e microbiológicos, avaliando os efeitos do revestimento no período de doze dias na conservação dos morangos sob refrigeração.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Amido ou fécula de araruta (Zona cerealista[®], São Paulo); Natamicina (Bela Vista[®], Santa Catarina). A natamicina utilizada é uma formulação composta por 50% de lactose e 50% de natamicina. Embalagens de Polietileno Tereftalato (PET) com capacidade de 500g, com tampa; morangos da cultivar “Florida Beauty”. Os morangos maduros (aproximadamente 75%) foram obtidos no município de São Miguel do Oeste (sistema de produção em *slabs*) e transportados até ao laboratório de vegetais do Instituto Federal de Santa Catarina câmpus São Miguel do Oeste para a execução do estudo.

4.2 Métodos

4.2.1 Separação dos morangos para experimento do revestimento

No laboratório, aproximadamente 15 Kg de morangos foram selecionados para obtenção de lotes uniformes, eliminando-se aqueles com defeitos e danos mecânicos. Não foi realizada a etapa de higienização nos morangos, para manter a microbiota original conforme a comercialização dos mesmos. Os morangos foram separados nas embalagens de PET, procurando-se manter uniformidade entre os tratamentos, sendo que para cada tratamento, foram realizadas triplicatas para a realização das análises.

4.2.2 Preparação da solução de revestimento de amido de araruta e natamicina

As soluções foram preparadas nas concentrações de 2% (m/v) de amido de araruta. Foram realizados testes prévios para a concentração do amido de araruta e sua viscosidade ideal para a solução filmogênica e formação da película de revestimento. Foi dissolvido 2 g de amido de araruta em 100 mL de água destilada em béqueres previamente higienizados de 200 mL de capacidade. Posteriormente a solução foi homogeneizada e aquecida em chapa elétrica e mantida sob agitação para a gelatinização do amido por 8 minutos e resfriada a temperatura ambiente. Para a solução de revestimento de araruta contendo a natamicina, repetiu-se o mesmo processo descrito anteriormente. Após o resfriamento a temperatura ambiente, adicionou-se a natamicina a 0,02% (m/m) sob agitação constante até sua solubilização.

4.2.3 Revestimento dos Morangos na Solução de Amido e Natamicina

Os morangos separados para serem revestidos foram imersos nas soluções filmogênicas com auxílio de uma pinça metálica e em seguida secos naturalmente por 4 horas em suporte metálico perfurado (Figura 9). Após a secagem, as frutas foram armazenadas nas embalagens PET de 500 g.

Figura 9. Revestimento de morangos e secagem natural em suporte perfurado.



Fonte: autoria própria (2023).

Os frutos do tratamento sem revestimento (NR), foram armazenados nas embalagens logo após a seleção. Para os tratamentos RA e RAN, antes de serem embalados, os frutos foram imersos nas soluções de revestimento. Após a secagem natural e a formação do revestimento esperado, os morangos foram acondicionados em embalagens de Polietileno Tereftalato (PET) de 500g de capacidade. Foram obtidas triplicatas nas condições, não revestidos (NR), nos morangos revestidos com amido de araruta 2% m/v (RA) e nos morangos revestidos com amido de araruta 2% m/v e natamicina a 0,02% m/m (RAN), analisados periodicamente a cada 3 dias até o 12º dia (t0, t3, t6, t9, t12). Todos os tratamentos dos morangos foram armazenados sob refrigeração a $7 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR (Figura 10).

Figura 10. Armazenamento dos morangos NR, RA e RAN sob refrigeração.



Fonte: autoria própria (2023).

4.3 Análises de Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos dos morangos

As análises periódicas físico-químicas compreenderam: o teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ácido cítrico $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) e pH. Todas as determinações seguiram as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O índice de maturação foi calculado pelo *ratio* que é a razão SST/ATT.

As análises físicas compreenderam: determinação de cor, no padrão CIE $L^*a^*b^*$ medida com colorímetro digital DeltaColor[®]. A Firmeza instrumental foi determinada no texturômetro. As análises microbiológicas compreenderam a contagem de bactérias aeróbias mesófilas e contagem de bolores e leveduras.

4.3.1 Análise de pH (Potencial Hidrogeniônico)

Conforme o item 017/IV das Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), o pH da polpa dos morangos foi aferido em triplicata e diretamente por meio do peagâmetro digital de bancada (MS TECNOPON[®] Instrumentação) previamente calibrado.

A amostra foi triturada em processador doméstico e foram pesados 10 g da amostra em béquer e diluídos em 100 mL de água destilada. A solução foi mantida sob agitação para que as partículas fiquem suspensas uniformemente para a leitura do pH.

4.3.2 Acidez titulável em Ácido Cítrico ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) (ATT)

O método de acidez titulável por volumetria potenciométrica é o mais adequado para frutas escuras ou fortemente coloridas. O método conforme os itens 311 e 312/IV das Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), foi aplicada em triplicata com auxílio de um peagâmetro, balança analítica, agitador magnético, espátula metálica, bureta de 25 mL, pipetas volumétricas de 10 e 20 mL e béquer de 300 mL. Utilizando reagentes na solução de hidróxido de sódio 0,1 M e soluções-tampão de pH 4, 7 e 10 (IAL, 2008).

O procedimento foi realizado calibrando o potenciômetro com as soluções-tampão de 7 e 4. Foi pesado 10 g de amostra triturada e após essa etapa o morango triturado foi homogeneizado em um béquer de 300 mL, diluído com 100 mL de água destilada, agitando moderadamente e em seguida mergulhou-se o eletrodo na solução. A titulação foi feita com a solução de hidróxido de sódio 0,1 M até uma faixa de pH (8,2-8,4) expressando os valores em ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de ácido cítrico (IAL, 2008).

4.3.3 Análise de Sólidos Solúveis Totais (SST)

O teor de SST foi determinado com o método proposto do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008 - 315/IV). A análise foi realizada em triplicata. Aproximadamente 50g de amostras dos morangos foram trituradas em triturador doméstico. Com auxílio de uma pipeta de Pasteur, foi coletado o suco da amostra triturada que foi filtrada para retirar possíveis partículas sólidas e o suco filtrado foi lido em refratômetro portátil digital (Milwaukee MA[®] 871) que expressaram os resultados em °Brix.

4.3.4 Determinação De Cor Instrumental

Os morangos foram analisados com a ajuda de um colorímetro por reflectância, para obter resultados para os parâmetros de luminosidade (L^*), variando de 0% (preto) a 100% (branco) e tendências às cores verde (a-), vermelho (a+), azul (b-) e amarela (b+), cromaticidade (C^*) e ângulo de cor (Hue). O aparelho foi calibrado previamente e a leitura foi realizada diretamente na superfície dos frutos. Foram feitas leituras com 5 repetições. Os valores de L^* , a^* , b^* , C^* e Hue[°] foram obtidos diretamente do visor do colorímetro Delta Color[®] (Careli- Gondim, 2017).

4.3.5 Firmeza Instrumental

A determinação de firmeza instrumental foi realizada com texturômetro Stable Micro Systems (TA. XT Plus). A textura foi feita em triplicata nos tempos 0, 3, 6, 9 e 12. O ponto para análise foi na região equatorial do morango com as sépalas sempre à direita. Utilizou-seo Probe P/2 (2 mm de diâmetro), com velocidades de pré teste, teste e pós teste de 7,0, 1,5 e 10 mm.s⁻¹ respectivamente, para a obtenção das forças necessárias para o rompimento (compressão) penetração em Newton (N), (Suzin, 2018), usando célula de carga de 5 Kg (50 N).

4.3.6 Perda De Massa (%)

Aproximadamente 150g de morangos foram acondicionadas em embalagens perfurada de Polietileno Tereftalato (PET) no tempo zero (t0) para cada tratamento (NR, RA e RAN) em triplicata. As amostras foram previamente identificadas e armazenadas sob refrigeração a $7 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR. Ao longo de 12 dias (t0 a t12), de acordo com o período de análise, os sistemas foram pesados em balança digital analítica, para acompanhamento da diferença de peso durante o armazenamento refrigerado. A perda de massa foi expressa em porcentagem em relação à diferença entre as massas inicial (Pi) e a massa obtida a cada intervalo de tempo de amostragem (Pf) conforme mostra a Equação 1 (Careli-Gondim, 2017).

$$PM (\%) = \frac{(Pi - Pf)}{Pi} \times 100 \quad \text{Equação 1. Cálculo de perda de massa (\%)}$$

4.3.7 Análise Visual Com Registro De Imagens

A análise visual sobre a perda das características sensoriais: mudança de cor, murcha dos morangos, formação de mofo cinzento, perda da textura e formação de odores estranhos foram avaliadas em tempo zero e a cada três dias até o tempo doze (t12). Também foi realizada a comparação de imagens com mudanças significativas ao longo do período de armazenamento dos morangos até 17 dias.

4.3.8 Análises Microbiológicas

Os morangos revestidos e não revestidos foram submetidos a contagem de bactérias aeróbias mesófilas e contagem de bolores e leveduras, uma vez que tais microrganismos se desenvolvem bem em alimentos com pH baixo, em uma faixa de pH que varia de 3 a 8, entretanto bolores podem se desenvolver em pH menor que 2 e leveduras em pH menor que 1,5. Para realizar as análises, todos os materiais foram previamente esterilizados, em seguida, 25 g de amostra foram pesados, acondicionados em 225 mL de água peptonada, fez-se então a homogeneização, em seguida, realizou-se as diluições em tubos de ensaio, que foram até 10^{-7} . O método utilizado para a análise de bolores e leveduras foi o plaqueamento em superfície, o meio utilizado foi o ágar dicloran rosa de bengala cloranfenicol (DRBC) (Salfinger; Tortorello, 2015), depois de realizadas as análises, as placas foram armazenadas por 3 dias a 25 °C. Para aeróbios mesófilos foi realizado o plaqueamento em profundidade, utilizando-se o meio PCA, depois da realização do plaqueamento, as placas foram submetidas ao armazenamento por dois dias em estufa bacteriológica a 37 °C. A solução de revestimento também foi submetida a contagem de bactérias aeróbias mesófilas e contagem de bolores e leveduras. Os morangos frescos no tempo zero (t0) e os morangos revestidos e não revestidos foram analisados nos tempos 6 e 12 e as soluções de revestimento de araruta com e sem natamicina foram analisadas. Por fim, para as análises dos diferentes tratamentos, foi realizado a contagem dos microrganismos, expressos em UFC/g, sendo que, para discussão dos resultados, foram consideradas apenas placas que tiveram contagem de 25 a 250 UFC/g.

4.3.9 Análises de Dados e Estatísticas

A determinação dos resultados e análises estatísticas foram realizadas em triplicata e os resultados expressos como média \pm desvio padrão e submetidos à análise de variância (análises de cor instrumental e microbiológicas), ao nível de 5 % de significância por meio do teste de Tukey (*Software Sisvar*[®]). Também foram utilizados o software *Microsoft*[®] Excel para obtenção de gráficos. Imagens foram apresentadas para comparação de resultados de análise visual e das análises microbiológicas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

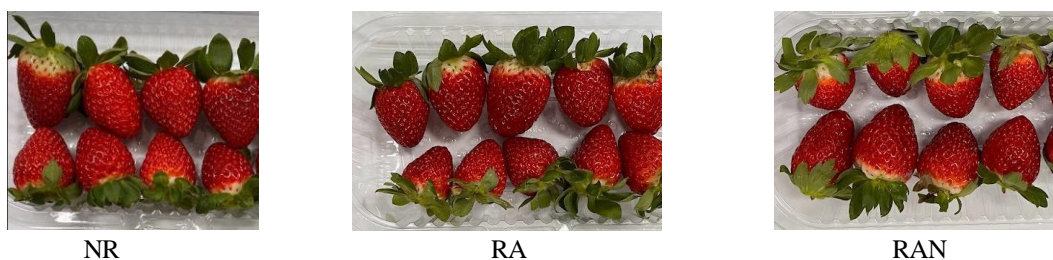
5.1 Solução de revestimento de amido de araruta e natamicina

A concentração de 2% (m/v) de amido de araruta permitiu o desenvolvimento de uma película fina, contínua e invisível. Após a gelatinização, a solução apresentou cor opaca. Ao incorporar a natamicina (0,02% m/v) na solução filmogênica, observou-se que ela não se dissolveu por inteiro. De acordo com Pedersen (1992), a natamicina apresenta baixa solubilidade em água devido a sua natureza anfílica (aproximadamente 50 µg/mL). Mesmo em concentrações muito baixas, a natamicina é um antifúngico eficaz contra uma grande variedade de bolores e leveduras (Laurindo, 2017). Outra observação interessante é que ao incorporar a natamicina, a solução gelatinizada de amido de araruta, tornou-se menos viscosa desestruturando do gel, porém não perdendo a capacidade de formar a película contínua de revestimento.

5.2 Características dos morangos revestidos

Após a secagem natural da solução filmogênica de revestimento, os morangos tornaram-se visivelmente mais brilhosos (Figura 11).

Figura 11. Morangos não revestidos (NR) e revestidos com araruta (RA) e araruta-natamicina (RAN)



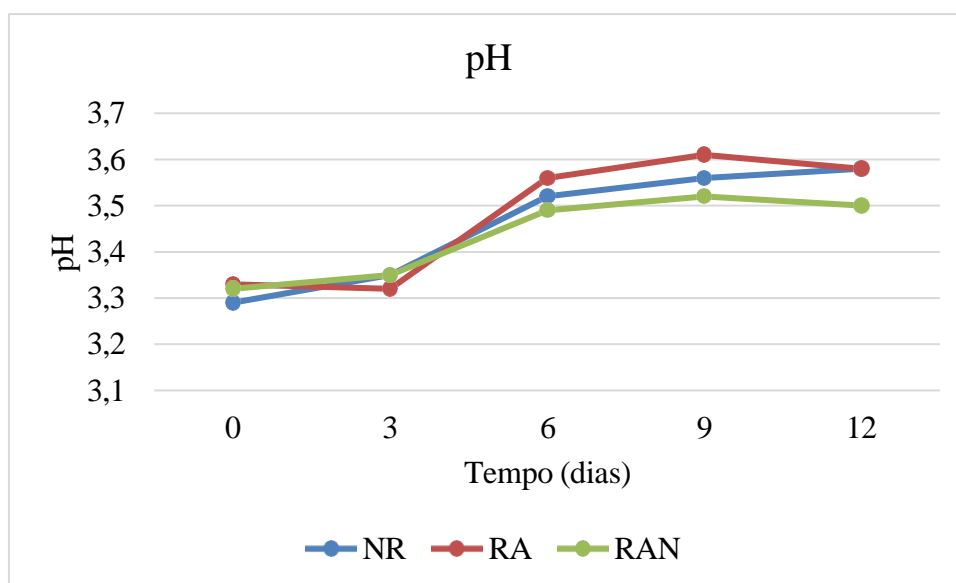
Fonte: autoria própria (2023)

As amostras de morango dos tratamentos não revestidos (NR), revestidos de amido de araruta (RA) e os revestidos de amido de araruta e natamicina (RAN), foram analisados tempos 0, 3, 6, 9, e 12. A seguir, os resultados discutidos.

5.3 Análise de pH

Entre os diferentes tratamentos, foram obtidos valores de pH mínimo de 3,29 e máximo de 3,61 do pH. O morango é um pseudofruto com acidez característica, que pode assumir valores de pH que variam de acordo com a cultivar e sistema de cultivo. Valores de pH de 3,15 para um sistema de produção convencional e 3,22 para um sistema orgânico foram obtidos por Santos *et al.* (2020). Nessas condições, os microrganismos que geralmente são encontrados, são geralmente os fungos, favorecido pelo pH mais ácido presente nos morangos. Dentre as espécies, o principal deles é o *B. cinerea*, que provoca a doença do mofo cinzento, causando grandes perdas na pós-colheita (Lopes *et al.*, 2010). A partir do 3º dia de análise houve um aumento do pH (Figura 12) mostrando diferenças das médias. Porém, o tratamento RAN, apresentou menores valores de pH em comparação às demais amostras, preservando melhor as características dos morangos, pois manteve seu pH mais próximo do morango fresco, resultando melhores aspectos de qualidade no período de 12 dias.

Figura 12. Resultados de pH obtidos dos morangos para os tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.



Fonte: autoria própria (2023).

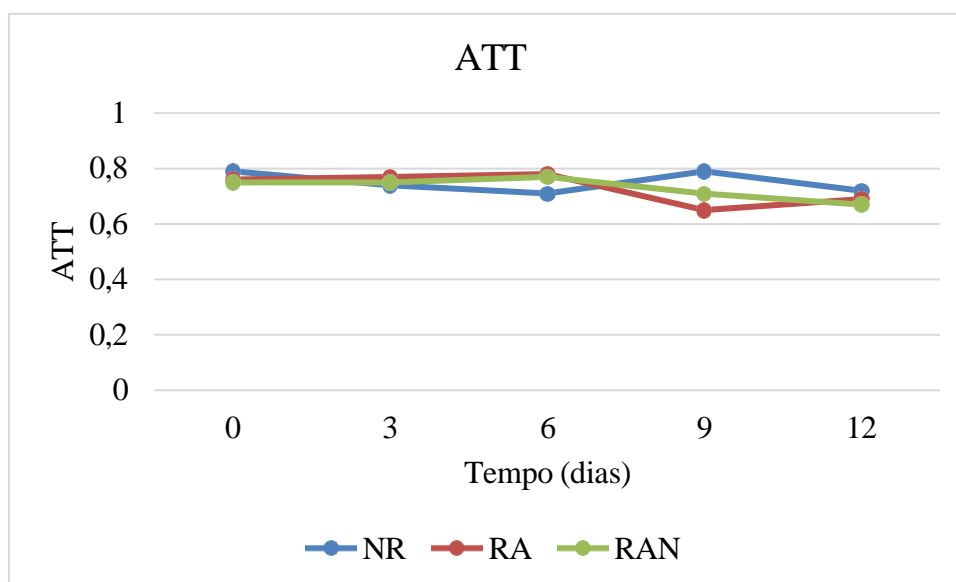
No trabalho de Turquett *et al* (2021) com a aplicação de revestimento usando fécula de mandioca, quitosana e farelo de arroz em morangos, observaram que dentre os tratamentos analisados para o pH, o resultado mais promissor foi o revestimento com fécula de mandioca entre os dias 2 e 7, que apresentou pH 3,5, levando em conta que durante esse período de armazenamento o pH encontrou-se valores mais elevados. Durante o

armazenamento, os ácidos orgânicos presentes naturalmente no morango são utilizados como fonte de energia, resultante do aumento da atividade de respiração e assim o pH tende a aumentar (Silva *et al.* 2020).

5.4 Acidez titulável em Ácido Cítrico ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) (ATT)

As amostras de morango NR, RA e RAN, foram analisadas quanto a sua acidez titulável nos tempos 0, 3, 6, 9 e 12 (Figura 13). De maneira geral, indiferente do tratamento e ao longo dos 12 dias, a ATT apresentou um comportamento semelhante para ambos os tratamentos. Para o t0 a acidez foi ligeiramente mais alta ($0,79 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para NR; $0,76 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para RA e $0,75 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para RAN) apresentando-se decrescente até o t12 (NR $0,72$; RA $0,69$ e RAN $0,67 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$).

Figura 13. Resultados de acidez titulável em ácido cítrico obtidos dos morangos para os tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.



Fonte: autoria própria (2023).

Isso demonstra que mesmo revestidos não houve diferença no teor de acidez dos morangos. Os resultados de Turquett *et al.* (2021) para acidez em ácido cítrico, de maneira geral apresentou um comportamento semelhante para os três tratamentos avaliados, apresentando uma elevação da acidez no início do período experimental, seguido de redução da ATT ao final da avaliação.

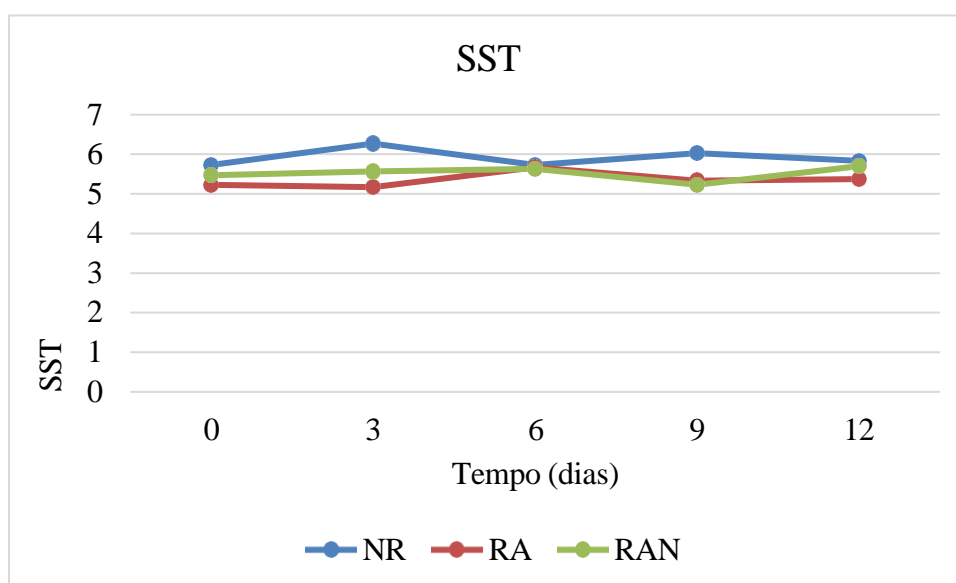
De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) as variações de acidez durante o período de armazenamento dos morangos podem estar relacionadas às transformações bioquímicas resultantes do processo de respiração das mesmas ou conversão em açúcares.

5.5 Análise de Sólidos Solúveis Totais (SST)

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 (Silva *et al.*, 2020).

Observou-se que o tratamento RAN apresentou um ligeiro aumento no teor de SST comparando o t0 ao t12 (t0 de 5,47 °Brix e t12 de 5,70 °Brix), aumento de 4,20%. Nos tratamentos NR e RA também houve um pequeno aumento do STT (Figura 14).

Figura 14. Resultados de sólidos solúveis totais obtidos dos morangos para os tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.



Fonte: autoria própria (2023).

Nas observações de revestimentos de morangos feito por Turquett *et al.* (2021) foi observado que revestimentos em morangos contendo quitosana, farelo de arroz e fécula de mandioca, de forma geral, houve um aumento no teor de sólidos solúveis comparando-se final do armazenamento com tempo inicial.

Em morangos maduros, um aumento em SST está geralmente relacionado à perda de água, sem mudanças no peso dos solutos (Silva, *et al.*, 2020). Chitarra e Chitarra (2005) e Flores Cantillano (2008) afirmam que é natural o aumento dos teores de açúcar com o avanço da senescência, seja pela concentração devido à diminuição da acidez ou perda de água.

No trabalho de Silva *et al.* (2020) referente ao desenvolvimento de embalagem ativa antimicrobiana natural conciliada com refrigeração ou congelamento para a conservação de

morangos a SST diminuiu gradativamente nos tratamentos de amostras em temperatura ambiente. Essa redução nos SST ocorreu devido à degradação dos açúcares devido a respiração do morango.

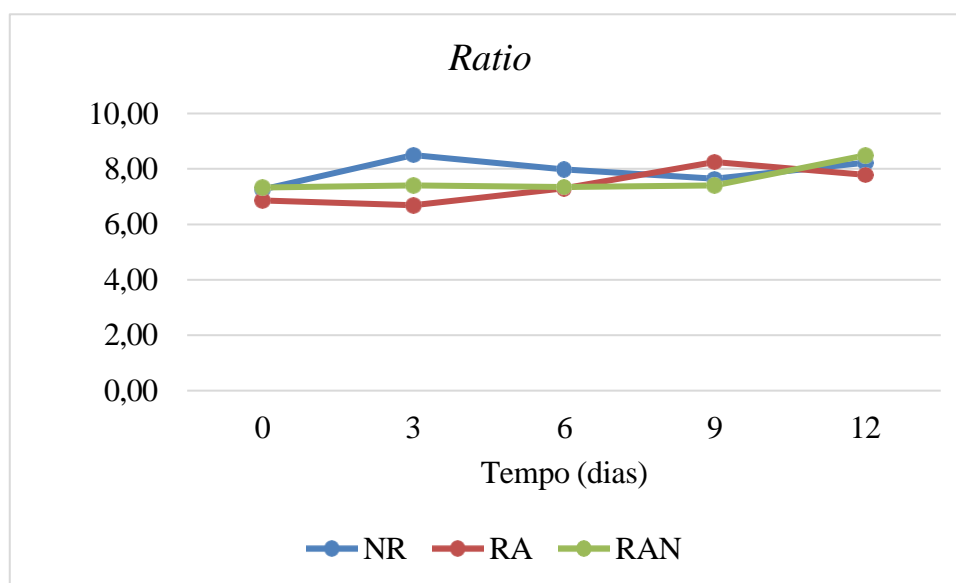
5.6 *Ratio* (SST/ATT)

O *ratio* representa a palatabilidade do produto, ou seja, o equilíbrio doce/ácido, apresentando relevância fundamental na formação do sabor (Korte, 2016). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a avaliação de *ratio* é muito usada para verificação do sabor.

Segundo Santos *et al.* (2020) o *ratio* (SST/ATT) traduz o grau de sabor e doçura do fruto constituindo um índice de qualidade referenciado, remetendo a percepção do sabor doce e ácido.

De acordo com Cecatto *et al.*, (2013) é interessante que frutos de morango apresentem valor máximo de acidez titulável para o consumo *in natura* é de 0,8 g de ácido cítrico.100 g⁻¹ e teor mínimo de 7° Brix resultando no *ratio* de 8,75. Os valores encontrados para o *ratio* em morango encontram-se entre 1,10 (Šamec *et al.*, 2016) e 12,27 (Souza *et al.*, 2014).

Figura 15. Resultados de *ratio* obtidos dos morangos nos tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.



Fonte: autoria própria (2023).

Em todos os tratamentos os morangos obtiveram um *ratio* entre 6,86 e 8,50. Para NR encontrou-se valores de 7,26 a 8,5, RA entre 6,69 a 7,79 e RAN ficou de 7,33 a 8,49 (Figura 15).

5.7 Cor instrumental

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados da análise de cor instrumental dos morangos nos tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias

	L*	a*	b*	C*	Hue
Revestimentos					
NR	21,51 ^a	25,58 ^a	14,31 ^a	29,47 ^a	29,58 ^a
RA	18,55 ^a	26,49 ^a	16,03 ^a	31,00 ^a	31,00 ^a
RAN	21,51 ^a	28,00 ^a	17,79 ^a	33,30 ^a	32,01 ^a
Tempo					
0	24,18 ^a	30,90 ^a	15,58 ^a	34,70 ^a	26,39 ^a
3	23,40 ^a	28,99 ^a	16,83 ^a	33,59 ^a	29,67 ^b
6	19,88 ^b	26,29 ^b	16,13 ^a	31,01 ^{ab}	31,35 ^b
9	17,33 ^b	25,72 ^b	18,29 ^a	31,67 ^{ab}	35,48 ^c
12	17,82 ^b	21,53 ^c	13,38 ^b	25,42 ^b	31,43 ^b

Letras iguais na coluna demonstra que não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: autoria própria (2023)

Com relação ao parâmetro da intensidade da cor, L* (luminosidade) entre os tratamentos não houve diferença significativa. NR e RAN apresentaram médias idênticas entre si (21,52), enquanto o tratamento RA ficou com coloração mais escura e opaca pois, foi a natamicina que proporcionou o brilho em RAN. Conforme o trabalho de De Farias (2022), com relação a Luminosidade (L*) em morangos embalados em embalagem PET, os resultados foram semelhantes entre si (próximos a 36). Quando revestidos com biofilme de pectina, houve uma redução da luminosidade, próximos a 20 conforme obtido nesse trabalho. Considerando o fator tempo, partir do sexto dia houve redução estatisticamente significativa das médias de luminosidade, fato ocorrido com todos os morangos em virtude da perda de água e concentração dos pigmentos.

Com relação ao parâmetro colorimétrico a* (intensidade do vermelho-verde), o tratamento RAN foi o que obteve resultado mais elevado, ou seja, a cor vermelha esteve mais intensa nos morangos deste tratamento. Considerando o fator tempo, a partir do sexto dia houve redução das médias do parâmetro a*, resultando na perda da cor vermelha intensa para cor vermelho mais escura. Segundo De Farias (2022) a oxidação de compostos fenólicos, podem resultar em produtos de coloração escura.

O parâmetro b^* (intensidade azul-amarelo) apresentou resultado para o tratamento RAN (17,79) o amarelo esteve mais presente, seguidos de RA (16,03) e NR (14,31). Conforme o trabalho de De Farias (2022) o uso do biofilme de pectina apresentou variações elevadas no valor b^* durante os dias de armazenamento, porém as variações podem ser devidas ao processo de degradação dos pigmentos, resultando em uma fruta com coloração mais escura e intensa.

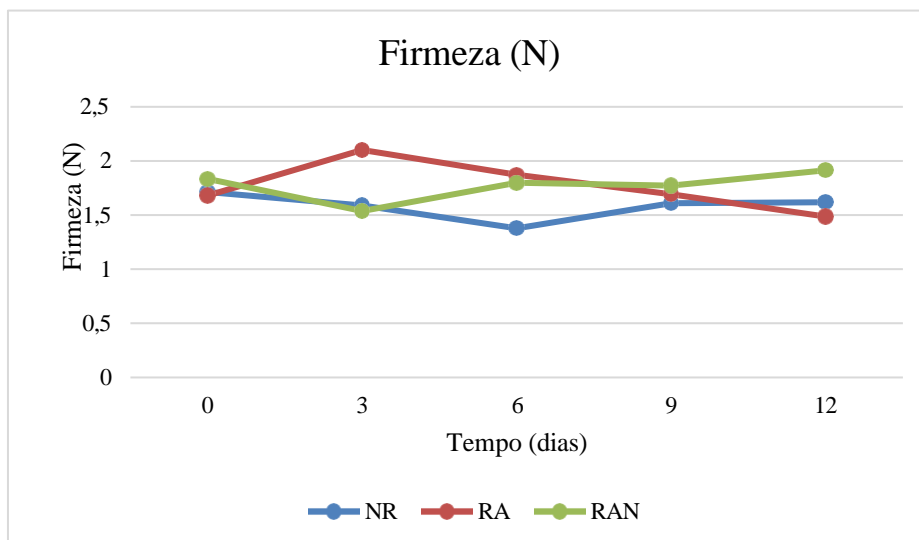
O parâmetro C^* variou, porém de forma não significativa entre os tratamentos NR, RA e RAN demonstrando que a condição RAN, apresentou maior cromaticidade para a cor vermelha. Considerando o fator tempo, a partir do sexto dia houve perda da saturação da cor, estatisticamente significativa conforme reduziu as médias.

Quanto a tonalidade (Hue $^\circ$), não houve diferença significativa entre os tratamentos de revestimento, porém o tratamento NR foi o que teve valores mais próximos ao vermelho intenso. Valores de Hue próximos a zero (0°) representa cor vermelha, 90° representam cor amarela, 180° verde e 270° representam a cor azul (Bokkhim *et al.*, 2014). No tempo zero, foi obtido valor de Hue significativo e mais vermelho para os morangos e a partir do tempo 3 houve aumento do valor de Hue resultado da degradação dos pigmentos. Revestimentos podem agir na preservação da cor (Kuchi e Sharavani, 2019) e a cor dos morangos consiste em um dos principais atributos de qualidade na aceitação do consumidor (Treviño-Garza *et al.*, 2015).

5.8 Firmeza

As amostras de morango não revestidos (NR), revestidos de amido de araruta (RA) e os revestidos de amido de araruta e natamicina (RAN), foram analisados quanto a sua firmeza (Figura 16), os resultados foram obtidos em Força (g) e convertidos em N (Newton), célula de carga de 5 Kg ou 50N.

Figura 16. Resultados de firmeza obtidos dos morangos nos tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.



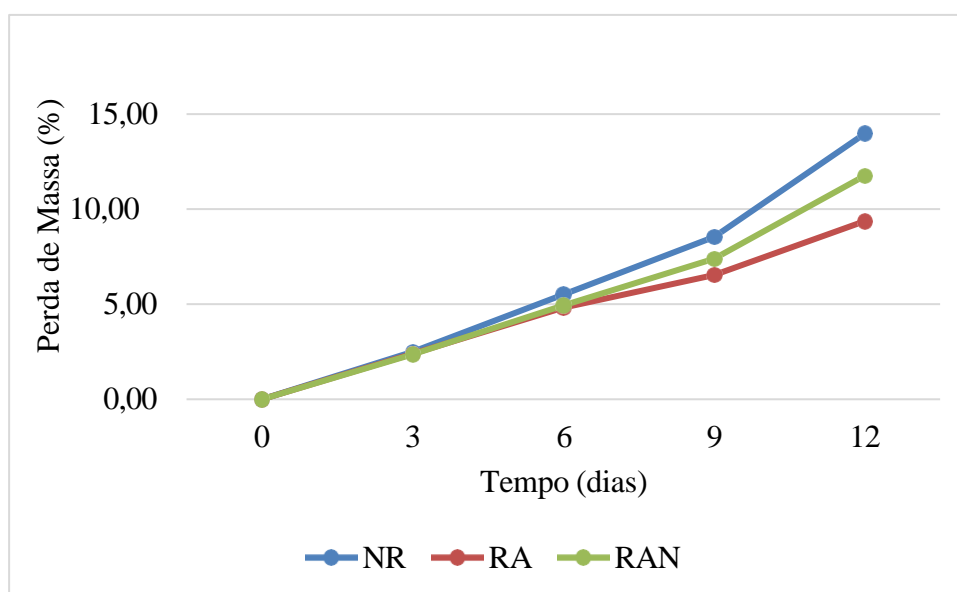
Fonte: autoria própria (2023)

Obteve-se valores entre 1,378 e 2,101 entre os tratamentos, sendo que ao final do tempo de armazenamento, entre o 9º e o 12º dia, as amostras de RAN apresentaram maior firmeza em relação aos demais tratamentos, isso significa que tiveram sua estrutura mais firme, ao final do t12. O tratamento RA demonstrou menor firmeza em relação às demais amostras analisadas. Turquett *et al* (2021), avaliaram morangos com cobertura comestível em 11 diferentes tratamentos, elaborado a partir de quitosana, farelo de arroz e fécula de mandioca, em diferentes concentrações. Os autores observaram que ao final do tempo de armazenamento de 9 dias, mesmo com revestimento obtiveram uma diminuição na firmeza em comparação da inicial, isso ocorre, pois houve amaciamento dos tecidos da fruta, por causa da solubilização das pectinas, diminuindo a dureza, pois reduziu a força de coesão entre as células. O mesmo foi observado no tratamento RA, que também apresentou diminuição da sua firmeza ao final do armazenamento. De acordo com Bourtoom (2008) os revestimentos podem agir na preservação da textura dos morangos e revestimentos feitos com amidos com maior teor de amilose diminuiram as perdas de peso e mantiveram a firmeza dos frutos por períodos mais longos (Campos; Kwiatkowski; Clemente, 2011).

5.9 Perda de massa

Os morangos mantiveram massa praticamente similar entre os tratamentos até o tempo 6. A partir do tempo 9 houve diferença entre os tratamentos, o tratamento RA foi o que obteve menor perda de massa, com perda de massa igual a 9,37% (Figura 17).

Figura 17. Resultados de perda de massa obtidos dos morangos nos tratamentos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.



Fonte: autoria própria (2023).

Porém, observou-se que o tratamento RA sofreu perda de água sendo que esta água ficou retida na embalagem plástica de armazenamento pois, a mesma não havia aberturas na parte de baixo para possibilitar a drenagem.

Em um trabalho desenvolvido por De Farias (2022), usando diversas aplicações de revestimentos em morangos, a aplicação de um biofilme produzido através de pectina, obteve-se resultado não satisfatório, levando a uma perda de massa de quase 30%. A pectina é hidrofílica e facilita o processo de transpiração da fruta, consequentemente, resulta na perda significativa de massa. O amido de araruta também é hidrofílico e apresenta alto teor de amilose e atuou como barreira contra a perda de água nesta pesquisa.

O tratamento RAN apresentou no 12º dia 11,76% de perda de peso apresentando boa aparência de qualidade, sem desidratação, obtendo destaque. O tratamento NR compresentou 13,76% de perda de peso. Revestimentos além de agir como barreiras semipermeáveis atuam controlando perda de gases e umidade (Bourtoom, 2008).

5.10 Análise visual e registro de imagens

A análise visual com observação da perda das características sensoriais como mudança de cor, murcha, formação de mofo cinzento, perda da textura e formação de odores estranhos foram avaliadas nos tempos 0, 3, 6, 9 e 12 para os três tratamentos utilizando-se sempre a mesma bandeja em triplicata, para acompanhar as possíveis mudanças (Quadro 2).










Quadro 2. Descrição da análise visual e odor dos morangos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.

Tempo	Tratamentos		
	NR	RA	RAN
t0	Morangos com brilho, odor característico, cor vermelho intenso e brilhante.	Características próximas ao NR t0, o revestimento não interferiu no visual, apresentando brilho.	Morangos com brilho, coloração vermelho intenso, odor característico. O revestimento não interferiu nas características naturais do fruto.
t3	Cor vermelho opaco, menos brilho, aroma reduzido em relação ao t0.	Brilho reduzido comparado ao t0, sépalas bem esverdeadas, fruto vermelho um pouco mais escuro, porém com visual ainda bom.	Apresentou mais brilho em comparação com o ainda possui odor característico do morango fresco (t0), sépalas verdes.
t6	Morangos com odor característico reduzido, vermelho opaco, sépalas verde opaco e morangos com aspecto reduzido.	Morangos com odor característicos mais acentuado que no NR t6, vermelho semi opaco, sépalas menos esverdeadas em comparação a t3.	Odor mais acentuado comparado aos demais tratamento do t6, cor vermelho semi brilhante, sépalas verde claro, morangos com aspecto bom.
t9	Odor bem ácido, cor vermelho-escuro, opaco, murcho, sépalas murchas, já é possível notar a presença de fungos.	Odor suave, com vermelho escuro com leve brilho, ainda não é notável a presença de fungos. É possível observar desidratação do fruto.	Odor suave, cor vermelho escuro, levemente murcho, brilho suave e sépalas normais.
t12	Odor bem ácido, presença visível de fungos, alguns morangos totalmente danificados, cor vermelho escuro e sépalas murchas	A deterioração é notável, presença de fungos, morangos bem danificados pela umidade, encontram-se moles, odor ácido, sépalas murchas, cor vermelho escuro	Odor característico, sépalas um pouco murchas, não é visível a presença de fungos, em alguns, por causa da umidade teve deterioração, cor vermelha escura e levemente murchos.

Fonte: autoria própria (2023)

Na sequência, as imagens nos tempos 0, 6 e 17 que apresentaram mudanças visualmente mais significativas na comparação entre os tratamentos de revestimento dos morangos (Quadro 3).

Quadro 3. Registros de imagem no tempo 0, 6 e 17 dos morangos NR, RA e RAN sob refrigeração por 12 dias.

Tempo	Tratamentos		
	NR	RA	RAN
t0			
t6			
t17			

5.11 Análises microbiológicas

O morango possui alta atividade metabólica durante o armazenamento, possui uma estrutura delicada e são acometidos por choques mecânicos, causados na pós-colheita, resultando em perdas significativas no processo produtivo. Além de provocar alterações nas características sensoriais, pode deteriorar em grandes proporções, comprometendo as características químicas, físicas, diminuindo a vida de prateleira, aumentando a perda de massa, e reduzindo portanto a aceitação desse produto ao consumidor (Contigiani *et al.*, 2018), (Oliveira, 2018).

O pH ácido dos morangos propicia o desenvolvimento de agentes fúngicos que são mais relevantes do que as bactérias quando se trata da deterioração de alimentos de origem vegetal. O gênero *Botrytis* sp. desencadeia podridão fúngica em diversos tipos de vegetais. Essa invasão dos tecidos vegetais pelos fungos pode ocorrer antes ou após a colheita. *Botrytis* sp. invadem a flor do morango causando podridão cinza antes mesmo da colheita (Pinto; Landgraf; Franco, [s.d.]). Foram investigados microrganismos aeróbios mesófilos e bolores e leveduras em morangos frescos sem revestimento no tempo zero, e nos morangos com revestimento, nos tempos 6 e 12, em duplicata para os tratamentos NR, RA e RAN. As soluções de revestimento RA e RAN também foram analisadas.

No tempo zero (t_0), após a realização da coleta dos morangos e seleção dos frutos, foi realizada análises microbiológicas de bolores e leveduras e aeróbios mesófilos. Os morangos não passaram por nenhuma higienização e nem sanitização inicial, pois o intuito foi justamente mensurar os microrganismos naturalmente presentes na matéria-prima. Foram obtidas a contagem de 4×10^{-2} UFC/g para aeróbios mesófilos e $2,0 \times 10^{-2}$ UFC/g para bolores e leveduras.

As médias das contagens de bolores e leveduras entre os três tratamentos para os dias 6 e 12 foram estatisticamente diferentes, os resultados das análises microbiológicas nos tempos 6 e 12 nos morangos NR, RA e RAN, constam nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Análise microbiológica de bolores e leveduras nos morangos NR, RA e RAN sob refrigeração nos tempos 6 e 12.

Tratamentos	Tempo (dias)	
	6	12
NR	4,89 ± 0,05 ^a	4,20 ± 0,12 ^a
RA	4,42 ± 0,27 ^b	5,64 ± 0,01 ^b
RAN	3,00 ± 0,00 ^c	4,62 ± 0,07 ^c

Letras iguais na coluna demonstra que não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria (2023)

A análise microbiológica no tempo 6 e 12 apresentou diferença significativa entre os tratamentos, no tempo 6, para bolores e leveduras a maior contagem foi dada pelo morango não revestido, enquanto a menor contagem foi dada pelo morango com o revestimento de amido de araruta e natamicina indicando que a natamicina no revestimento teve efeito positivo na redução da contaminação. No tempo 12, para a análise de bolores e leveduras apesar da menor contagem estar atribuída ao morango NR, o tratamento RAN obteve a menor contagem em comparação ao RA. Isso levantou a hipótese de que o amido de araruta isolado, poderia estar previamente contaminado ou servir como substrato para crescimento desses microrganismos, especialmente para fungos.

Tabela 3. Análise microbiológica de aeróbios mesófilos nos morangos NR, RA e RAN sob refrigeração nos tempos 6 e 12.

Tratamentos	Tempo (dias)	
	6	12
NR	4,37 ± 0,02 ^a	5,31 ± 0,01 ^b
RA	5,17 ± 0,05 ^b	4,91 ± 0,08 ^a
RAN	3,80 ± 0,14 ^c	5,19 ± 0,05 ^b

Letras iguais na coluna demonstra que não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria (2023)

Para a análise de mesófilos, no tempo 6, os tratamentos NR, RA e RAN foram estatisticamente diferentes e a menor contagem de mesófilos aeróbios foi atribuída a natamicina. No tempo 12, a maior contagem de microrganismos aeróbios mesófilos foi atribuída ao tratamento NR estatisticamente semelhante ao tratamento RAN. De acordo com Furtado (1991), a natamicina é inativa contra bactérias, mas com grande potencial fungicida.

No trabalho de Turquett *et al.*; (2021), para os parâmetros microbiológicos de bolores

e leveduras, em que 11 diferentes tratamentos de revestimentos de morangos foram realizados, o que mais contribuiu para o controle de bolores e leveduras, ou seja, que apresentaram menor

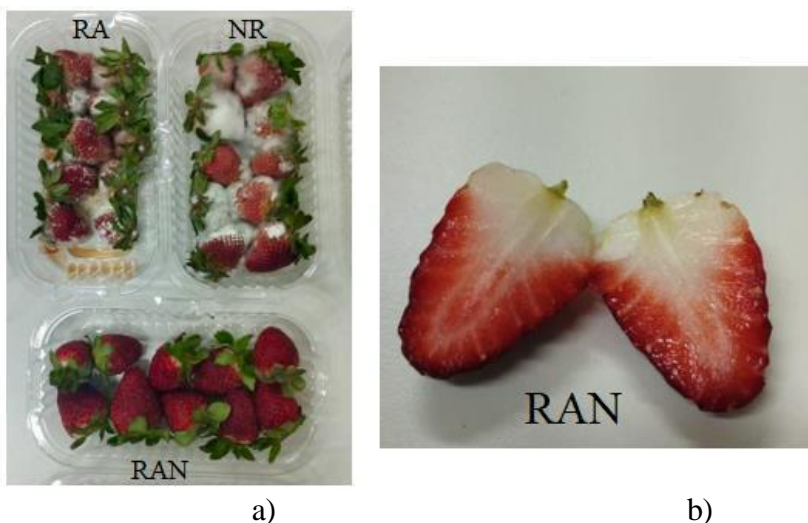
contagem em relação aos demais tratamentos, foram aqueles que tiveram adição isolada de quitosana (1,5 a 3,0%), farelo de arroz (1,5 a 3,0%) e de fécula de mandioca (1,0%).

Para conhecer o seu perfil microbiológico, as soluções filmogênicas de amido de araruta (2% m/v) e amido de araruta (2% m/v) com natamicina (0,02% m/m), foram analisadas em duplicatas para as análises de bolores e leveduras e aeróbios mesófilos. Observou-se que na análise de aeróbios mesófilos, ambos os revestimentos não apresentaram contagem de unidade formadora de colônias, provavelmente atribuído a alta temperatura da solução no processo de gelatinização.

Para bolores e leveduras, o tratamento RA, apresentou contagem de 1 e 4 UFC/g e para o tratamento RAN, obteve-se contagem de 2 e 0 UFC/g. Pode-se observar que a contagem microbiana resultante dos tratamentos realizados em morangos, não derivou necessariamente dos revestimentos, mas estes poderiam ter contribuído. A contagem microbiana inicial dos morangos no t0, foi muito mais elevada, e após a aplicação dos revestimentos nos morangos, o tratamento RAN, obteve-se melhor resultado quanto aos parâmetros microbiológicos e sensoriais (análise visual e formação de micélios, odor). A natamicina inibe a reprodução e o crescimento de bolores e leveduras, pois se trata de um biofungicida (Meena *et al.*, 2021).

Observou-se que o revestimento de amido de araruta e natamicina (tratamento RAN), demonstrou-se eficaz, pois controlou o desenvolvimento fúngico, mantendo as características de firmeza, odor característico e ausência de formação de micélios fúngicos nos morangos até estendendo a conservação dos morangos para 12 dias mas até o 17º dia de observação sob refrigeração (Figura 18) os morangos do tratamento RAN apresentaram boas características sensoriais.

morango tratamento RAN com suas características sensoriais preservadas (b).



Fonte: autoria própria (2023)

6 CONCLUSÃO

Com este estudo, foi possível produzir soluções filmogênicas com promissores revestimentos naturais contendo amido de araruta e natamicina em morangos da cultivar *Florida Beauty*. Houve efeitos positivos na preservação da qualidade, extensão da vida útil, permitindo maior valorização pós-colheita do morango.

Observou-se que os morangos revestidos apresentaram estabilidade no período de armazenamento sob refrigeração por 12 dias e as análises qualitativas e quantitativas periódicas a cada 3 dias. Houve melhorias nos aspectos de firmeza, sólidos solúveis totais, *ratio*, análise visual, pH, cor, além de controlar a formação de bolores e leveduras na conservação do morango. Observou-se que as características sensoriais (visual e odor) foram preservadas em até 17 dias sob refrigeração quando os morangos foram submetidos ao revestimentos com amido de araruta e natamicina (RAN).

Conclui-se que é possível ter um aumento de vida útil do morango cultivar *Florida Beauty* maior que 12 dias com a aplicação do revestimento comestível e sustentável, reduzindo perdas pós-colheita no período de análises físico-químicas, físicas e microbiológicas. Os frutos tratados com amido de araruta (2% m/v) e natamicina (0,02% m/m) na solução filmogênica foram mais eficazes e capazes de manter a estabilidade, reduzindo a degradação fisiológica pós-colheita e preservando características desejáveis do morango. Estes resultados promissores apontaram que o revestimento com araruta e natamicina tiveram efeitos positivos na valorização da fruta *in natura*.

REFERÊNCIAS

- AFRIN, Sadia *et al.* Benefícios promissores do morango para a saúde: um foco em estudos clínicos. **Revista de química agrícola e alimentar**, v. 64, n. 22, p. 4435-4449, 2016.
- ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JÚNIOR, C. Morango: crescimento constante em área e produção. **Anuário HF-2020**, p. 88-92, 2020.
- ANTUNES, L.E.C.; FAGHERAZZI, A. F.; VIGNOLO, G. K. Morangos tem produção crescente. **Campo & Lavoura, Anuário HF 2017**, n. 1, p.96-102, 2017.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C.; BONOW, S. Morango: produção aumenta ano a ano. **Anuário HF-2021**, p. 87-90, 2021.
- ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, C. Morango: qualidade dita o preço. **Anuário HF-2019**, p. 93-98, 2019.
- ANTUNES, Marina C. *et al.* Postharvest quality of strawberry produced during two consecutive seasons. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 168-173, 2014.
- ARAÚJO, M. S. .; SILVA, L. C. G. da .; ANDRADE, V. Q. L. .; CARNEIRO , A. P. de G. .; COSTA, E. de A. .; FERNANDES, L. E. S. . Arrowroot, its processing and use in gastronomic preparations. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 10, n. 15, p. e387101522776, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i15.22776. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/22776>. Acesso em: 4 jul. 2023.
- ASSIS, Odilio Benedito Garrido; BRITTO, Douglas de. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, p. 87-97, 2014.
- ASTUTI R. M., Widaningrum, Asiah N, Setyowati A, Fitriawati R. Efeito da modificação física na morfologia do grânulo, comportamento de pasta e propriedades funcionais do amido de araruta (*Marantha arundinacea* L.). **Hydrocoll Alimentar**. 81: 23-30, 2018.
- BARBOZA, Henriqueta Talita Guimarães *et al.* Filmes e revestimentos comestíveis: conceito, aplicação e uso na pós-colheita de frutas, legumes e vegetais. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e9911931418-e9911931418, 2022.
- BATISTA, Carolina. Amido. Toda Matéria, [s.d.]. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/amido/>. Acesso em: 28 nov. 2023
- BOURTOOM T. Edible films and coatings: Characteristics and properties. **International Food Research Journal**. 2008; 15:237-248.
- BOKKHIM, H. *et al.* Evaluation of different methods for determination of the iron saturation level in bovine lactoferrin. **Food Chemistry**, v. 152, p. 121–127, 2014.
- BRASIL, ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária Resolução - RDC Nº 211, de 01 de março de 2023. Ministério Da Saúde/Agência Nacional De Vigilância Sanitária. Diário

Oficial Da União. 08/03/2023. 2023.

BRUSTOLIN, J. Uso de natamicina no controle do desenvolvimento de fungos em salame tipo italiano. Dissertação de mestrado - Programa de pós-graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, **Universidade Federal de Santa Maria**, p.20, 2009.

BULÉON, A. *et al.* Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, v.23, p.85-112, 1998.

Campos RP, Kwiatkowski A, Clemente E. Post-harvest conservation of organic strawberries coated with cassava starch and chitosan. *Revista Ceres*. 2011;58(5):554-560.

CARDOSO, Leandro *et al.* Qualidade pós-colheita de morangos cv. 'diamante' tratados com cloreto de cálcio associado a hipoclorito de sódio. **Brazilian Journal of Food & Nutrition/Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 4, 2012.

CARELI-GONDIM, Ítalo *et al.* **Uso de revestimentos comestíveis ativos com nanofibras celulósicas de casca de arroz na pós-colheita de frutas**. 2017.

CÉ, Nísia. Utilização de filmes de quitosana contendo nisina e natamicina para cobertura de kiwis e morangos minimamente processados. 2009.

CECATTO, A. P.; CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; COSTA, R. C.; MENDONCA, H. F. C.; PAZINATO, A. C. Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 471-478, 2013.

CHANDRA, Dulal *et al.* Changes in physicochemical and sensory qualities of "Goha" strawberries treated with different conditions of carbon dioxide. **Agricultural sciences**, v. 6, n. 03, p. 325, 2015.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças –Fisiologia e Manuseio. 2ª edição, **Editora UFLA. Lavras**, 2005.

CHU *et al.*, Improvement of storage quality of strawberries by pullulan coatings incorporated with cinnamon essential oil nanoemulsion, **LWT Food Sci. Technol.** v.122, 2020.

CONTIGIANI, E. V. *et al.* Postharvest quality of strawberry fruit (*Fragaria x Ananassa Duch* cv. Albion) as affected by ozone washing: fungal spoilage, mechanical properties, and structure. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n. 9, p. 1639– 1650, 2018.

COSTA H, ZAMBOLIM L, VENTURA JA. **Manejo integrado das doenças do morangueiro. In: Zambolim L (Ed.) Manejo Integrado de Pragas e Doenças: Fruteiras Tropicais**. Visconde do Rio Branco, MG. Suprema Gráfica e Editora. p.131-164, 2003.

COSTA, Hécio; VENTURA, José Aires; LOPES, Ueder Pedro. Manejo integrado de doenças do morangueiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Horticultura Brasileira 29. Viçosa: ABH.S5856-5877, 2011.

CURÁ, J.A. *et al.* Amylose is not strictly linear. *Starch/ Stärke*, v.47, n.6, p.207-209, 1995.

DE FARIAS, Majo Rockenbach *et al.* Avaliação de diferentes embalagens na manutenção de características físico-químicas de morangos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 2, p. 321-332, 2022.

DEVIDE, A. C. P. Culturas anuais para sistemas agroflorestais com guanandi em várzea e terraço fluvial. Seropédica, RJ. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ; 2013.

ELIASSON, Ann-Charlotte (org.). Amido em alimentos: Estrutura, função e aplicações. Dissertação de Mestrado. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Editora CRC, 2004.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. (2021). Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em 02 de abril de 2023.

FILLINGER, Sabine; ELAD, Yigal (Ed.). *Botrytis*-the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems. **Cham, Switzerland: Springer International Publishing**, 2016.

FLORES CANTILLANO, R. F.; DA SILVA, Médelin Marques. Manuseio pós-colheita de morangos. 2010.

FLORES CANTILLANO, R. F. *et al.* Qualidade físico-química e sensorial de cultivares de morango durante o armazenamento refrigerado. 2008.

FURTADO, M. M. **A arte e a ciência do queijo**. 2. Ed. São Paulo: Globo, 1991

HAN, C.; ZHAO, Y.; LEONARD, S.W.; TRABER, M.G. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, p. 67-78, 2004.

HE, Chang e cols. Efeito da natamicina em *Botrytis cinerea* e *Penicillium expansum* - Patógenos pós-colheita de bagas de uva e jujuba. **Biologia e Tecnologia Pós-Colheita**, v. 151, p. 134-141, 2019.

HENZ, Gilmar Paulo. Incidência de doenças de pós-colheita em frutos de morango produzidos no Distrito Federal em 2008. **Embrapa Hortaliças**, 2008.

IAL, INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. **IAL, Normas Analíticas**, 2008.

JIANG, S., *et al.* A Distinct Name Is Needed for the New Starch from Araruta (*Maranta arundinacea* L.), p. 107-114, 2020.

KORTE, Karollyne Portela; FAVARÃO, Simone Correia Molina. Efeito da gelatina associada a extratos vegetais como revestimento comestível na pós-colheita do morango. **Revista Campo Digital**, v. 1, 2016.

KUCHI, Venkata Satish; SHARAVANI, Ch Sai Ratna. Fruit physiology and postharvest management of strawberry. **Strawberry-Pre-and Post-Harvest Management Techniques for Higher Fruit Quality**, 2019.

LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. Carbohidratos en alimentos regionales Iberoamericanos. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.

LAURINDO, Jaqueline *et al.* Teor de natamicina, caracterização físico-química, perfil de ácidos graxos e índices de qualidade lipídica em queijo azul e tipo gorgonzola. 2017.

LOPES, U. P. *et al.* First report of *Pilidium concavum* causing tan-brown rot in strawberry fruits in Brazil. **New Disease Reports**, v. 21, 2010.

LOPES, Ueder Pedro. Podridões pós-colheita de morango: etiologia e efeito de produtos alternativos. 2011.

LU, Hongyan *et al.* Effect of superatmospheric oxygen exposure on strawberry (*Fragaria* × *ananas* Fuch.) volatiles, sensory and chemical attributes. **Postharvest biology and technology**, v. 142, p. 60-71, 2018.

MARCHI T *et al.* 2021. Diagnóstico da produção de morangos no oeste catarinense - Safra 2020. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v. 20, n. 3, p. 180-187, 2021.

MARQUES; E. Coisas da Roça. (s.d.). (2017). Araruta, desde a antiguidade garantindo nutrição e saúde. Disponível em: <https://www.coisasdaroca.com/plantas-medicinais/araruta.html>. Acesso em 18 de junho de 2023.

MEENA, Mahima *et al.* Natamicina: um conservante natural para aplicações em alimentos - uma revisão. **Ciência de Alimentos e Biotecnologia**, p. 1-16, 2021.

NEVES, M. C. P.; COELHO, I. S.; ALMEIDA, D. L. Araruta: resgate de um cultivo tradicional. **Seropédica: EMBRAPA** (Comunicado Técnico, 79), 4p. 2005.

NOGUEIRA, G. F.; Leme, B.d.O.; Santos, G.R.S.d.; Silva, J.V.d.; Nascimento, P.B.; Soares, C.T.; Fakhouri, F.M.; de Oliveira, R. A. Filmes e coberturas comestíveis formulados com amido de araruta como fonte de amido não convencional para embalagem de ameixas. **Polysaccharides 2021**, 2, 373-386.

NOGUEIRA, T. Y. K.; PEREIRA, A. D.; FAKHOURI, F. M. Extração e caracterização do amido de araruta. In. **Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, 8, Dourados, Anais, ENEPEX**, v. 388, p. 1-15, 2013.

NUNES, Graziela; NOVELLO, Daiana. MORANGO (FRAGARIA X ANANASSA DUCH): PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICA, NUTRICIONAL E SENSORIAL. **Revista Valore**, v. 6, p. 6002, 2021.

OLIVEIRA, A. R. Extração, fosfatação e caracterização de amido de rizomas de araruta (*Maranta arundinacea* L.), curcuma caesia (*Curcuma caesia* R.) e cará (*Dioscorea alata* L.). **Tese de Doutorado em Agronomia. Universidade Federal de Goiás**, p. 16-222, 2020.

- OLIVEIRA, J. C. F. Efeito no revestimento de própolis verde na qualidade de frutos de mamão formosa (*Carica papaya* L.). Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade Federal de Mato Grosso**, Mato Grosso, 2018.
- OSZMIAŃSKI, Jan; WOJDYŁO, Aneta. Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. **European Food Research and Technology**, v. 228, n. 4, p. 623-631, 2009.
- PEDERSEN, J.C. Natamycin as a fungicide in Agar Media. **Applied and Environmental Microbiology**, v.58, n.3, p.1064-1066, 1992.
- PINTO, Marcia *et al.* Evaluation of antiproliferative, anti-type 2 diabetes, and antihypertension potentials of ellagitannins from strawberries (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) using in vitro models. **Journal of Medicinal Food**, v. 13, n. 5, p. 1027-1035, 2010.
- PINTO, U.; LANDGRAF, M.; FRANCO, B. **DETERIORAÇÃO MICROBIANA DOS ALIMENTOS**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.abia.org.br/vsn/temp/z2018918ArtigoparaazeitesDeterioracaomicrobianadosalimentos11Set2018....pdf> acessado em 18 de novembro de 2023.
- RAHMAN, M. Moshir *et al.* Os estádios de maturação afetam a qualidade pós-colheita e a vida útil de frutos de genótipos de morangueiro em crescimento em regiões subtropicais. **Revista da Sociedade Saudita de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 1, p. 28-37, 2016.
- REISSER JUNIOR, C.; ANTUNES, L.E.C. Morangos: o cultivo no Brasil. **Campo&Negócio-Hortifruti**. Uberlândia-MG, n. 128, janeiro, p. 44-47, 2016.
- ROSA, C. I. L. F., MORIBE, A. M., YAMAMOTO, L. Y., & SPERANDIO, D. Pós-colheita e comercialização. **Hortalças-fruto. EDUEM**, 489-526, 2018.
- SAITO, S.; WANG, F.; XIAO, CL Eficácia da natamicina contra o mofo cinzento de frutos de tangerina armazenados causados por isolados de *Botrytis cinerea* com resistência múltipla a fungicidas. **Doença das plantas**, v. 104, n. 3, pág. 787-792, 2020.
- SAITO, Seiya; WANG, Fei; XIAO, Chang-Lin. Natamicina como tratamento pós-colheita para controlar o mofo cinzento em frutas de mirtilo armazenadas causadas por *Botrytis cinerea* resistente a multifungicidas. **Biologia e Tecnologia Pós-Colheita**, v. 187, p. 111862, 2022.
- SALEM, Shâmia. Morango é antioxidante e reforça o sistema imunológico; aproveite a temporada. 2012.
- SALFINGER, Yvonne; TORTORELLO, Mary Lou (Ed.). Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 2015.
- ŠAMEC, Dunja *et al.* Assessment of the differences in the physical, chemical and phytochemical properties of four strawberry cultivars using principal component analysis. **Food chemistry**, v. 194, p. 828-834, 2016.
- SANTOS, Antônio Nunes *et al.* Caracterização física e físico-química de morangos San

- Andreas produzidos sob sistemas orgânico e convencional. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 29, n. 3, p. 379-388, 2020.
- SCHERER, E. E., Verona, L. A. F. ., Signor, G. ., Vargas, R. ., & Innocente, B. Produção agroecológica de morango no Oeste Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, v.16, n. 1, p. 20-24, 2021.
- SCHWIETERMAN, Michael L. *et al.* Strawberry flavor: diverse chemical compositions, a seasonal influence, and effects on sensory perception. **PloS one**, v. 9, n. 2, p.1–12, 2014.
- SHAH, Assar Ali *et al.* Efeitos da natamicina e *Lactobacillus plantarum* na composição química, comunidade microbiana e estabilidade aeróbia de Hybrid pennisetum em diferentes temperaturas. **RSC avança** , v. 10, n. 15, pág. 8692-8702, 2020.
- SILVA, Jaciara Jesus *et al.* Desenvolvimento de embalagem ativa antimicrobiana natural conciliada com refrigeração ou congelamento para a conservação de morangos. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e2599119595-e2599119595, 2020.
- SOUZA, Vanessa Rios *et al.* Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food chemistry**, v. 156, p. 362-368, 2014.
- SUZIN, Andressa Maria. Influência de cobertura comestível a base de pectina com ácido cinâmico na vida útil de morango refrigerado. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.
- SZAJDEK, Agnieszka; BOROWSKA, E. J. Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review. **Plant foods for human nutrition**, v. 63, p. 147-156, 2008.
- TANAKA MAS, BETTI JA, KIMATI H. Doenças do morangueiro. In: Kimati H, Amorim L, Rezende JAM, Bergamin Filho A, Camargo LEA (Eds.) Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas. **São Paulo, SP. Agrônômica Ceres**. p. 489-499, 2005.
- TREVIÑO-GARZA, M. Z., GARCÍA, S., DEL, S. F. M., & ARÉVALO-NIÑO, K. Edible active coatings based on pectin, pullulan, and chitosan increase quality and shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*). **Journal of Food Science**, v. 80, n. 8, p. 1823-1830, 2015.
- TURQUETT, Lucélia Cristiane Das Graças Batista *et al.* Avaliação da cobertura comestível elaborada a partir de quitosana, farelo de arroz e fécula de mandioca na conservação pós-colheita de morangos. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 33153-33171, 2021.
- VANDENDRIESSCHE, Thomas *et al.* Effect of ripening and inter-cultivar differences on strawberry quality. **LWT-Food Science and Technology**, v. 52, n. 2, p. 52-70, 2012.
- VANDEPUTTE, G.E.; DELCOUR, J.A. From sucrose to starch granule to starch physical behavior: a focus on rice starch. **Carbohydrate Polymers**, v.58, p.245-266, 2004.
- VERGARA, L. P., *et al.* Bioactive compound retention in frozen red and yellow Strawberry guava pulps added with L-Ascorbic acid. **Rev. Bras. Frutic.** v.40, p.6, 2018.

WANG, Xin Hui e cols. Preparo e caracterização de filme de ágar com natamicina e sua aplicação na preservação de morangos. **Embalagem de Alimentos e Prazo de Validade** , v. 32, p. 100863, 2022.