

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INOVAÇÃO E PROPRIEDADE
INTELECTUAL

ISABELA DOS SANTOS OLIVEIRA

**CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE TOMATE ITALIANO UTILIZANDO
POLÍMERO DE RECOBRIMENTO BIOATIVO À BASE DE FÉCULA DE
MANDIOCA PRODUZIDO A PARTIR DE UM NOVO ANTIMICROBIANO NATURAL**

Belo Horizonte

2017

ISABELA DOS SANTOS OLIVEIRA

**CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE TOMATE ITALIANO UTILIZANDO
POLÍMERO DE RECOBRIMENTO BIOATIVO À BASE DE FÉCULA DE
MANDIOCA PRODUZIDO A PARTIR DE UM NOVO ANTIMICROBIANO NATURAL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Inovação e Propriedade Intelectual da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Inovação e Propriedade Intelectual.

Orientador: Prof. Dr. Evanguedes Kalopothakis

Belo Horizonte

2017

DEDICATÓRIA

A Deus toda honra e toda glória.

AGRADECIMENTOS

A Deus, força superior que enriquece minha mente e espírito, abençoando e iluminando meu caminho.

Aos meus pais Marcílio e Fátima, como reconhecimento por todas as vezes que renunciaram aos seus sonhos para que pudessem realizar os meus. Obrigada pelo valioso exemplo de vida, dedicação, companheirismo, amor incondicional e força nos momentos mais difíceis.

As minhas irmãs Marcelle e Fernanda pela compreensão e incentivo.

Ao meu sobrinho Lucas, amor da titia.

A Silvinha, pela dedicação, companheirismo, por enxugar as minhas lágrimas nos momentos mais difíceis, por segurar as minhas mãos para que eu prosseguisse e por todo amor.

Ao meu orientador, Professor Dr. Evanguedes Kalopothakis, pelos ensinamentos, apoio, orientação criteriosa e sugestões sempre pertinentes.

Aos meus colegas de mestrado por toda parceria nesses dois anos de curso.

Ao professor Dr. Rubén Dario Sinisterra Millán, por me ensinar a extrair sempre o meu melhor.

As queridas professoras Cléia Ornellas, Janaína Guernica, Lúcia Péret, Caroline Liboreiro e Cristina Fantini pela inspiração e ajuda.

As amigas Carla Godinho, Djeimella Ferreira, Karla Liboreiro e Luana Lott pela parceria e carinho.

Aos meus amigos da Rede A&B que tanto me incentivaram e acreditaram em meu potencial.

A Ana Luiza, pela ajuda e lição de vida.

Aos meus amigos pela amizade traduzida em forma de amor.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

As perdas pós-colheita aumentam os custos de produção e diminui a oferta ao consumidor final. As principais causas ocorrem durante a colheita, transporte e armazenamento inadequados. O tomate (*Lycopersicon esculentum*) é uma hortaliça bastante cultivada em diferentes regiões devido a sua fácil adaptabilidade e uma alta taxa de consumo. No entanto, as perdas pós-colheita representam um desafio para minimizar esse problema através de inovações tecnológicas de baixo custo. Com isso, o uso de polímeros de recobrimento torna-se uma excelente alternativa para promoção do aumento da vida útil de frutas e hortaliças que são que comercializadas *in natura*. A fécula de mandioca contém características que propiciam a formação de filmes por meio de sua gelatinização após o aumento da temperatura em meio aquoso. Ativos antimicrobianos quando combinados a esses biopolímeros atuam como coadjuvantes, protegendo as frutas e hortaliças contra microrganismos deteriorantes que causam danos aos alimentos, sem promover alterações sensoriais. No presente estudo avaliou-se a ação antimicrobiana do composto PHT436 associado ao biopolímero formado a partir de fécula de mandioca para a proteção de perda de massa e água e o aumento da vida útil de tomates italiano provenientes de sistema de cultivo convencional, visando à conservação pós-colheita. Os tratamentos utilizados foram: o controle 1 sem aplicação de recobrimento, o controle 2 tomates imersos no composto PHT 436, o tratamento com solução filmogênica à base de fécula de mandioca a 3% e a solução filmogênica à base de fécula de mandioca à 3% e composto PHT 436. A aplicação da cobertura foi feita através da imersão dos tomates na solução por 1 minuto, sendo em seguida, deixados para secar naturalmente sem ventilação forçada. Os tomates revestidos foram armazenados em temperatura ambiente e monitorados durante 20 dias. Foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas a cada cinco dias, onde observou-se a variação da acidez, pH, Teores de Sólidos Solúveis Totais (STT) e perda de massa e a contagem de Bolors e Leveduras. A aplicação da solução filmogênica à base de fécula de mandioca a 3% e composto PHT 436 foi eficiente para prolongar a vida pós-colheita dos tomates por 20 dias, proporcionando uma aparência melhor aos tomates em relação aos controle.

Palavras-chaves: *Lycopersicon esculentum*, pós-colheita, qualidade, fécula de mandioca.

ABSTRACT

Post-harvest losses increase production costs and decrease supply to the final consumer. The main causes occur during inadequate collection, transport and storage. The tomato (*Lycopersicon esculentum*) is a very cultivated vegetable in different regions due to its easy adaptability and a high rate of consumption. However, post-harvest losses pose a challenge to minimize this problem through low-cost technological innovations. Thus, the use of coating polymers becomes an excellent alternative for promoting the increased shelf life of fruits and vegetables which are commercialized *in natura*. Cassava starch contains characteristics that promote the formation of films by means of their gelatinization after the increase in temperature in aqueous medium. Antimicrobial assets when combined with these biopolymers act as coadjuvants, protecting fruits and vegetables against deteriorating microorganisms that cause damage to food without promoting sensory changes. In the present study, the antimicrobial action of compound PHT 436 associated to the biopolymer formed from cassava starch was evaluated for the protection of loss of mass and water and the increase in the useful life of Italian tomatoes from conventional cultivation system, aiming at the conservation Post-harvest. The treatments used were: control 1 without coating application, control 2 tomatoes immersed in compound PHT 436, treatment with 3% manioc starch based film solution and 3% manioc starch based film solution and compound PHT 436. Coating was applied by immersing the tomatoes in the solution for 1 minute and then being allowed to dry naturally without forced ventilation. The coated tomatoes were stored at room temperature and monitored for 20 days. Physicochemical and microbiological analyzes were performed every five days, where the acidity, pH, Total Soluble Solids (STT) and mass loss and the count of filamentous fungi and yeasts were observed. The application of the filmogenic solution based on 3% manioc starch and compound PHT 436 was efficient to prolong the post-harvest life of the tomatoes for 20 days, giving a brightness and adhesion to the fruits, giving a better appearance in relation to the control.

Keywords: *Lycopersicon esculentum* , post-crop, food quality, manioc starch.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Processamento da mandioca para produção de fécula	27
Figura 2- Processo de gelatinização e retrogradação do amido	28
Figura 3-Patente BR 102013032733-6.....	29
Figura 4- Composto PHT 436 (A) e Fécula Amafil (B)	31
Figura 5- Tomates imersos em solução clorada à 150 ppm.....	31
Figura 6-Secagem dos tomates higienizados (A), tomates imersos no recobrimento (B) e tomate com recobrimento totalmente seco (C).....	33
Figura 7- Tratamentos tempo 0 dias (A), tratamentos tempo 5 dias (B), tratamentos tempo 10 dias (C), tratamentos tempo 15 dias (D) e tratamentos tempo 20 dias (E)	34
Figura 8- Potenciômetro Digital marca Mettler Toledo	35
Figura 9- Balança analítica marca OHAUS Pionner.....	36
Figura 10- Refratômetro Manual marca Prolab	37
Figura 11-Penetrômetro digital FR 5120 marca Lutron	37
Figura 12- Análise estatística dos valores de pH nos tomates submetidos aos tratamentos e armazenados durante 20 dias	39
Figura 13- Análise estatística dos valores de acidez titulável nos tomates submetidos aos tratamentos e armazenados durante 20 dias	40
Figura 14- Análise estatística dos valores do Teor de Sólidos Solúveis nos tomates submetidos aos tratamentos e armazenados durante 20 dias	41
Figura 15- Análise estatística dos valores de firmeza nos tomates submetidos aos tratamentos e armazenados durante 20 dias	41
Figura 16- Análise estatística dos valores de Perda de Massa nos tomates submetidos aos tratamentos e armazenados durante 20 dias	42
Figura 17- Tomate controle (A) apresentando murchamento com 10 dias de armazenamento e tomate com tratamento (B) com 10 dias de armazenamento.....	43

Figura 18-Tomate controle 1 com dez dias de armazenamento (A) apresentando crescimento microbiano e tomate controle 2 com dez dias armazenamento (B) apresentando crescimento microbiano.....	44
Figura 19- Tomate tratamento 1 no décimo quinto de armazenamento apresentando crescimento microbiano	45
Figura 20- Média dos valores de contagem para bolores nos tomates durante a armazenagem	45
Figura 21- Tomate com recobrimento bioativo (Tratamento 2)	46
Figura 22- Média dos valores de contagem de leveduras nos tratamentos realizados durante a armazenagem	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Classificação de tomates por grupo, formato e uso.	17
Quadro 2- Classificação por durabilidade de tomates.....	18
Quadro 3- Composição alimentar 100 g de tomate <i>in natura</i> (com sementes).	19
Quadro 4- Atributos de qualidade para produtos hortícolas.....	21
Quadro 5- Principais materiais utilizados como recobrimento e suas principais funções.....	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 Tomate.....	16
3.1.1 Classificação	17
3.1.2 Cultivares	18
3.1.3 Composição	18
3.1.4 Colheita	19
3.1.5 Qualidade	20
3.2 PÓS-COLHEITA	23
3.2.1 Perdas	23
3.2.2 Métodos de conservação	24
3.2.2.1 Uso de baixas temperaturas.....	24
3.2.2.2 Atmosfera modificada.....	25
3.2.2.3 Biofilmes comestíveis	25
3.2.2.3.1 Fécula de mandioca	27
3.2.2.3.2 Recobrimento comestível em tomate	28
3.3 Composto PHT 436.....	29
3.3.1 Processo de obtenção do composto PHT 436.....	30
3.3.2 Avaliação da toxicidade do composto PHT 436	30
4 MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 Material.....	30
4.2 Métodos.....	31
4.2.1 Preparo das amostras	31
4.2.2 Preparo dos recobrimentos à base de fécula de mandioca.....	32
4.2.3 Aplicação do recobrimento	32
4.2.4 Planejamento experimental	33
4.2.5 Análises físico-químicas	35
4.2.5.1 pH.....	35
4.2.5.2 Acidez titulável	35

4.2.5.3 Perda de massa fresca.....	36
4.2.5.4 Teor de sólidos solúveis	37
4.2.5.5 Firmeza	37
4.2.6 Análises de Bolores e Leveduras	38
4.3 Análise estatística	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 Caracterização físico e físico-química dos tratamentos.....	39
5.1.1 Análise de pH e acidez titulável	39
5.1.2 Teor de Sólidos Solúveis.....	40
5.1.3 Firmeza.....	41
5.1.4 Perda de Massa	42
5.2 Análise microbiológica de Microrganismos deteriorantes.....	44
5.2.1 Bolores e Leveduras	44
6 CONCLUSÃO	48
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

As perdas pós-colheita de frutas e hortaliças contribuem para elevação dos custos de produção e comercialização e diminui a oferta de produtos ao consumidor final. Dentre as principais causas destas perdas pós-colheita estão os danos mecânicos sofridos durante a colheita, transporte e comercialização, bem como a vida útil dos produtos hortícolas. Com isso, a redução das perdas pós-colheita representa uma maior disponibilidade de produtos com o custo reduzido (YAMASHITA, 2004).

O tomate (*Lycopersicon esculentum*) é uma hortaliça bastante consumida no mundo e Brasil é o oitavo maior produtor mundial, produzindo cerca de três milhões de toneladas/ano, sendo o segundo vegetal em área cultivada. Devido a injúrias durante o transporte, embalagens inadequadas, exposição do produto a temperatura e umidade inadequadas, aproximadamente 21% dessa produção são descartadas (BOLZAN, 2008).

Segundo Rinaldi (2011), os índices de perdas pós-colheita de tomate no Brasil são elevados devido pelo fato do tomate ser um fruto altamente perecível após a colheita e quando maduro possui uma vida útil de aproximadamente uma semana. O cultivo dessa hortaliça se encontra em expansão, devido ao aumento do consumo que está relacionado com a consolidação das redes de *fast food* e a necessidade de agilidade no preparo dos alimentos, elevando a demanda por alimentos industrializados. Diante disso, faz-se necessário o desenvolvimento de novas pesquisas para a diminuição dessas perdas e o aumento da vida útil pós-colheita.

A utilização de técnicas pós-colheita adequadas como a melhoria das instalações de armazenamento e o uso da cadeia do frio, garantem a manutenção da qualidade pós-colheita, no entanto, são considerados métodos de alto custo e apresentam impacto ambiental. Portanto, encontrar alternativas eficientes e de baixo impacto ambiental é um grande desafio tecnológico. O uso de revestimentos comestíveis elaborados a partir de polímeros naturais e biodegradáveis representa alternativa potencial para prolongamento da vida útil pós-colheita de frutas e hortaliças (BOLZAN, 2008).

Os biopolímeros obtidos de materiais biodegradáveis, como as féculas e amido, são classificados como métodos viáveis, de baixo custo e eficientes na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças. Os materiais mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis são os polissacarídeos, as proteínas e os lipídeos (NASCIMENTO, 2012).

Segundo Thompson (2002), o recobrimento de frutas e hortaliças consiste na formação de uma película protetora na camada superficial do produto, proporcionando modificações das pressões parciais dos gases no interior do produto, devido ao balanço de consumo de O₂ e a liberação de CO₂ no processo de respiração dos frutos e a permeabilidade dos filmes a

esses gases. O revestimento adequado deve conferir brilho ao fruto, aparência atrativa, além de controlar o processo respiratório, através da formação de atmosfera modificada no interior do fruto devido à barreira ao O₂ e CO₂ que o revestimento confere.

A utilização da fécula de mandioca como revestimento comestível para prolongamento da vida útil pós-colheita de frutas e hortaliças tem sido bastante estudada por pesquisadores brasileiros. A obtenção do revestimento de fécula de mandioca baseia-se no processo de geleificação do amido, que ocorre em temperatura a 70°C, em excesso de água. A solução filmogênica obtida a partir da fécula de mandioca geleificada, quando resfriada, forma um revestimento semelhante à celulose em resistência e transparência. Portanto, a utilização de revestimentos comestíveis, a base de fécula de mandioca, como recobrimento de tomates, pode ser uma alternativa viável para diminuir as perdas pós-colheita, conferindo um aspecto visual aos frutos desejável e não sendo tóxicas podem ser ingeridas juntamente com o produto protegido (HOJO *et al.*, 2007). Como os tomates são consumidos preferencialmente *in natura* torna-se promissora a utilização de material biodegradável e comestível para aumentar a vida útil pós-colheita, sem que ocorram alterações nos atributos de cor, sabor e aroma dos frutos (PRATES e ASCHER, 2011).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o uso de um recobrimento bioativo à base de fécula de mandioca em associação com um novo antimicrobiano natural produzido por rota biotecnológica, na manutenção e aumento da vida útil pós-colheita de tomates italiano em diferentes tempos de armazenamento.

2.2 Objetivos específicos

- Desenvolver uma formulação de um recobrimento bioativo a partir do composto antimicrobiano PHT 436, utilizando fécula de mandioca para recobrimento de tomate italiano;
- Avaliar o efeito do recobrimento à base de fécula de mandioca e solução antimicrobiana PHT 436 na conservação pós-colheita de tomate;
- Avaliar as características físico-químicas (pH, acidez titulável, teor sólidos solúveis perda de massa fresca e firmeza) dos tomates com e sem recobrimento, ao longo da vida de prateleira;
- Determinar a vida de útil dos frutos de tomate italiano conservados com o recobrimento bioativo produzido a partir do PHT 436, por meio de ensaio laboratorial microbiológico (contagem de bolores e leveduras) que comprovem a redução do crescimento microbiano;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Tomate

Segundo Alvarenga (2004), o tomate (*Lycopersicon esculentum*), é oriundo da região andina da América do Sul e foi introduzido na Europa durante o século XVI e posteriormente foi disseminado pelos continentes Asiático, Africano e no Oriente Médio. Já no Brasil, a difusão da cultura ocorreu após a primeira Guerra Mundial em meados de 1930.

O tomate (*Lycopersicon esculentum*) é uma planta dicotiledônea pertence à família das Solanáceas. O tomate é classificado como baga podendo conter dois, três ou vários lóculos e seu peso pode variar entre 5 e 500 gramas por fruto. A partir do momento que ocorre a fecundação inicia-se o crescimento do fruto sendo necessário o período entre 7 a 9 semanas para o amadurecimento. A colheita do fruto ocorre no início da maturação quando os frutos começam a mudar a coloração, completando assim, o processo de amadurecimento pós-colheita, devido ao fato do tomate ser um fruto climatérico, pois, ocorre um aumento na produção de etileno e da taxa respiratória no início do processo de maturação (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O tomate se destaca sendo uma das hortaliças mais cultivadas do mundo, apresentando uma área plantada de 4,41 milhões de hectares, com uma produtividade média de 34,5 toneladas por hectare, totalizando uma produção média de 151,69 milhões de toneladas colhidas. O Brasil é 8º maior produtor mundial de tomate e o 1º da América Latina, responsável por 16% do PIB gerado pelo agronegócio, com produção de 4,1 milhões de toneladas em 71 mil hectares de tomates incluindo tanto tomate para processamento industrial quanto tomate para consumo *in natura*. A China é o maior produtor mundial produzindo cerca de 50,5 milhões de toneladas do fruto, seguida da Índia com produção de 18,2 milhões de toneladas, Estados Unidos com 12,5 milhões de toneladas, seguido de países como a Turquia, Egito, Irã, Itália e Espanha (AGRIANUAL, 2013).

O mercado consumidor está cada vez mais exigente na escolha de produtos alimentícios. A demanda é crescente por alimentos frescos, de alta qualidade, sem a adição de conservantes químicos e que apresentem praticidade e inovação. Com isso, recentemente o consumo de tomate *in natura* obteve um aumento significativo devido à descoberta de funcionalidade na prevenção de câncer relacionada ao aparelho digestivo e menor incidência de doenças cardíacas. Esses efeitos benéficos são atribuídos à composição do tomate que é um alimento rico em compostos antioxidantes, incluindo a vitamina E, ácido ascórbico, carotenoides, flavonoides e compostos fenólicos (CARVALHO e PAGLIUCA, 2007).

3.1.1 Classificação

Segundo Carvalho e Pagliuca (2007), os tomates podem ser identificados pelo formato, o qual pode estar relacionado à finalidade de uso de acordo com Quadro 1.

Os produtores de tomate devem levar em consideração a exigência do mercado em relação ao formato, coloração e qualidade dos frutos para se manter a competitividade econômica e comercial. A adoção de classificação, o uso de embalagens adequadas e os rótulos de identificação do produto também auxiliam no processo de comercialização do tomate (SILVA e VALE, 2007).

Quadro 1-Classificação de tomates por grupo, formato e uso.

Grupo	Formato	Uso
Grupo Santa Cruz	Formato oblongo	Preparo de molhos e saladas
Grupo Saladete	Redondo	Uso em salada
Grupo Caqui	Redondo	Uso em saladas e lanches
Grupo Italiano	Oblongo e tipicamente alongado	Uso em molhos e saladas
Grupo Cereja	Redondo ou oblongo com tamanho reduzido	Uso em aperitivos e saladas

Fonte: Adaptado de Carvalho e Pagliuca, (2007).

De acordo com Carvalho e Pagliuca, (2007) existem dois grupos relacionados com a vida útil de tomates que estão ligados a pós-colheita do fruto em condições normais de conservação e podem ser observados no Quadro 2.

Quadro 2- Classificação por durabilidade de tomates

Classificação	Características
Longa vida	Denominação utilizada para os tomates de cultivares que possuem uma pós-colheita maior, permanecem com a característica de firmeza por um tempo maior e podem ser utilizados para transporte a longas distâncias.
Normal	Tomates que possuem menor vida útil, geralmente são frutos mais saborosos que os tomates longa vida.

Fonte: Adaptado de Carvalho e Pagliuca, (2007).

3.1.2 Cultivares

De acordo com Silva e Vale (2007), no Brasil, são encontrados diversos cultivares para atender ambos os mercados de consumo *in natura*, bem como tomates destinados à industrialização. Atualmente, existe cerca de 700 cultivares de tomate registrado e disponível para a comercialização no país. Para a produção industrial são utilizadas cultivares híbridas, que possuem coloração uniforme e atrativa, maior teor de sólidos solúveis (°Brix), firmeza, pH e acidez para conferirem uma maior resistência ao tratamento térmico, como exemplo a produção de atomatados (molhos e polpas de tomate).

3.1.3 Composição

Segundo Alvarenga (2004), os frutos do tomate apresentam cerca de 95,1% de umidade e dentre os outros componentes estão presentes ácidos orgânicos (cítrico, málico e ascórbico), ácidos inorgânicos, açúcares (sacarose e frutose), fibra insolúvel (celulose), fibra solúvel (pectina), vitaminas do complexo B (B1, B2 e B3), minerais (Ca, K, Mg e P) e licopeno que é o pigmento responsável pela coloração vermelha. A composição do fruto conforme o Quadro 3, pode variar de acordo com o material genético, as condições ambientais e de cultivo. Os frutos de tomate possuem baixo valor calórico e são muito ricos em vitamina C e cálcio.

Quadro 3- Composição alimentar 100 g de tomate *in natura* (com sementes).

Umidade	95,1 %	Manganês	0,07 mg
Energia	15 Kcal	Fósforo	29 mg
Proteína	1,1 g	Ferro	0,2 mg
Lipídeos	0,2 g	Sódio	1 mg
Colesterol	-	Potássio	222 mg
Carboidrato	3,1 g	Cobre	0,04 mg
Fibra Alimentar	1,2 g	Zinco	0,1 mg
Cinzas	0,5 g	Tiamina	0,12 mg
Cálcio	7 mg	Pirodoxina	0,02 mg
Magnésio	138 mg	Vitamina C	21,2 mg

Fonte: Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos – TACO. Campinas, 2006.

3.1.4 Colheita

Para Rinaldi (2011), não existe uma metodologia pré-definida para identificar o ponto de colheita ideal dos frutos, que devem ser colhidos de forma a manter a qualidade e a satisfação do consumidor final. Para se definir o ponto certo de colheita, existem alguns fatores a serem observados como: o destino, o meio de transporte, a forma de consumo (*in natura* ou processamento industrial) e as características intrínsecas.

A colheita dos frutos deve ser realizada no período da manhã, devem ser observados alguns cuidados com relação à seleção dos frutos quanto ao seu destino final e se manter as boas práticas de fabricação como a higiene das mãos do operador, as unhas devem estar limpas e cortadas, evitando assim, causar danos e injúrias aos frutos durante a colheita manual, os frutos colhidos devem ser armazenados em recipientes limpos e sanitizados e os frutos depois de colhidos não devem ficar expostos demasiadamente ao sol (NAIKA *et al.*, 2006).

3.1.5 Qualidade

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a qualidade é um conjunto de propriedades relacionadas a aspectos subjetivos como: economia, cultura, religião e aspectos objetivos que são as características sensoriais, nutricionais e a segurança dos alimentos. De acordo com a ciência de alimentos, a qualidade é atribuída por características que diferenciam unidades individuais de um produto, sendo primordial a aceitação desse produto pelo comprador. O conceito de qualidade do tomate se refere aos atributos que o consumidor estima que o produto deva possuir, no entanto, esse conceito não deve estar restrito somente ao consumidor final e sim deve ser em toda cadeia produtiva.

O tomate é um fruto muito sensível ao empilhamento, quedas e outros impactos, pois apresenta elevado teor de água em sua composição e está sujeito a variações de temperatura e umidade relativa do meio ambiente. Sendo assim, a vida útil pós-colheita é comprometida por problemas de desidratação e amolecimento excessivo. Por ser um fruto climatérico, ou seja, inicia o seu amadurecimento com elevação da taxa respiratória, resultando numa série de transformações físico-químicas que elevam ou reduzem as suas qualidades sensoriais (CASTRICINI *et al.*, 2012).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), as características de qualidade de produtos agrícolas podem ser determinadas pelos aspectos sensoriais, físicos e químicos. A coloração, tamanho, forma, turgescência e ausência de defeitos externos são os critérios utilizados pelos consumidores para decisão da compra dos produtos, onde a aparência é fundamental para a determinação do valor comercial.

Os atributos de qualidade desejáveis estão apresentados no Quadro 4 e devem ser considerados para atender as necessidades do consumidor final. Dentre os atributos de qualidade desejáveis no tomate, o sabor é um dos aspectos exigidos pelos consumidores e está condicionado ao balanço entre o açúcar e a acidez do fruto. Além de todos os fatores relacionados a qualidade dos produtos hortícolas os consumidores vêm observando também as propriedades funcionais na escolha dos produtos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Quadro 4- Atributos de qualidade para produtos hortícolas.

Atributos	Componentes
Sensoriais	
Aparência	<p>Tamanho: dimensões, peso e volume.</p> <p>Forma: longitudinal x transversal, uniformidade.</p> <p>Cor: intensidade, luminosidade.</p> <p>Brilho: lustre, aparência externa.</p> <p>Defeitos: externos e internos (morfológicos, físicos, mecânicos, patológicos, entomológicos).</p>
Textura	<p>Firmeza, dureza, maciez, fragilidade, suculência, granulosidade, resistência e fibrosidade.</p>
Flavor	<p>(Doçura, acidez, adstringência, amargor, aroma (voláteis), sabores e odores estranhos).</p>
Rendimento	<p>Relação entre casca, polpa e caroço.</p> <p>Volume de suco, número de sementes.</p> <p>Índice tecnológico (suco: sólidos solúveis)</p>
Valor nutricional	
<p>Carboidrato, proteínas, lipídeos, vitaminas e minerais.</p>	
Segurança	<p>Substâncias tóxicas naturais, contaminantes (resíduo de metais), micotoxinas, microrganismos patogênicos.</p>

Fonte: Chitarra e Chitarra (2005)

Durante o estágio de maturação do tomate é definido o momento da colheita, pois a cor sugere as mudanças de sabor, textura e aroma decorrentes do amadurecimento (SILVA & GIORDANO, 2000).

O processo de modificação da coloração do tomate é devido à clorofila e aos carotenoides. Nos frutos imaturos, a coloração verde é atribuída à clorofila, que se degrada de forma acentuada durante o amadurecimento com síntese gradual de licopeno. A coloração vermelha dos frutos é devido ao acúmulo de licopeno. A modificação da cor do tomate é considerada um índice de colheita, desde que, o fruto tenha completado seu desenvolvimento fisiológico e esteja fisiologicamente desenvolvido, verde maduro, ideal para a colheita (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Entre as substâncias orgânicas presentes no tomate, os sólidos solúveis e os ácidos orgânicos são os constituintes mais importantes para conferir sabor ao fruto e afetam diretamente à qualidade do produto (FERREIRA, 2004). Os sólidos solúveis representam a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos na polpa e são medidos em °Brix. Os sólidos solúveis são utilizados como medida indireta do teor de açúcares e aumentam durante a maturação através dos processos sintéticos ou pela degradação de polissacarídeos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os ácidos orgânicos conferem acidez aos frutos e são acumulados durante o crescimento e utilizados como substratos respiratórios durante o amadurecimento. Além de contribuir para acidez dos frutos, os ácidos orgânicos também contribuem para o aroma característico. Na etapa de maturação onde a atividade metabólica do fruto é maior, os ácidos orgânicos servem como reserva energética, por meio de sua oxidação no ciclo de Krebs (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A firmeza é um atributo bastante avaliado em tomates, pois é considerada uma medida necessária para monitoramento da qualidade pós-colheita. Através da firmeza relaciona-se a melhor capacidade de armazenamento, resistência e comercialização dos frutos. O tomate de qualidade deve ser firme ao tato e não se deformar com facilidade devido ao excesso de maturação (SUSLOW e CANTWELL, 2003).

O pH é outro atributo de qualidade que varia conforme o estágio de maturação e genótipos. Um pH maior que 4,3 oferece grande risco de contaminação, pois microrganismos como o *Bacillus coagulans*, *Clostridium botulinum* e *C. butyricum* podem proliferar e levar o fruto a deterioração (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

3.2 PÓS-COLHEITA

Segundo Marcos (2002), a pós-colheita é umas das fases mais críticas dentro da cadeia de produção e comercialização de frutas e hortaliças, uma vez que essa etapa define a qualidade e a conservação dos produtos. O tomate apresenta alto teor de umidade, por isso, os frutos sofrem danos quando expostos a oscilações de temperatura e umidade relativa do ar, ocasionando danos ao produto devido à perda de água.

O consumidor final busca uma experiência de consumo com produtos contendo aspectos sensoriais desejáveis (cor, sabor, aroma, textura), para isso, o manejo pré e pós-colheita deve acontecer de forma adequada, com o objetivo de se manter a qualidade das frutas e hortaliças que são consumidas *in natura* (VILELA *et al.*, 2003).

Os produtos perecíveis geralmente precisam ser armazenados para balancear as oscilações do mercado entre a colheita e a comercialização. Os aspectos que devem ser considerados para aumentar o tempo de armazenamento são: isenção de danos no produto, amassamento, doenças, pré-resfriamento e embalagens adequadas imediatamente após a colheita (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

3.2.1 Perdas

Segundo Kader (2002), a perda pós-colheita é definida como a redução não intencional dos alimentos disponíveis para o consumo, devido às ineficiências resultantes da cadeia produtiva, tais como a infraestrutura e transporte deficientes e falta de tecnologia para a produção. Essas perdas ocorrem principalmente durante a pós-colheita e o processamento. Já o desperdício de alimentos é definido como o descarte intencional de produtos alimentícios próprios para o consumo humano, portanto, o desperdício é decorrente do comportamento dos indivíduos.

A agricultura representa um dos pilares mais importantes na economia brasileira. No entanto, o país ocupa um lugar de destaque no ranking mundial de perdas pós-colheita, devido a falhas decorrentes em toda cadeia produtiva. O desperdício de alimentos no Brasil é um dos problemas que causam sérios impactos sociais e econômicos. Diante disso, são necessárias ações que visam à redução das perdas durante toda a cadeia produtiva para aumentar a renda dos produtores rurais, diminuição de custos e propiciar a manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças (VILELA *et al.*, 2003).

No Brasil, 30% do que se produz deixa de ser utilizado por causa de danos sofridos em toda cadeia produtiva (LUENGO e CALBO, 2011).

As perdas agrícolas ocorrem devido à deterioração, contaminação e mudança no teor nutricional do produto, sendo que as alterações nutricionais são decorrentes de reações do metabolismo do fruto, o que ocasiona a redução no conteúdo nutricional decorrente da decomposição natural e manejo inadequado (CHITARRA e CHITARRA, 2006).

3.2.2 Métodos de conservação

As tecnologias de armazenamento e conservação pós-colheita de frutos são utilizadas com a finalidade de se manter os parâmetros de qualidade (cor, firmeza, teor de açúcares, acidez), visando o prolongamento do período de comercialização dos produtos e manter a qualidade pós-colheita.

A escolha do método de conservação adequado depende dos recursos econômicos disponíveis, da infraestrutura e dos atributos de pós-colheita de cada hortaliça. Em tomates, a conservação dos frutos é feita em temperatura ambiente ou sob-refrigeração (BOTREL *et al.*, 2010).

3.2.2.1 Uso de baixas temperaturas

Dentre as tecnologias mais eficientes para minimizar as perdas pós-colheita é o armazenamento à baixa temperatura é eficiente para retardar o processo de deterioração de frutos. A refrigeração é utilizada para diminuir a taxa respiratória, redução das perdas e manter os atributos responsáveis pela qualidade. Com isso, deve se garantir uma taxa metabólica mínima que seja suficiente para se manter as células vivas, mantendo-se a qualidade dos frutos durante o período de armazenamento (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A temperatura ótima de armazenamento do tomate depende do estágio de maturação. Os frutos verdes devem ser armazenados em torno de 13°C, os frutos mais parcialmente maduros devem ser armazenados em torno de 10°C, os frutos maduros podem ser armazenados em de 8°C (LUENGO e CALBO, 2001).

O tomate é altamente sensível ao dano causado por baixas temperaturas, esse dano é caracterizado pelo desenvolvimento de manchas escuras na epiderme, prejudicando assim, a comercialização do produto (LUENGO e CALBO, 2001).

3.2.2.2 Atmosfera modificada

Para melhorar o efeito do uso da refrigeração na manutenção pós-colheita de frutos pode-se utilizar atmosfera modificada (AM). A modificação da atmosfera é uma técnica que consiste em criar uma atmosfera gasosa de equilíbrio dentro da embalagem ou da câmara de estocagem, com baixo teor de O₂ e alto teor de CO₂, conferindo uma atmosfera de equilíbrio ótimo favorável para redução da atividade respiratória e demais atividades metabólicas (KADER, 2002). O retardamento metabólico ocorre devido à redução da taxa respiratória dos frutos, devido à atmosfera gasosa combinada com a respiração dos frutos e a permeabilidade do filme plástico, provocando um aumento da taxa de CO₂ e diminuição das concentrações de O₂ no interior da embalagem (HERTOG *et al.*, 2011).

3.2.2.3 Biofilmes comestíveis

A utilização de biofilmes comestíveis é uma das formas de criação de uma barreira semipermeável a vapor de água e gases, reduzindo a taxa respiratória, a perda de água garantindo assim o aumento da vida de prateleira de produtos minimamente processados (MORAES e SARANTÓPOULOS, 2009).

As películas comestíveis são classificadas em filmes e coberturas e a diferença entre essas classificações é que os filmes são pré-formados separadamente do produto. As coberturas são formadas diretamente sobre a própria superfície do alimento, podendo ser aplicada por imersão ou aspensão (CHITARRA e CHITARRA, 2006).

Após aplicação do revestimento que é formado a partir de um agente espessante, cria-se uma película de proteção ao redor do produto, agindo como uma barreira para minimizar as trocas gasosas e a perda de vapor de água, modificando a atmosfera e conseqüentemente retardando o amadurecimento de frutas e hortaliças (VICENTINI, 1999).

Para formulação de revestimentos comestíveis são utilizados compostos como proteínas (caseína, gelatina, glúten de trigo, zeína, ovoalbumina e proteínas miofibrilares), polissacarídeos (amido e seus derivados, celulose, alginato e carragena), os lipídeos (ceras e ésteres de ácido graxo) e até mesmo a combinação desses compostos para melhor funcionalidade de cada produto, podem ser feitas de base simples ou compostas, utilizando materiais diferentes. E aplicadas em camada simples, dupla camada ou multicamadas (LUVIELMO e LAMAS, 2012).

As coberturas comestíveis também são conhecidas como recobrimento comestível é uma tecnologia que utiliza formulações preparadas com substâncias que não apresentem riscos a segurança dos alimentos (CHITARRA e CHITARRA, 2006).

O recobrimento comestível deve reduzir a respiração e a produção de etileno pelo produto, além de carrear aditivos químicos que auxiliem no processo de manutenção da qualidade e reduzam a deterioração por microrganismos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O uso da tecnologia de recobrimento comestível tem uso promissor no mercado mundial, devido às vantagens que essa tecnologia apresenta. Os materiais utilizados para formulação de acordo com o Quadro 5 são biodegradáveis e reduzem a poluição ambiental com relação aos sistemas convencionais de embalagens, além de conferir aos produtos a manutenção dos atributos sensoriais (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Quadro 5- Principais materiais utilizados como recobrimento e suas principais funções.

Recobrimento	Principal função
Alginato	Redução de perda de água
Amilose/Amilopectina	Barreira a gases, melhorar a cor e a firmeza e ação antifúngica.
Albúmen do ovo	Manutenção da cor e redução de escurecimento
Caseína	Barreira a gases e manutenção da cor
Cera de carnaúba	Barreira a gases, redução da perda de água e diminuição da desidratação superficial.
Proteínas do soro de leite	Barreira a gases, manutenção da cor e redução de perda de água.
Proteínas de soja	Barreira a gases, manutenção da firmeza e redução de perda de água.
Goma Xantana	Redução da perda de água e diminuição da desidratação superficial.
Quitosana	Ação antimicrobiana, manutenção da cor e redução de escurecimento
Carregenato	Redução de perda de água

Fonte: Assis (2008)

3.2.2.3.1 Fécula de mandioca

A fécula de mandioca é o produto amiláceo extraído das partes subterrâneas comestíveis da mandioca (*Manihot esculenta* Cranz). O fluxograma do processo de obtenção da fécula de mandioca (Figura 1), consiste nas etapas de lavagem e descascamento das raízes, ralação para a desintegração das células e liberação dos grânulos de amido, separação das fibras e material solúvel e o processo de secagem (LEONEL e CEREDA, 2000).

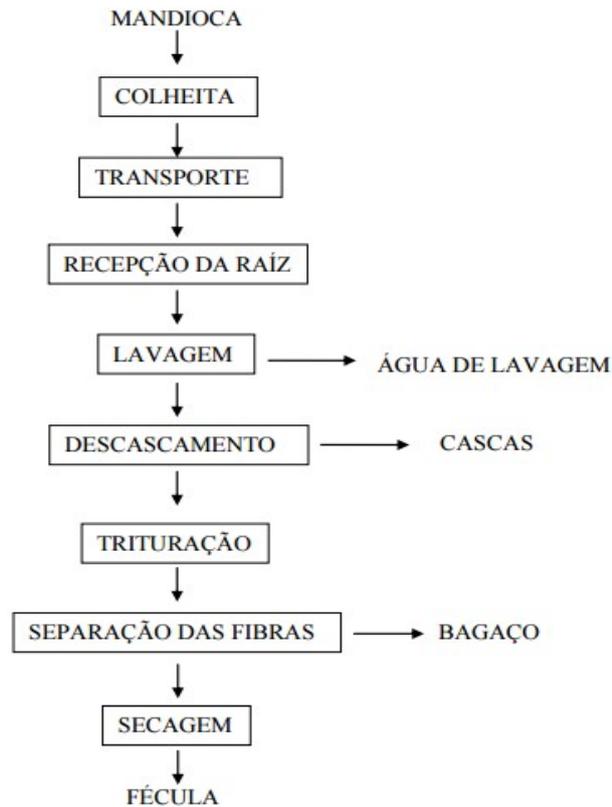


Figura 1- Processamento da mandioca para produção de fécula

Fonte: ABAM (2009)

A fécula de mandioca se destaca por ser um dos produtos mais utilizados na formulação de recobrimentos comestíveis à base de polissacarídeos. Os recobrimentos formulados a partir da fécula de mandioca possuem características favoráveis como uma boa transparência e brilho, não é um material pegajoso e confere uma boa resistência às trocas gasosas. Um dos fatores positivos quanto ao uso da fécula de mandioca em recobrimentos comestíveis é a sua disponibilidade no mercado, o baixo custo e a sua biodegradabilidade que pode ser ingerido sem causar danos à saúde (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Segundo Parker e Ring (2011), a formação da solução filmogênica consiste no aquecimento de uma solução de amido e água até temperatura de 60-70°C. A partir do aquecimento, ocorre a ruptura das estruturas cristalinas do grânulo de amido e este absorve a água e

forma-se uma solução grossa de forma irreversível. Após a gelatinização do amido, a solução atinge a temperatura ambiente, ocorre a retrogradação, ou seja, a reorganização das moléculas por ligações de hidrogênio (Figura 2).

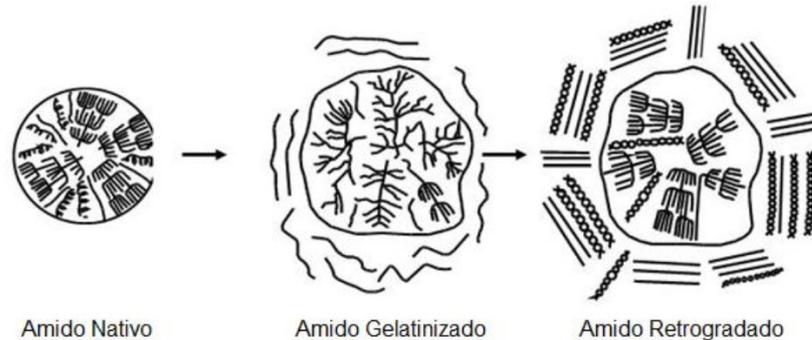


Figura 2- Processo de gelatinização e retrogradação do amido
Fonte: Food-Info (2012)

3.2.2.3.2 Recobrimento comestível em tomate

Segundo Damasceno *et al.* (2003), em trabalhos com revestimento de tomates utilizando fécula de mandioca nas concentrações de 2 e 3% e tratamento controle, armazenados em temperatura ambiente e umidade de 51 a 90% não conferiram diferença significativa para perda de massa fresca do frutos, no entanto, a película com concentração de 3% de fécula apresentou um resultado mais significativo.

Oliveira *et al.* (2015), realizou tratamentos utilizando fécula de mandioca nas concentrações de 0, 1, 3 e 5% seguido de avaliações nos tempos de 0, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 dias para avaliação da qualidade e longevidade de tomate cereja sob condições ambiente e controlada, obtendo um resultado satisfatório para a concentração de 3% de fécula de mandioca preservando os parâmetros de qualidade com menor acidez e menor perda de massa.

Mohr *et al.* (2015), com intuito de evitar a deterioração acelerada pós-colheita de tomate, utilizaram filmes biodegradáveis para recobrimento de tomate nas concentrações de 3, 5 e 7% de fécula de mandioca, analisando os atributos de qualidade de peso e cor durante 22 dias de armazenamento. O filme de concentração 5% obteve o melhor resultado na conservação de tomates tipo Carmem, sendo uma alternativa eficiente para prolongar a vida de prateleira desse fruto.

3.3 Composto PHT 436

O composto PHT 436 é resultado de um estudo prévio realizado pela empresa Phoneutria Biotecnologia e Serviços LTDA e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que resultou no pedido de patente: “Óleo de girassol (*Helianthus annuus*) modificado enzimaticamente, processo de obtenção e uso dos seus derivados como antimicrobianos” junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI em 19 de dezembro de 2012.

De acordo com resultados preliminares o composto PHT 436 demonstrou ser capaz de inibir o crescimento de importantes agentes etiológicos de DTA (Doenças Transmitidas por Alimentos), como *Salmonella* spp, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*.

O composto PHT 436 é um agente antimicrobiano desenvolvido a partir de óleo comercial utilizado na alimentação humana. Os estudos de toxicidade, principalmente aqueles realizados *in vivo* não identificaram ação tóxica em organismos superiores. O produto apresenta grande estabilidade podendo ser mantido em temperatura ambiente e também ser submetido ao aquecimento.

A patente número 102013032733-6 (Figura 3) foi então depositada em 19 de Dezembro de 2013 e publicada em 23 de Agosto de 2016, tem como titulares a Universidade Federal de Minas Gerais e a empresa Phoneutria Biotecnologia e Serviços LTDA e seus inventores são o Professor Dr. Evanguedes Kalopothakis e Dra. Júnia Maria Netto Victória.

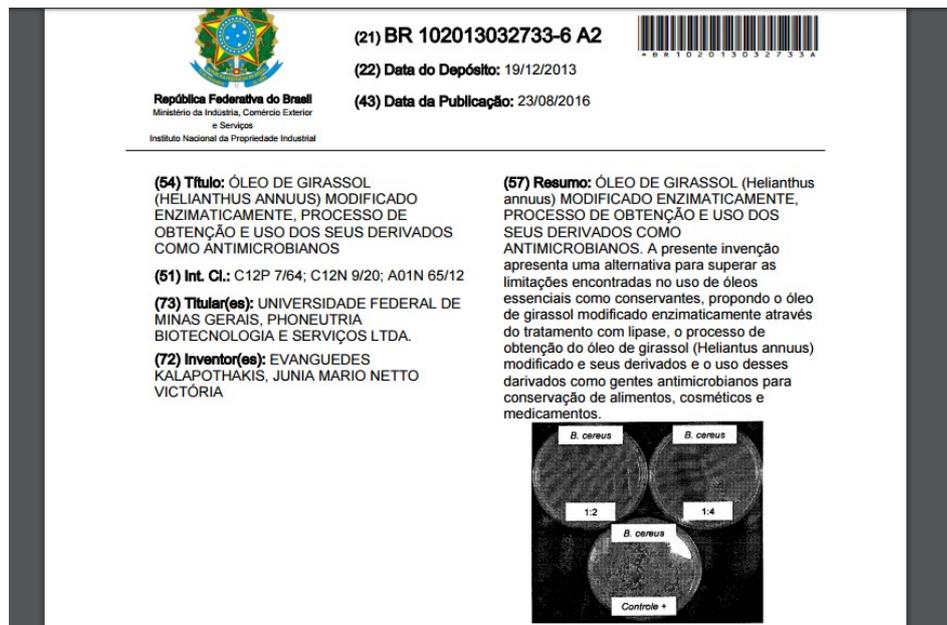


Figura 3-Patente BR 102013032733-6

Fonte: INPI (2017)

Neste projeto, procurou-se atender a reivindicação dependente de número 4 da referida patente que utiliza o composto PHT436 como conservante de alimentos.

3.3.1 Processo de obtenção do composto PHT 436

De acordo com as reivindicações descritas no pedido de patente número 102013032733-6, o composto PHT 436 é obtido a partir do óleo de girassol modificado enzimaticamente através do tratamento com a enzima lipase. A partir desse processo obtêm-se o composto PHT 436 que é um dos derivados do processamento patenteado e utilizado como agente composto para conservação de alimentos, cosméticos e medicamentos.

3.3.2 Avaliação da toxicidade do composto PHT 436

Para se subsidiar o Registro do Novo Produto na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), foram feitos ensaios bioquímicos, farmacológicos e toxicológicos para validação da não toxicidade do composto para fins alimentícios. A toxicidade do composto PHT 436 foi avaliada em testes preliminares *in vitro*. Os resultados obtidos indicam que o antimicrobiano PHT 436 é um produto seguro para ser utilizado com alimentos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Os tomates utilizados para o experimento pertenciam ao grupo Italiano, apresentam massa média de 135 gramas. São procedentes de cultivo convencional da região de Carmópolis de Minas/Minas Gerais, cidade localizada no Centro Oeste do Estado, sendo considerada a terceira maior região produção de tomates de Minas Gerais com uma média de produção anual de 24 mil toneladas por ano.

Os materiais para confecção do recobrimento bioativo foram a fécula de mandioca da marca Amafil® e o composto PHT 436 produzido pela empresa Phoneutria (Figura 4).



Figura 4- Composto PHT 436 (A) e Fécula Amafil (B)

4.2 Métodos

4.2.1 Preparo das amostras

Os tomates foram selecionados quanto ao grau de maturação, tamanho e ausência de danos mecânicos e deterioração microbiana (Figura 5). Os frutos que não estavam dentro do padrão de conformidade foram descartados. Após a etapa de seleção e classificação, os frutos foram lavados em água potável proveniente do sistema de abastecimento urbano e posteriormente os frutos foram imersos em solução de hipoclorito de sódio a 150 ppm de cloro residual livre (CRL) durante 10 minutos para se efetuar a sanitização dos frutos. Após a etapa de sanitização, os frutos foram enxaguados em água corrente e expostos em bancada para ao ar livre para secar naturalmente.



Figura 5- Tomates imersos em solução clorada à 150 ppm

4.2.2 Preparo dos recobrimentos à base de fécula de mandioca

A escolha para recobrimento dos tomates foi baseada em experimentos com resultados satisfatórios encontrados na literatura conforme citação no item 3.2.2.3.2.

O recobrimento utilizado para o tratamento controle à base de fécula de mandioca (3%) foi elaborado a partir de 30 gramas de fécula de mandioca Amafil®, pesados em balança eletrônica analítica. Após pesada, a fécula foi transferida para um béquer de 2000 mL e foram adicionados 1000 mL de água destilada. A solução foi homogeneizada e aquecida até a temperatura máxima de 70 °C sob agitação constante até a geleificação do amido (aproximadamente 20 minutos). Após a geleificação, a suspensão foi resfriada até atingir a temperatura de aproximadamente 28 °C.

O recobrimento bioativo à base de fécula de mandioca foi elaborado a 3%, foram pesados 30 g da fécula de mandioca Amafil® em balança eletrônica analítica. A fécula de mandioca pesada foi transferida para um béquer de 2000 mL e foram adicionados 100 mL de composto PHT436 a 10% em 900 mL de água destilada até completa dissolução. A solução foi homogeneizada e aquecida até a temperatura máxima de 70 °C, sob agitação constante até a geleificação do amido (aproximadamente 20 minutos). Após a geleificação a suspensão foi resfriada até atingir a temperatura de aproximadamente 28 °C (SOUZA *et al.*, 2009).

4.2.3 Aplicação do recobrimento

Os tomates higienizados foram imersos por 1 minuto nos recobrimentos à base de fécula de mandioca, deixando-se o excesso ser escorrido sobre papel toalha. Após a secagem dos frutos revestidos, os mesmos foram colocados em bandejas de polietileno e armazenados em bancadas em temperatura ambiente (Figura 6).

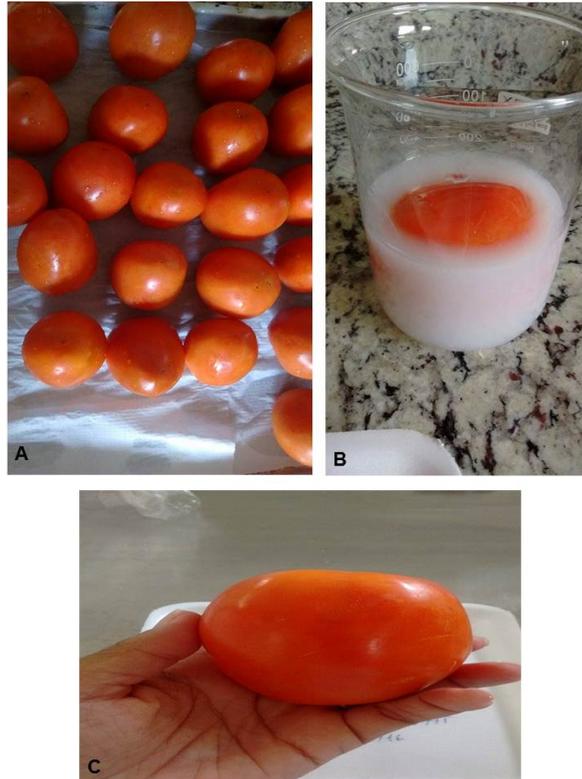


Figura 6-Secagem dos tomates higienizados (A), tomates imersos no recobrimento (B) e tomate com recobrimento totalmente seco (C)

4.2.4 Planejamento experimental

O experimento foi conduzido utilizando cinco tempos de armazenamento dos frutos (0, 5, 10, 15, 20 dias). Os tratamentos utilizados foram:

- 1) Controle 1- tomates higienizados sem aplicação de recobrimento;
- 2) Controle 2- tomates higienizados e imersos no composto PHT 436 a 10%;
- 3) Tratamento 1- tomates com aplicação de recobrimento em solução de fécula de mandioca a 3%;
- 4) Tratamento 2- tomates com aplicação de recobrimento bioativo em solução de fécula de mandioca a 3% com adição do composto PHT 436.

Para cada tratamento utilizado foram realizadas 3 repetições para cada tempo de acondicionamento, totalizando 60 tomates avaliados (Figura 7).



Figura 7- Tratamentos tempo 0 dias (A), tratamentos tempo 5 dias (B), tratamentos tempo 10 dias (C), tratamentos tempo 15 dias (D) e tratamentos tempo 20 dias (E)

4.2.5 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas nos tempos 0, 5, 10, 15 e 20 dias de armazenamento dos tomates em todos os tratamentos.

4.2.5.1 pH

O pH foi determinado através da leitura em potenciômetro digital, marca Mettler Toledo devidamente calibrado com soluções tampões de pH 7,0 e 4,0. Os tomates foram processados em liquidificador convencional até se obter a textura de suco, em seguida o eletrodo foi imerso no suco obtido após processamento para leitura do pH (Figura 8).

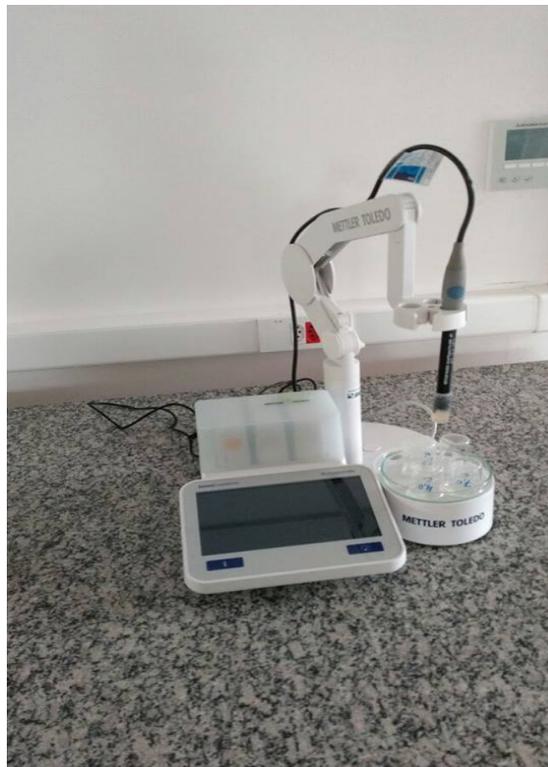


Figura 8- Potenciômetro Digital marca Mettler Toledo

4.2.5.2 Acidez titulável

Seguindo-se a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2005), a acidez titulável foi determinada pesando-se 5 gramas da amostra processada em liquidificador até obtenção de suco, em seguida transferiu-se a amostra pesada para um frasco erlenmyer de 125 mL e adicionou 100 mL de água destilada e 0,3 mL do indicador fenolftaleína. Em seguida procedeu-se a

titulação utilizando solução de Hidróxido de Sódio 0,1N até atingir o ponto de viragem com coloração rosa.

O cálculo para obtenção da porcentagem de acidez titulável foi o seguinte de acordo com a equação 1:

$$\text{Acidez titulável (\%)} = \left[\frac{V \times f \times M \times 100}{m} \right] \quad (\text{Eq. 1})$$

Sendo:

V= volume gasto na titulação em mL da solução de Hidróxido de Sódio 0,1N.

f= fator de correção da solução de NaOH 0,1 N

M= Molaridade

m= massa em gramas da amostra que foi utilizada

4.2.5.3 Perda de massa fresca

Para o cálculo da porcentagem de perda de massa fresca, os frutos foram pesados individualmente durante os 20 dias de observação em balança digital analítica da marca OHAUS Pioneer (Figura 9) com precisão de 0,1 g. Os resultados foram obtidos a partir da seguinte da equação 2:

$$\text{Perda de massa fresca em (\%)} = \left[\frac{\text{PI} - \text{PF}}{\text{PI}} \right] \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

Sendo:

PI= Peso inicial dos frutos (gramas)

PF= Peso final dos frutos (gramas)



Figura 9- Balança analítica marca OHAUS Pioneer

4.2.5.4 Teor de sólidos solúveis

Para determinação do teor de sólidos solúveis, os frutos foram triturados em processador doméstico e foi realizada a leitura direta para quantificação através do uso de um refratômetro digital (Figura 10), contendo faixa de medição entre 0,0 a 53% e os resultados foram expressos em Brix (AOAC, 1997).



Figura 10- Refratômetro Manual marca Prolab

4.2.5.5 Firmeza

A firmeza da polpa foi determinada segundo Moretti e Sargent (2000), utilizando um penetrômetro digital (Figura 11). Após ter sido retirada parte da película do tomate com o auxílio de uma faca de ponta, penetrou-se perpendicularmente o penetrômetro até perfuração. Os resultados da firmeza foram expressos em Newtons.



Figura 11-Penetrômetro digital FR 5120 marca Lutron

4.2.6 Análises de Bolores e Leveduras

A análise microbiológica dos tomates foi realizada com o objetivo de verificar o efeito do composto antimicrobiano PHT 436 para redução do crescimento microbiano nos diferentes tratamentos realizados.

As amostras foram pesadas assepticamente, 25 g de cada tratamento realizado em sacos de Stmomacher, adicionados 225 mL de água peptonada 0,1% e homogeneizados durante 1 minuto. Em seguida, foram realizadas as diluições seriadas nos tubos contendo 9 mL de água peptonada 0,1% e foram transferidos 1 mL das alíquotas para as placas de Petrifilm™.

A metodologia utilizada foi o plaqueamento em placas 3M™ Petrifilm™ específico para contagem de Bolores e Leveduras e consistiu na inoculação e incubação. As placas foram incubadas por a 25°C durante 5 dias. Após o período de incubação foi realizada a contagem das colônias e o resultado da contagem foi corrigido de acordo com a diluição considerada e expressa em UFC/g.

4.3 Análise estatística

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os dados foram avaliados com o auxílio do utilizando-se o programa MS Office Microsoft® Excel para efeito dos recobrimentos comestíveis obtidos no tomate *in natura*, nas características físicas (perda de massa e firmeza), físico-química (pH, acidez titulável e teor de sólidos solúveis) e microbiológica (Contagem de Bolores e Leveduras) em relação ao tempo de armazenamento dos tomates (20 dias). As análises foram realizada em triplicata nos tempo 0, 5, 10, 15 e 20 dias de armazenagem em temperatura ambiente. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e posteriormente foram feitos testes de comparação múltipla de Tukey contendo 5% de probabilidade para verificar o efeito do fator acondicionamento sobre as variáveis obtidas. A variável perda de massa foi avaliada por análise de regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização físico e físico-química dos tratamentos

5.1.1 Análise de pH e acidez titulável

Analisando o pH durante o tempo de armazenamento (Figura 12), a aplicação dos recobrimentos teve efeito significativo ($P < 0,05$).

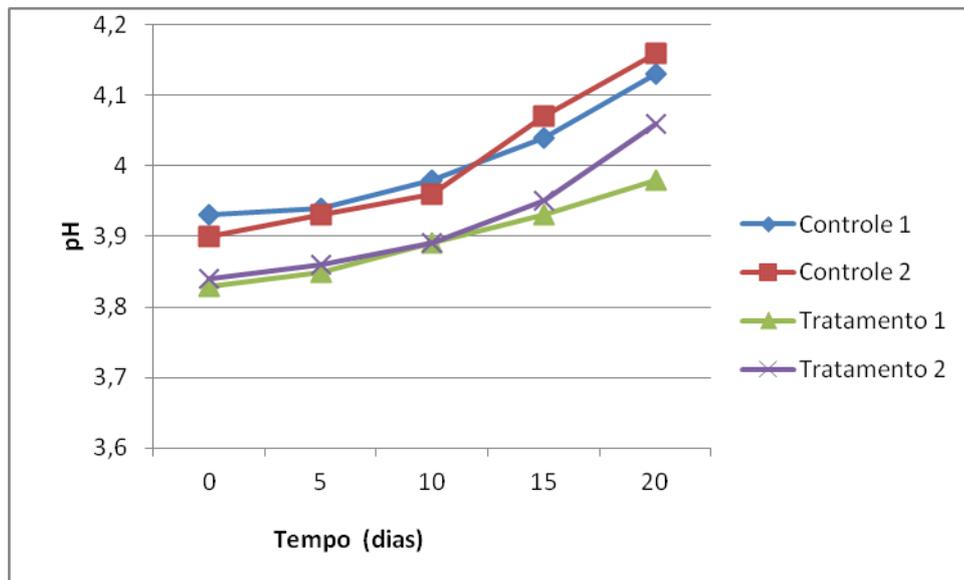


Figura 12- Análise estatística dos valores de pH nos tomates submetidos aos tratamentos e armazenados durante 20 dias

Os tratamentos 1 e 2 conseguiram manter mais constantes os valores do pH em comparação com os tratamentos controle, que apresentaram uma maior elevação durante o estudo. As médias de pH estão dentro dos valores considerados normais para tomates de qualidade estando próximas as faixas indicadas por Lima *et al.* (2011) que avaliou as características físico-químicas de tomates e obteve um valor médio de 4,3, estando próximos aos valores obtidos no presente trabalho.

A acidez titulável foi reduzida em todos os tratamentos utilizados (Figura 13) e teve efeito significativo ($P < 0,05$) durante os dias de armazenamento. Essa redução é devida ao consumo de ácidos orgânicos com substrato durante o processo de respiração na maturação. Segundo Carvalho Filho (2011), os frutos de tomates apresentam diferentes tipos de ácidos orgânicos livres ou combinados que estão diretamente ligados ao sabor dos

frutos, quando se armazena os frutos sem refrigeração a temperatura ambiente esse processo de degradação é mais rápido.

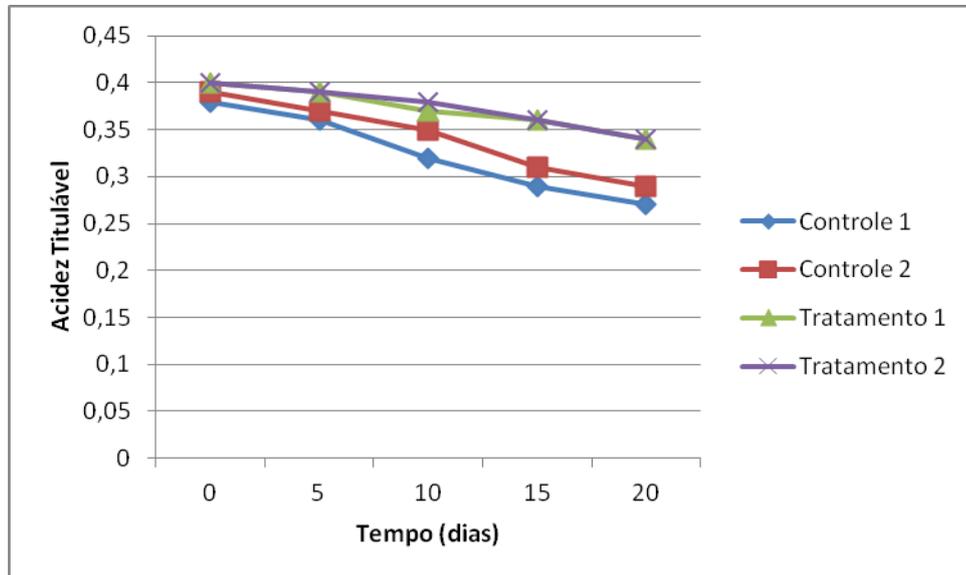


Figura 13- Análise estatística dos valores de acidez titulável nos tomates submetidos aos tratamentos e armazenados durante 20 dias

5.1.2 Teor de Sólidos Solúveis

Com o processo de amadurecimento dos frutos há uma tendência do aumento no teor de sólidos solúveis conforme resultados semelhantes apresentados por Nascimento (2012), que obteve resultados semelhantes ao presente trabalho com valores médios próximos a 4,5°Brix.

Houve um maior acúmulo de sólidos solúveis nos tratamentos 1 e 2 no final do armazenamento dos frutos 20 dias (Figura 14), com efeito significativo ($P < 0,05$). Esse fator pode estar associado à perda de massa dos frutos, onde ocorre uma maior concentração de açúcares devido à redução da umidade e também pela conversão dos ácidos em açúcares.

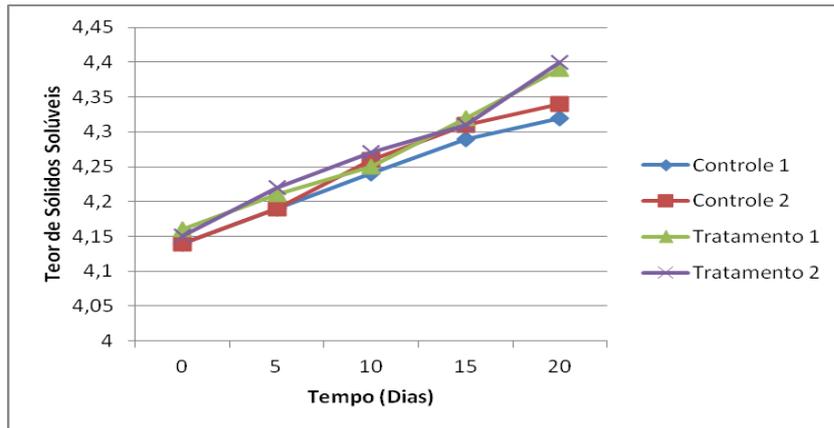


Figura 14- Análise estatística dos valores do Teor de Sólidos Solúveis nos tomates submetidos aos tratamentos e armazenados durante 20 dias

5.1.3 Firmeza

A firmeza dos tomates com recobrimentos (tratamentos 1 e 2) foi maior em relação aos tomates controles (Figura 15), com efeito significativo ($P < 0,05$). A barreira formada pelo recobrimento comestível também é responsável pela redução da firmeza dos frutos, mantendo as células mais íntegras.

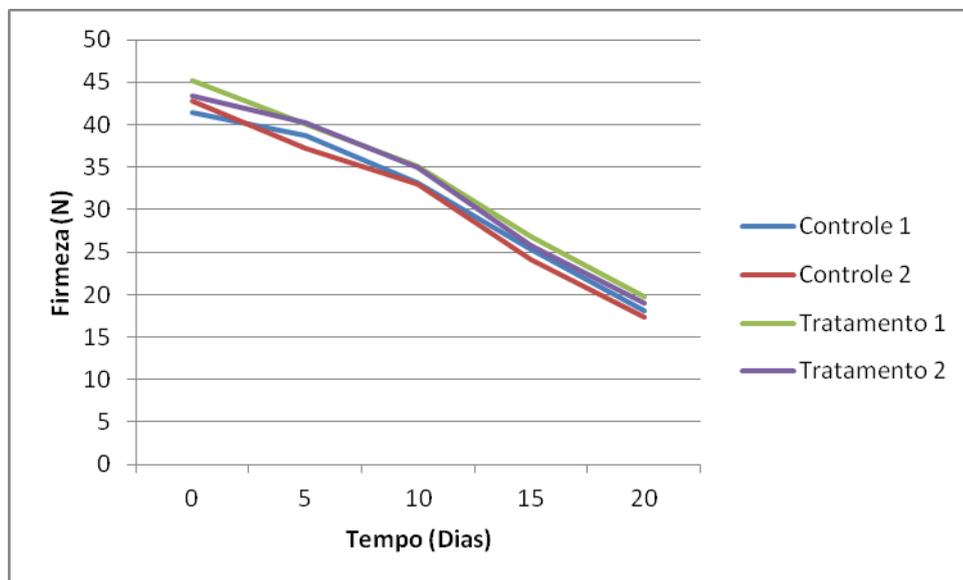


Figura 15- Análise estatística dos valores de firmeza nos tomates submetidos aos tratamentos e armazenados durante 20 dias

A redução da firmeza é responsável pela diminuição da conservação dos tomates, para os consumidores os atributos a serem considerados na aquisição de tomates *in natura* são a textura e a cor da casca (KADER, 2002).

O uso dos recobrimentos provocou uma formação de atmosfera modificada ao redor dos tomates, minimizando a atividade respiratória e consequentemente retardando o processo de amadurecimento através da inibição enzimática. Portanto, o uso dos recobrimentos à base de fécula de mandioca e composto PHT 436 foi eficiente na manutenção da firmeza.

5.1.4 Perda de Massa

Verificou-se uma perda menor de massa fresca ($P < 0,05$) nos frutos que receberam tratamento com recobrimento (Figura 16). Portanto, o uso dos tratamentos com recobrimento à base de fécula de mandioca e recobrimento à base de fécula de mandioca com adição do composto PHT 436 foi eficiente na redução da transpiração dos frutos e no desenvolvimento de uma nova atmosfera, conferindo uma melhoria em alguns fatores intrínsecos e extrínsecos ao fruto.

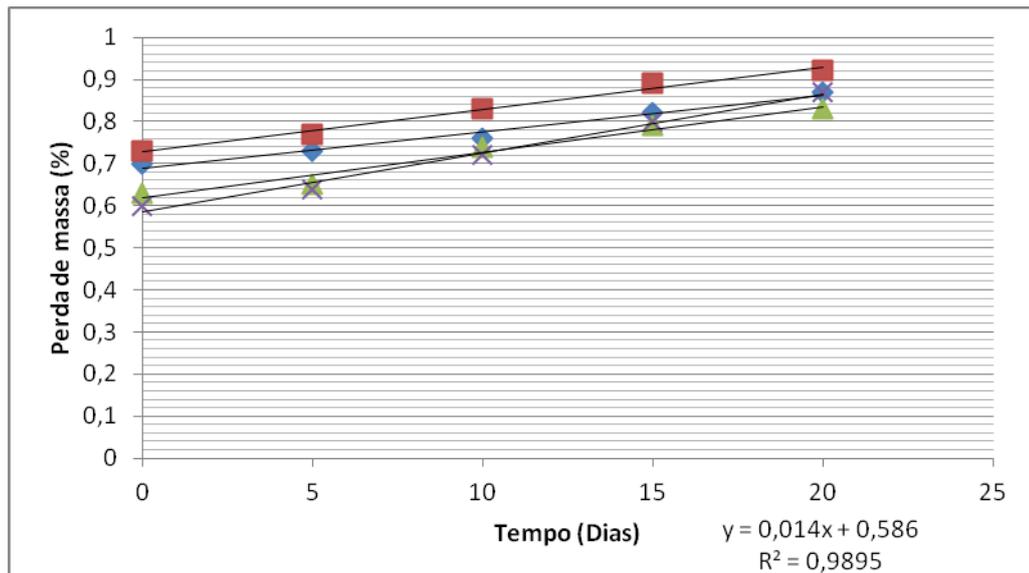


Figura 16- Análise estatística dos valores de Perda de Massa nos tomates submetidos aos tratamentos e armazenados durante 20 dias

Conforme o resultado da análise estatística de regressão Linear realizada, sabe-se que o R^2 é a porcentagem da variabilidade de Y explicada por X, se R^2 for maior que 0,6 significa que a relação entre as variáveis é forte. No presente estudo o valor de R^2 encontrado foi igual a 0,9895.

O tomate é valorizado comercialmente pelo peso sendo esse atributo considerado essencial. Foi possível evidenciar uma maior perda de massa nos frutos controle a partir do décimo dia de armazenamento, causando um murchamento dos frutos, caracterizado pela perda de

umidade. Essa variação pode ser explicada devido à falta de barreira física capaz de minimizar as perdas de umidade e trocas gasosas. Chiumarelli e Ferreira (2006) também observaram uma maior perda de massa em tomates do tratamento controle. O processo de murchamento dos frutos compromete a qualidade visual (Figura 17) e a tecnologia de recobrimento bioativo utilizando fécula de mandioca e PHT 436 mostrou-se eficaz durante os dias de armazenamento, pois os frutos que receberam o tratamento não tiveram sua qualidade visual alterada pela perda de umidade excessiva.

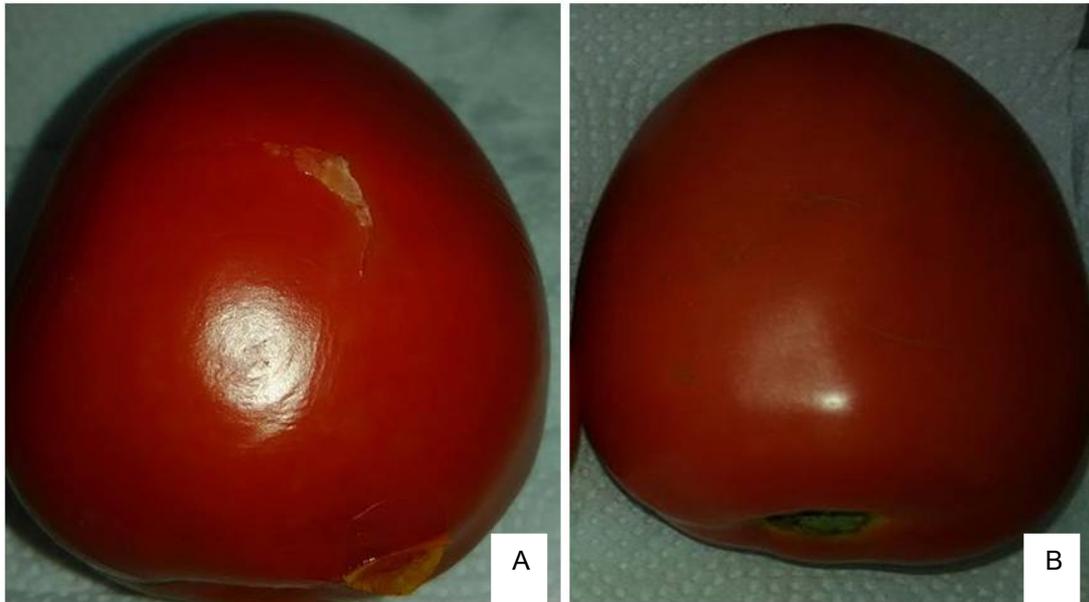


Figura 17- Tomate controle (A) apresentando murchamento com 10 dias de armazenamento e tomate com tratamento (B) com 10 dias de armazenamento

5.2 Análise microbiológica de Microrganismos deteriorantes

5.2.1 Bolores e Leveduras

Para a contagem de Bolores e Leveduras, houve crescimento microbiano nas amostras controle a partir do décimo dia de armazenamento Figura 18 . No tratamento 1 (fécula de mandioca a 3%) houve crescimento microbiano a partir do décimo quinto dia de armazenamento abaixo de log UFC/g (Figura 19).



Figura 18-Tomate controle 1 com dez dias de armazenamento (A) apresentando crescimento microbiano e tomate controle 2 com dez dias armazenamento (B) apresentando crescimento microbiano



Figura 19- Tomate tratamento 1 no décimo quinto de armazenamento apresentando crescimento microbiano

Conforme a Figura 20, o crescimento de Bolores pode ser observado a partir do décimo dia nas amostras controles e a partir do décimo quinto dia na amostra do tratamento 1 contendo recobrimento com fécula de mandioca a 3%. Não houve crescimento microbiano na amostra do Tratamento 2 durante os 20 dias de armazenamento (Figura 21), sendo assim, o recobrimento bioativo a base de fécula de mandioca e composto PHT 436 foi efetivo na redução do crescimento microbiano.

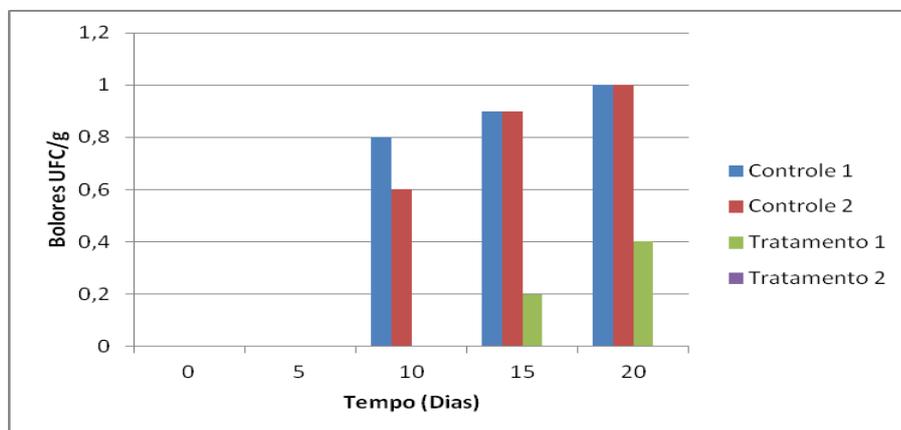


Figura 20- Média dos valores de contagem para bolores nos tomates durante a armazenagem



Figura 21- Tomate com recobrimento bioativo (Tratamento 2)

A contagem de Leveduras nos tratamentos controles iniciou ao quinto dia de armazenagem chegando a 2 log UFC/g. No tratamento 1 o crescimento de leveduras iniciou no décimo dia de armazenagem chegando a 2 log UFC/g. Já no tratamento 2 o crescimento de levedura só foi evidenciado a partir do décimo quinto dia de armazenagem conforme Figura 22.

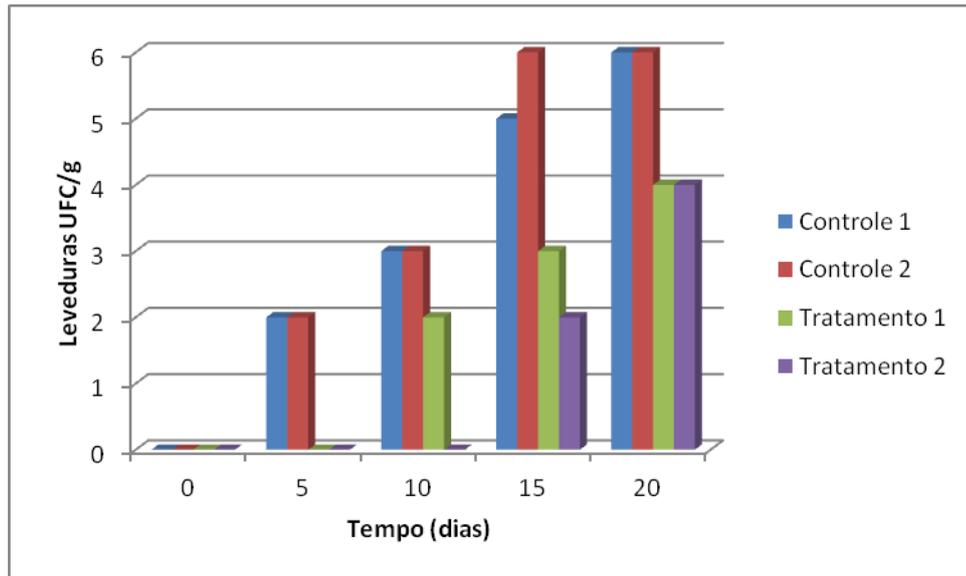


Figura 22- Média dos valores de contagem de leveduras nos tratamentos realizados durante a armazenagem

Rita *et al.* (2011), avaliou a atividade antimicrobiana de biofilmes com óleos essenciais para conservação pós-colheita de tomates e obteve resultados semelhantes ao presente trabalho, aumentando a vida de prateleira dos frutos durante doze dias de monitoramento dos frutos.

6 CONCLUSÃO

Os tomates tratados com os dois tipos de recobrimentos utilizados à base de fécula de mandioca a 3% e o recobrimento à base de fécula de mandioca a 3% com adição do composto PHT 436, apresentaram proteção significativa à perda de massa conferindo uma maior firmeza em relação aos dois controles utilizados no presente trabalho.

A concentração de 3% de fécula de mandioca, além de propiciar uma menor perda de massa e firmeza aos frutos, não altera os parâmetros físico-químicos avaliados (pH, acidez titulável e sólidos solúveis), além de contribuir para a qualidade visual dos frutos.

O potencial antimicrobiano do composto PHT 436 foi efetivo para a redução do crescimento de microrganismos deteriorantes nos frutos, conferindo um aumento significativo na vida útil dos tomates.

Os resultados apresentados neste trabalho indicam que o desenvolvimento de recobrimentos bioativos utilizando novos compostos com potencial antimicrobiano como o PHT 436, incorporados a matriz fécula de mandioca é viável e pode ser utilizado para aumentar a vida útil de tomates.

Novos trabalhos poderão testar o efeito da adição do composto PHT 436 como agente antimicrobiano em outros filmes biodegradáveis, ou matriz de polímeros sintéticos utilizados como embalagens para alimentos. Sugere-se um aprofundamento em novas pesquisas, afim de estudar novas aplicações do composto PHT 436 para conservação de alimentos e bebidas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAM. Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. Processo de obtenção do amido. Disponível em: http://www.abam.com.br/includes/index.php.link_include= . Acesso em 22 de mar. De 2017.
- ALVARENGA, M. A. R. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Editor: Marco Antônio Rezende Alvarenga. – Lavras: Editora UFLA, 2004. P. 27-30. 2004.
- ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA – AGRIANUAL 2013. **IBGE** – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2013. 459p.
- AOAC. 1997. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 6. ed. Washington, v.2, 850 p.
- ASSIS, F. M. D. Aplicação de ceras em frutas e hortaliças. In: **Colheita e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008, p.144.
- BOLZAN, R. P. **Biofilmes comestíveis para conservação pós colheita de tomate dominador**. 2008. 152 p. Dissertação (Pós Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- BOTREL, N.; RESENDE, F.V.; NASSUR, R. de. C. M. R.; VILAS BOAS, E. V. de. B. **Qualidade de tomates cultivados em sistema orgânico e armazenados em temperatura ambiente e refrigerada**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2010. 24 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 72).
- CARVALHO FILHO, C. D. **Conservação de cerejas (*Prunus avium* L.), cv. Ambrunés, utilizando coberturas comestíveis**. 2000. 123 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- CARVALHO, J. L. de; PAGLIUCA, L. G. Tomate um mercado que não para de crescer. Hortifruti Brasil, Piracicaba, v.6, n.58. p.6-14, jun. 2007.
- CASTRICINI, A.; MEDEIROS, S. F.; CONEGLIAN, R.C.C; VITAL, H.C. Uso da Radiação gama na Conservação Pós-Colheita do Tomate de Mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.): fruto “de vez”. **Revista Universidade Rural**, série ciências da vida, v.22, n.2, p.223-229, 2002.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: glossário**. Lavras: UFLA, 2006.

- CHIUMARELLI, M.; FERREIRA, M. D. Qualidade pós-colheita de tomates 'Débora' com utilização de diferentes coberturas comestíveis e temperaturas de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.24, n.3, p.381-385, jul./set. 2006.
- DAMASCENO, S.; OLIVEIRA, P. V. S. de; MORO, E. Efeito da aplicação de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de tomate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 337-380, 2003.
- FERREIRA, S. M. R. **Características de qualidade do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado nos sistemas convencional e orgânico comercializado na região metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2004. 249 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual do Paraná.
- FOOD INFO. **Starch**. Disponível em: <http://www.food-info.net/uk/carbs/starch.htm>. Acesso em: 01 mar. 2017.
- HERTOG, M. L. A. T. M.; NICHOLSON, S. E.; BANKS, N. H. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change in 'Braeburn' apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 23, n. 3, p. 175-184, set. 2011.
- HOJO, E. T. D.; CARDOSO, A. D.; HOJO, R. H.; VILAS BOAS, E. V. B.; ALVARENGA, M. A. R. Uso de películas de fécula de mandioca e PVC na conservação pós colheita de pimentão. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras MG: UFLA, v.31, n.1, p.184 190, 2007.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4. ed São Paulo. 575.p. 2005.
- KADER, A. A. Modified atmospheres during transport and storage. In: _____. **Postharvest technology of horticultural crops**. Davis: CRC, 2002. p. 135-144.
- LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção da fécula de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n.1, p.122-127, 2000.
- LIMA, A. A.; ALVARENGA, M. A.; RODRIGUES, L.; CHITARRA, A. B. Yield and quality of tomato produced on substrates and with application of humic acids. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 29, n.3, p. 269-274, jul./set. 2011
- LUENGO, R. F. A.; CALBO, A. G. **Armazenamento de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. 240p.
- LUENGO, R. F. A.; CALBO, A. G. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.
- LUVIELMO, M. M.; LAMAS, S. V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, vol. 8, n. 1, p. 8-15, jan/jun 2012.
- MARCOS, S. K.; JORGE, J. T. Desenvolvimento de tomate de mesa, com o uso do método QFD (Desdobramento da Função Qualidade), comercializado em supermercado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 3, p. 490-496, set. 2002.

- MOHR, L. C.; SPOHR, G. M.; QUADROS, C. S. de; MAI, S.; MENONCIN, S.; TERNUS, R. Z.; DALCANTON, F.; "Estudo da concentração de Fécula de mandioca na utilização em filmes biodegradáveis para o recobrimento de tomates", p. 3254-3261 . In: **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014 [= Blucher Chemical Engineering Proceedings, v.1, n.2]**. São Paulo: Blucher, 2015.
- MORAIS, B.; SARANTÓPOULOS, C. I.G.L.B. Embalagens ativas e inteligentes para frutas e hortaliças. **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens**. v.21, n.1, p. 1-7, 2009.
- NAIKA, S.; JEUDE, J. V. L. de; GOFFAU, M. de; DAM, B. V. **Colheita e produção de sementes**. In:_____. A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA, 2006. p. 68-72.
- NASCIMENTO, S. D. **Conservação pós-colheita de tomate italiano da cultivar 'Vênus' revestido com fécula de batata**. 2012. 50 p. Dissertação (Pós Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2012.
- OLIVEIRA C.M.; CONEGLIAN, R.C.C.; CARMO, M.G.F. 2015. Conservação pós-colheita de tomate cereja revestidos com película de fécula de mandioca. **Horticultura Brasileira**. v. 33, p. 471-479, Rio de Janeiro, 2015.
- PARKER, R. RING, S. G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, Norwich, v.34, p. 1-17, July. 2001.
- PRATES, M. F. O.; ASCHERI, D. P. R. Efeito da cobertura de amido de fruta-de-lobo e sorbitol e do tempo de armazenamento na conservação pós-colheita de frutos de morango. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos Curitiba**, v. 29, p. 21-32, 2011.
- RINALDI, M. M. Perdas pós-colheita devem ser consideradas. **A lavoura**, Rio de Janeiro p.15-17, out. 2011.
- SILVA, D. J.H.; VALE, F. X.R. **Tomate: Tecnologia de Produção**. Editora UFV. Viçosa, MG. 335p. 2007.
- SILVA, J. B.C.; GIORDANO, L.B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia- Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.
- SOUZA, P. A.; AROUCHA, E. M.; SOUZA, A. E. D.; COSTA, A. R. F. C.; FERREIRA, G. S.; BEZERRA NETO, F. Conservação pós-colheita de berinjela com revestimentos de fécula de mandioca ou filme PVC. **Horticultura Brasileira**, v.27, p. 235-239, 2009.
- SUSLOW, T. V.; CANTWELL, M. **Tomate: (Jitomate)**. Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Davis: Department of Vegetable Crops, University of California. 2003.
- TABELA brasileira de composição de alimentos. Campinas: UNICAMP, 2006. 105p.
- THOMPSON, J.F. Storage Systems. In: KADER, A.A. (ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California, p. 113-114, 2002.

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG., Belo Horizonte – MG. EVANGUEDES KALOPOTHAKIS E JUNIA MARIA NETO VICTORIA. **Óleo de girassol (*helianthus annuus*) modificado enzimaticamente, processo de obtenção e uso dos seus derivados como antimicrobianos** . 102013032733-6 , 19 dec. 2013, 23 aug. 2016.
- VICENTINI, N.M. **Utilização de películas de fécula de mandioca para conservação pós-colheita de couve-flor (*Brassica aleraceae* var. *Botrytis*)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual paulista Júlio de Mesquita Filho – faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu-SP, 1999. 85p.
- VILELA, N. J.; LANA, M. M.; MAKISHIMA, N. **O peso da perda de alimentos para a sociedade: o caso das hortaliças**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 21, n. 2, p. 141-143, abril./ jun. 2003.
- YAMASHITA, F. Filmes e revestimentos biodegradáveis aplicados a frutas e hortaliças minimamente processadas. **In:** Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, v.3, Palestras, Viçosa: UFV, p. 57-3, 2004.