

UNIVERSIDADE TECNOLOGIA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PROCESSOS QUÍMICOS

MARCIA BERNADETE CASTILHOS LIMBERGER

**DESENVOLVIMENTO DE FILME POLIMÉRICO COMBINADO A
INGREDIENTE COM PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES APLICADO
EM MAÇÃS.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO
2017

MARCIA BERNADETE CASTILHOS LIMBERGER

**DESENVOLVIMENTO DE FILME POLIMÉRICO COMBINADO A
INGREDIENTE COM PROPRIEDADE ANTIOXIDANTES APLICADO
EM MAÇÃS.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de TCC do Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Toledo, como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Processos Químicos.

Orientador: Prof^o Dr. Ricardo Fiori Zara

TOLEDO
2017

TERMO DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MARCIA BERNADETE CASTILHOS LIMBERGER

DESENVOLVIMENTO DE FILME POLIMÉRICO COMBINADO A INGREDIENTE COM PROPRIEDADE ANTIOXIDANTES APLICADO EM MAÇÃS.

Trabalho apresentado como forma de avaliação para o Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Tecnologia em Processos Químicos da UTFPR, Campus Toledo, e aprovado pela banca examinadora abaixo.

Prof. Dr. Ricardo Fiori Zara
ORIENTADOR – UTFPR/ TOLEDO

Prof. Dra. Ana Maria Velez Escallon
UTFPR/ TOLEDO

Prof. Ms. Camila Moresco
UTFPR/ TOLEDO

“O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”.

AGRADECIMENTOS

Deus primeiramente por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades, por ter iluminado o meu caminho durante toda essa jornada.

A minha família, minha base, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica.

Agradeço ao marido Rogério, por todo apoio e incentivo, por estar ao meu lado durante esse período, por sua capacidade de não me deixar desistir.

Agradeço ao meu orientador de estágio obrigatório, Professor Dr. Ricardo, pela confiança, conselhos e por acreditar em minha capacidade.

Obrigada todos que contribuíram para meu sucesso e para meu crescimento pessoal.

RESUMO

LIMBERGER, Marcia Bernadete Castilhos. **Desenvolvimento de filme polimérico combinado a ingrediente com propriedades antioxidantes aplicado em maçãs**, 2017. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo – PR. Orientado: Prof. Dr. Ricardo Fiori Zara.

O revestimento polimérico em frutos apresenta-se como uma alternativa para evitar perdas que ocorrem em todo setor produtivo. Os sistemas que aplicam soluções protetoras em frutos devem ser formulados levando em consideração toda legislação vigente. Os procedimentos utilizados levam em consideração características como perda de massa, propriedades organolépticas e visuais, transmissão de vapor de água. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma formulação revestidora em frutos aumentando o tempo de prateleira, utilizando o polímero natural. Os polímeros foram preparados a fim de se obter dispersões poliméricas eficazes à aplicação em revestimento. O método proposto compreendeu a zeína dissolvida em meio hidroalcolico utilizando ácido oleico como plastificante. Esse método foi avaliado quanto ao processo e forma de aplicação do revestimento. Os filmes poliméricos obtidos por *casting* foram caracterizados por transmissão de vapor de água. Os resultados obtidos mostraram que zeína dispersa em solução hidroalcolica pode ser utilizada como formador de filme e camada de selagem, em sistemas de revestimento, como alternativa para proteção de frutos sensíveis a umidade, atuando como barreira. Esta característica deve-se, em grande parte, à presença de grupos apolares e insolubilidade em água. Conclui-se, portanto, que os biopolímeros zeína combinados com ácido oleico e quercitina apresentam características desejáveis à aplicação em revestimento de frutos, além de biodegradabilidade, biocompatibilidade e fonte renovável, sendo viável a sua aplicação em maçãs.

Palavras-chave: Zeína, Frutos, Plastificantes e biofilmes comestíveis.

ABSTRACT

LIMBERGER, Marcia Bernadete Castilhos. **Development of polymer film combined with ingredient with antioxidant properties applied in apple.** 2017. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo – PR. Advisor: Prof. Dr. Ricardo Fiori Zara.

The polymeric coating on fruits presents as an alternative to avoid losses that occur in every productive sector. Systems that apply protective solutions to fruits should be formulated taking into account all current legislation. The procedures used take into account characteristics such as loss of mass, organoleptic and visual properties, transmission of water vapor. This work aims to present a coating formulation in fruits increasing the shelf life, using the natural polymer. The polymers were prepared in order to obtain polymer dispersions effective to coating application. The proposed method comprised the zein dissolved in hydroalcoholic medium using oleic acid as plasticizer. This method was evaluated for the process and manner of coating application. The polymer films obtained by casting were characterized by the transmission of water vapor. The results showed that zein dispersed in hydroalcoholic solution can be used as film former and sealing layer in coating systems as an alternative for the protection of moisture sensitive fruits acting as a barrier. This characteristic is due in large part to the presence of nonpolar groups and insolubility in water. It is concluded, therefore, that zein biopolymers combined with oleic acid and quercetin have desirable characteristics for the application in coating of fruits, besides biodegradability, biocompatibility and renewable source, being feasible its application in apples.

Key-words: Zein, Fruits, Plasticizers and biofilm edible.

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

% - Percentual;

μL - microlitro;

DPPH - 2,2-difenil-1-picrilhidrazila;

Trolox – ácido-6-hidroxi-2,5,7,8 - tetrametilcromano-2-carboxílico;

g - gramas;

L - litro;

mg - miligrama;

mg/mL – mg mL^{-1} ;

g/L – g L^{-1} ;

mL - mililitro;

$\mu\text{mol/L}$ – $\mu\text{mol L}^{-1}$;

$^{\circ}\text{C}$ - Graus Celsius;

PM - perda de massa;

AA - atividade antioxidante;

TVA - Transmissão de vapor de água;

N/R - não revestida;

Z – zeína;

AO - ácido oleico;

Q – quercitina;

IBRAF - Instituto Brasileiro de Frutas;

FAO - Food and Agriculture Organization;

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária;

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perda de frutas e hortaliças em diferentes etapas da cadeia produtiva em diferentes regiões do mundo.....	17
Figura 2: Representação esquemática da estrutura da quercitina.	22
Figura 3: Fluxograma esquemático da rota experimental desenvolvida.....	25
Figura 4: Propilenoglicol, citrato de trietila e ácido oleico.....	31
Figura 5: Formação do filme após 24 horas de secagem, pela técnica de casting. ...	33
Figura 6: Curva de calibração padrão Trolox.	35
Figura 7: Representação de perda de massa para F1, F2 e F3.....	36
Figura 8: Maças revestidas com solução tratamento F1 e F2 respectivamente, após 25 dias.....	37
Figura 9: Representação de perda de massa para as amostras de tratamento T1, T2 e T3.....	38
Figura 10: Amostras revestidas com solução tratamento T2, após 15 dias da aplicação.	38
Figura 11: Representação de perda de massa para as amostras revestidas com a solução T4, T5 e T6.	39
Figura 12: Amostras revestidas com a solução T4 após 25 dias.	40
Figura 13: Representação de perda de massa para as amostras revestidas com a solução T7, T8 e T9.	41
Figura 14: Amostras revestidas com solução T7 e T8 respectivamente, após 25 dias.	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
1.2 JUSTIFICATIVA	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 FRUTAS NO BRASIL	14
2.2 MAÇÃS.....	14
2.3 PERDAS.....	15
2.4 REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS	17
2.5 CARACTERÍSTICAS GERAIS DE PRODUÇÃO E CONSUMO.....	18
2.6 EMBALAGENS.....	19
2.7 ZEÍNA.....	20
2.8 ANTIOXIDANTES	21
2.8.1 Quercitina	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1 Materiais.....	24
3.2 Equipamentos	24
3.4 Métodos.....	25
3.4.1 Amostras	25
3.4.2 Preparo das dispersões de revestimento.	25
3.4.3 Aplicação do revestimento.	26
3.5 AVALIAÇÕES FÍSICA E QUÍMICA	27
3.5.1 Densidade da solução	27

3.5.2 Viscosidade da solução.....	27
3.5.3 pH da solução	28
3.5.4 Obtenção dos filmes - <i>casting</i>	28
3.5.5 Transmissão de vapor de água	28
3.5.6 Avaliação da atividade antioxidante do filme.....	29
3.5.7 Tonalidade da casca	29
3.5.8 Perda de massa	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
4.1 Tonalidade da casca	31
4.2 Densidade, viscosidade e pH.....	31
4.2 Obtenção dos filmes - <i>casting</i>	32
4.3 Transmissões de vapor de água	33
4.4 Avaliação da atividade antioxidante da solução.....	34
4.6 Perda de massa	36
5 CONCLUSÃO	43
6 REFERÊNCIAS.....	44
APÊNDICES 1	47

1 INTRODUÇÃO

Aproximadamente um terço de todo o alimento produzido no mundo para consumo humano é perdido ou desperdiçado. O valor financeiro dessa perda foi estimado em US\$ 940 bilhões ao ano (FAO 2016).

Classificado entre os dez países que mais perdem e desperdiçam alimentos mundialmente, o Brasil contabiliza uma perda anual de 41 mil toneladas (WRI, 2016).

A fruticultura é um dos setores de maior destaque do agronegócio brasileiro. Através de uma ampla variedade de cultivos, produzidas em todo o país e em diversos climas, a fruticultura conquista resultados expressivos e gera oportunidades para os pequenos negócios brasileiros. O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas no mundo, ficando atrás apenas de China e Índia, o que mostra a relevância do setor para a economia brasileira (SEBRAE, 2015).

O setor de fruticultura está entre os principais geradores de renda, emprego e de desenvolvimento rural do agronegócio nacional. A atividade frutícola possui elevado efeito multiplicador de renda e, portanto, com força suficiente para dinamizar economias locais estagnadas e com poucas alternativas de desenvolvimento (BUAINAIN; BATALHA, 2007).

Produtos perecíveis, a exemplo das frutas tropicais, têm sua vida útil reduzida em relação aos duráveis (grãos e cereais), por apresentarem elevado teor de umidade, textura macia facilmente danificável e altas taxas respiratórias e de produção de calor. Essas características geram desvantagens quanto ao seu manuseio após a colheita, resultando em perdas decorrentes da falta de comercialização ou de consumo do produto em tempo hábil (PAPALIAL; LONDEROL, 2015).

De acordo com as estatísticas mundiais, nos países em desenvolvimento as perdas pós-colheita ocorrem com maior proporção e são superiores a 15% e algumas vezes alcançam 80%. No Brasil as perdas da produção agrícola nas fases pós-colheita, apresentam números assustadores, na ordem de 40% das safras de frutos e hortaliças (SOARES, 2009).

Esses produtos possuem tempo de prateleira curto, deteriorando-se rapidamente e sua estocagem por longos períodos é tecnicamente inviável, fato que

exige rapidez no seu processo de comercialização, desde a produção até o consumidor final.

A adoção de tecnologias adequadas na produção, no manuseio e na comercialização de alimentos reduz enormemente as perdas e contribui para a obtenção de produtos de melhor qualidade (EMBRAPA, 2007).

Um segmento tecnológico vem ganhando espaço nesta área que é o desenvolvimento de coberturas comestíveis protetoras que aplicadas diretamente sobre os frutos possibilitam elevar o tempo de conservação permitindo uma maior versatilidade de manuseio e comércio (ASSIS et al., 2008; VARGAS et al., 2008). Com uma produção que atinge cerca de 43 milhões de toneladas de frutas tropicais e subtropicais anualmente, proporcionando uma grande variedade de frutos o ano inteiro (IBRAF, 2016).

O uso de revestimentos comestíveis para a conservação de produtos ao natural tem sido tema de alguns trabalhos. O revestimento é formado a partir de uma suspensão de um agente espessante, que após aplicação no produto forma uma película ao seu redor, agindo como barreira para trocas gasosas e perda de vapor d'água, modificando a atmosfera e retardando o amadurecimento do fruto (OLIVEIRA ; CEREDA, 1996).

Como estas coberturas passam a fazer parte do alimento a ser consumido, os materiais empregados em sua formação devem ser atóxicos e seguros para o uso em alimentos (ASSIS; BRITO, 2014).

Para a evolução da indústria alimentícia, o processamento e a conseqüente necessidade de preservação dos alimentos estão relacionados com pesquisas a procura de compostos com propriedades antioxidantes que aumentem o tempo de estocagem dos alimentos e reduzam as perdas de nutrientes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolvimento de filme polimérico comestível associado a ingredientes naturais com propriedades antioxidantes, aplicados em maçãs para aumentar a vida útil de prateleira.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver filme polimérico comestível a base de Zeína com polímeros naturais;
- Avaliar a melhor forma de aplicação de filmes comestíveis;
- Avaliar o melhor material plastificante para aplicação em maçãs;
- Avaliar as propriedades antioxidantes para aplicação em conjunto com os filmes;
- Obter filmes poliméricos através do método *casting*, e transmissão de vapor de água;
- Avaliar melhor tempo de prateleira das frutas revestidas e não revestidas

1.2 JUSTIFICATIVA

Os revestimentos comestíveis devem ter uma atuação funcional, de preservar a textura e o valor nutricional, de reduzir os fenômenos de transporte superficial e principalmente limitar a perda ou o ganho excessivo de água pelo fruto (BALDWIN, 1999).

Além disso, os revestimentos comestíveis sobre alimentos devem apresentar certas peculiaridades como ser invisíveis, terem aderência suficiente para não serem facilmente removidos no manuseio e não introduzirem alterações no gosto ou odores originais (ANVISA, 2016).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FRUTAS NO BRASIL

Fruta é o produto procedente da frutificação de uma planta, destinado ao consumo, *in natura* (ANVISA, 2016).

Além de ter colhido cerca de 43 milhões de toneladas de frutas frescas em 2015, o setor produtivo também emprega 27% da mão de obra agrícola (ANUARIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2016).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Frutas (IBRA), para cada US\$ 10 mil investidos na fruticultura tecnificada, são gerados, em média, três empregos diretos permanentes e dois indiretos.

A fruticultura está presente em todos os 26 estados brasileiros e no Distrito Federal, variando em quantidade e espécies mais cultivadas. O Estado de São Paulo está muito à frente, das demais unidades federativas, com produção de 15,183 milhões de toneladas de frutas frescas, conforme o dado mais recente divulgado pela pesquisa Produção Agrícola Municipal (PAM/2014), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Grande parte da produção paulista continua sendo de laranja, que respondeu por 12,290 milhões de toneladas do total estadual em 2014.

2.2 MAÇÃS

Não se conhece a origem da macieira, mas pensa-se ser oriunda da região sul do Cáucaso e que todos as cultivares de macieiras derivam da macieira indígena ou brava da Europa e da Ásia Ocidental, *Malus Pumila*, nome pelo qual é conhecida, tendo como sinónimos *silvestris* e *comunis* (BARRANCOS 2002; HULME E RHODES 1971; RODRIGUES 2003).

A maçã possui um relevante valor nutritivo, e um baixo valor calórico. Constituída principalmente por água e açúcares e apresenta um baixo teor de proteína e gordura. A maçã é ainda rica em fibra, minerais e vitaminas, sendo estes três elementos os principais responsáveis pelas vantagens nutricionais deste fruto.

Com características adstringentes contem um excelente valor nutritivo, pois em sua casca está situada a pectina conhecida por auxiliar na redução do colesterol do sangue, além de ser um fruto rico em vitaminas, complexo B1, B2, niacina, ferro, potássio e fosforo. O alto teor de potássio contido na polpa da maçã promove a eliminação do sódio excedente, eliminando o excesso de água retida no corpo. (BARRANCOS 2002; FOURIER 1996).

O teor de vitaminas pode variar com a cultivar, com o clima, com o solo e com os métodos de fertilização (BARRANCOS 2002; FOURIER 1996).

Existem mais de 7.500 espécies, em climas temperados e subtropicais. (BARDEN; NIELSEN 2003; PERNAS 2007). As melhores maçãs decorrem do cruzamento de várias espécies de *M. Pumila*, algumas delas existentes na Europa há mais de 20 séculos, e inseridos em muitos países pelos Romanos. Porém a maior parte destes cultivares é de origem atual (Rodrigues 2003).

As variedades mais consumidas no nosso país são: fuji, gala, red, verde melrose e Brasil. Além do consumo *in natura*, podem ser destinadas a fabricação de sucos, doces e bebidas alcoólicas.

2.3 PERDAS

Segundo a FAO (2013) a perda de alimentos é a redução não intencional de alimentos disponíveis para o consumo humano que resulta de ineficiências na cadeia de produção e abastecimento: infraestrutura e logística deficiente, falta de tecnologia, insuficiência nas competências, conhecimentos e capacidade de gerenciamento. Ocorre principalmente na produção, pós-colheita e processamento, por exemplo, quando o alimento não é colhido ou é danificado durante o processamento, armazenamento ou transporte e por isso fica perdido.

A demanda por frutas, legumes e verduras são estimulados pelo relevante valor nutricional, pela combinação de fibras, vitaminas e minerais que esses alimentos possuem, oferecendo uma vida mais saudável, assim aumenta cada vez mais a procura pelos consumidores. Por serem produtos altamente perecíveis são apontados com as maiores perdas em toda a cadeia produtiva. Esses alimentos tem tempo de prateleira curto, deteriorando-se rapidamente e sua estocagem por longos períodos é tecnicamente inviável, fato que exige agilidade e eficiência no processo

de comercialização, desde a sua produção até o consumidor final (CECCATO; BASSO, 2011).

Há evidências científicas de que o consumo regular de frutas, legumes e verduras em quantidades adequadas reduz o risco de ocorrência de doenças crônicas não transmissíveis, como: as cardiovasculares, alguns tipos de câncer, diabetes e obesidade, além de prevenir deficiências de micronutrientes (MONDINI, 2010).

Muitos são os fatores que auxiliam para que ocorram os desperdícios de alimentos. As principais razões encontram-se na falta de conhecimento técnico, no uso de máquinas inadequadas, na falta de pessoal treinado e habilitado, no uso de práticas inapropriadas de produção e principalmente de técnicas adequadas de manuseio pós-colheita (CENCI et al., 1997).

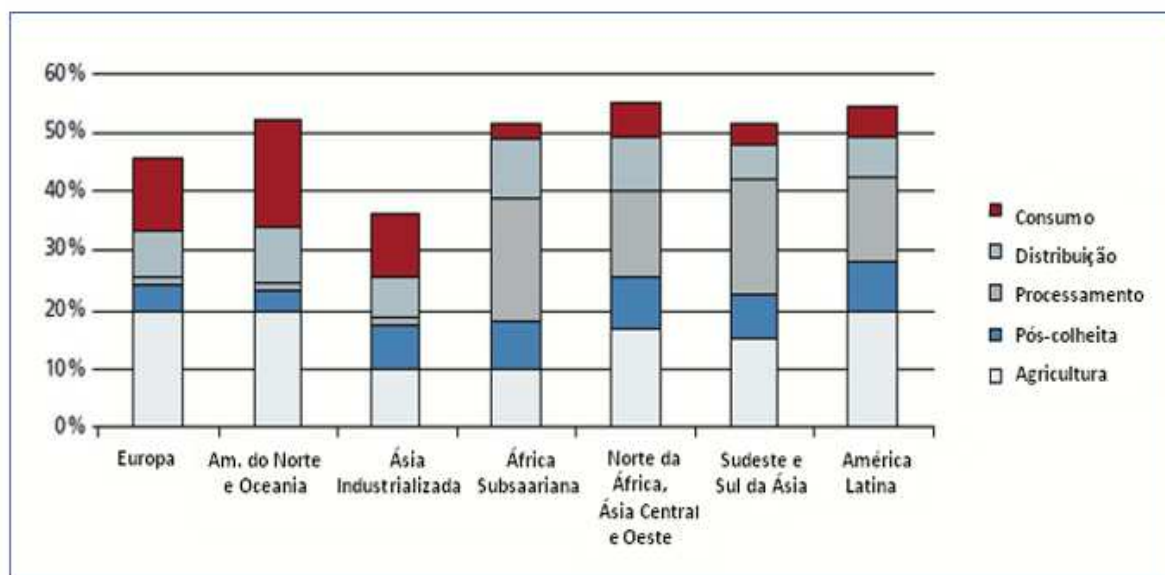
As perdas pós-colheita podem ser definidas como aquelas que ocorrem após a colheita em virtude da falta de comercialização ou do consumo do produto em tempo hábil; ou seja, resultante de danos à cultura, ocorridos após a sua colheita, acumulada desde o local da produção, somando-se aos danos ocorridos durante o transporte, armazenamento, processamento e /ou comercialização do produto vendável (CHITARRA; CHITARRA, 2006).

Na fase de produção das frutas e hortaliças diversos aspectos podem contribuir para perdas de qualidade e perdas quantitativas, entre eles:

- O desconhecimento de técnicas de plantio, seleção de sementes e cultivares;
- Espaçamento inadequado entre plantas;
- Erros no preparo do solo;
- Técnicas inadequadas de manejo da cultura (adubação, irrigação, podas);
- Falha ou ausência no controle integrado de pragas e/ ou moléstias durante as fases pré e pós-colheita;

Para o contexto brasileiro, conforme estudos realizados pela FAO (2011), as perdas entre frutas e hortaliças estão distribuídas em:

Figura 1 - Perda de frutas e hortaliças em diferentes etapas da cadeia produtiva em diferentes regiões do mundo.



Fonte: FAO, 2011

As perdas ocorrem em toda a cadeia produtiva, desde o campo até a mesa do consumidor. O manuseio, transporte e as centrais de abastecimentos e comercialização juntas perfazem 80% do que é perdido.

2.4 REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS

Os revestimentos comestíveis foram desenvolvidos para prolongar a vida de prateleira e preservar a qualidade de frutas e hortaliças minimamente processadas (BALDWIN et al., 1996; LI e BARTH, 1998). Esses agem como barreiras à perda de água e trocas gasosas, criando assim atmosferas modificadas no interior dos tecidos, servindo também como veículo para outros compostos químicos (BALDWIN et al., 1995).

A incorporação do agente antioxidante ácido ascórbico e dos antimicrobianos num revestimento comestível em maçãs e batatas aumentou a sua efetividade, quando comparada com a imersão em soluções aquosas (BALDWIN et al., 1996).

Os revestimentos comestíveis sobre alimentos devem apresentar certas peculiaridades, como serem invisíveis, terem aderência suficiente para não serem removidas facilmente no manuseio e não alterarem o gosto.

Os filmes comestíveis são películas de variadas espessuras constituídas por diferentes substâncias naturais e/ou sintéticas que se polimerizam e isolam o alimento, sem riscos à saúde do consumidor (MAIA; PORTE e SOUZA, 2000). Os biofilmes são obtidos a partir de polímeros naturais, tais como, polissacarídeos (amido, carragenina, alginatos, etc) e proteínas (gelatina, caseína, zeína, glúten de trigo, etc), aos quais podem ser incorporados lipídios para garantir uma menor permeabilidade ao vapor d'água (DAVANÇO et al, 2007).

2.5 CARACTERÍSTICAS GERAIS DE PRODUÇÃO E CONSUMO

As propriedades físicas e químicas dos frutos influenciam no manuseio e conservação, em sua composição, valor nutricional, utilização e conservação (URGEL, 2010).

Entre as características mais significativas dos frutos, são o tamanho, forma, cor e textura.

As características químicas variam de acordo com o teor de sólidos totais, que podem variar de espécie e variedade. A composição química também atua na resistência das frutas, o excesso de umidade pode deixá-las frágeis e suscetíveis aos danos por choque. O amido presente na fruta dá mais consistência, e a presença de açúcares tornam as polpas mais macias e sujeitas ao amassamento, ruptura das cascas e deterioração. À medida que a fruta vai atingindo o período de maturação, a sua composição química se altera e as mesmas se tornam menos resistentes ao manuseio, transportes e armazenamento.

A qualidade da fruta pode ser afetada pelas condições ambientais e de cultivo inadequados. Dentre as condições ambientais pode-se destacar: clima, temperatura, insolação, textura do solo, ventos, topografia e precipitação pluvial.

O clima tem impacto marcante sobre a coloração do fruto. A insolação pode afetar o crescimento, metabolismo e a cor. Por sua vez os ventos são desconfortáveis e podem ocasionar abrasão e danos mecânicos, além da queda do fruto.

As frutas próprias para o consumo devem ser procedentes de espécies vegetais genuínos e sãos, e satisfazerem as condições abaixo, conforme legislação vigente (ANVISA).

- Serem frescas;
- Terem atingido o grau máximo ao tamanho, aroma, cor e sabor próprios da espécie e variedades;
- Apresentarem grau de maturação tal que lhes permita suportar a manipulação, o transporte e a conservação em condições adequadas para o consumo mediato e instantâneo.
- Serem colhidas cuidadosamente e não estarem golpeadas ou danificadas por quaisquer lesões de origem física ou mecânica que afetem a sua imagem; a polpa e o pedúnculo, quando os houver, devem se apresentar intactos e firmes;
- Não abrangerem substâncias terrosas, sujidades ou corpos estranhos aderentes à superfície da casca;
- Estarem livre de umidade externa anormal, aroma e sabor estranhos;
- Estarem isento de resíduos de fertilizantes;

2.6 EMBALAGENS

Os regulamentos relacionados às embalagens incluem as embalagens e materiais que entram em contato direto com alimentos e são destinados a contê-los, desde a sua fabricação até a sua entrega ao consumidor, com a finalidade de protegê-los de agente externos, de alterações e de contaminações, assim como de adulterações (ANVISA, 2016).

Em geral seu principal objetivo é proteger o produto, com a finalidade de preservar as características do alimento, por meio das propriedades de barreira aos fatores ambientais, tais como luz, umidade, oxigênio e microrganismos, mantendo o produto sem alterações indesejáveis durante o transporte e armazenamento.

Segundo a Associação Brasileira de Embalagens (ABRE), existem diversos tipos de embalagens que atendem a diversas funcionalidades, de acordo com o que

se deseja para o produto final. Dentre elas, destacam-se as embalagens multicamadas, que podem ser cartonadas, laminadas, entre outras. As laminadas são formadas pela sobreposição de materiais, como filmes plásticos, metalizado e/ou papeis. Quando um destes é um papel cartão estas são denominadas cartonadas. Todas podendo ser ditas multicamadas. Esta mistura de materiais amplia a gama de produtos que podem ser embalados em uma mesma embalagem, porém, dificultam sua reciclagem.

2.7 ZEÍNA

O milho é um dos cereais mais importantes produzidos mundialmente, proporciona nutrientes para os animais e os seres humanos além de ser matéria prima básica para indústria de transformação, na produção de óleos e proteínas, bebidas alcoólicas, adoçantes, produção de alimentos e combustíveis (ROJAS; CABALLERO, 2010).

A zeína é um subproduto da indústria de bioetanol, sendo uma matéria prima de baixo custo e, sua utilização contribui para melhorar a economia da produção de etanol (KAYACI e UYAR, 2012; SESSA, SELLING, BISWAS, 2012; SESSA et al., 2013).

A zeína é uma proteína derivado do milho, de caráter hidrofóbico, devido a elevada concentração de aminoácidos não-polares, como leucina, alanina e prolina que a torna insolúvel em água mesmo em concentração baixa, sendo solúvel em soluções alcoólicas de 60 – 95% de etanol (TAVARES, 2010).

Produzida comercialmente de forma limitada, a extração convencional da zeína é feito por solução aquosa de álcool que deve ser removido ao final por evaporação obtendo-se a fração protéica mais ou menos pura, dependendo da eficiência de remoção do solvente (ALMEIDA, 2010).

Com a zeína pode-se produzir filmes com ótimas propriedades de barreira à umidade, formando uma cobertura sem sabor, transparente e com grande estabilidade em alta umidade e calor, sendo normalmente aplicada para coberturas de doces, frutas secas, nozes, arroz, sementes e farmacêuticos. Um benefício adicional da zeína é a sua resistência natural ao ataque bacteriano e de alguns insetos (VILLADIEGO et al., 2005).

Na indústria de alimentos, a zeína tem sido utilizada em revestimento de frutas e outros alimentos devido à sua propriedade hidrofóbica, promovendo brilho e prolongando o tempo de prateleira com potencial aplicação como barreira à umidade e microrganismos (KAYACI e UYAR, 2012; MEHTA e TRIVEDI, 2012; SHUKLA e CHERYAN, 2001).

Essa proteína derivada do milho tem sido empregada comercialmente como filme comestível em diversos alimentos devido suas propriedades de bloqueio. Filmes de zeína são usados na indústria farmacêutica como cápsulas de revestimento para proteção e controle da liberação de flavor e aromas (GENNADIOS et al., 1994 apud MAIA et al., 2000).

Filmes de zeína possuem bons atributos de permeabilidade ao vapor de água e proporciona brilho aos produtos revestidos, além de apresentarem caráter hidrofóbico que torna interessante para obstruir a umidade (ROJAS; CABALLERO, 2010).

A elaboração do filme envolve diversos componentes: agente formador de filme (macromoléculas, polímeros de alto peso molecular), solvente (água, etanol, água/etanol, entre outros), plastificante (glicerol e sorbitol), e agente ajustador de pH (como ácido acético e hidróxido de amônia) (BATISTA, 2004).

2.8 ANTIOXIDANTES

Por definição, a atividade antioxidante (AA) é a capacidade de um composto de inibir degradação oxidativa. Em alimentos, envolve pelo menos duas questões: o potencial antioxidativo determinado pela composição e propriedades antioxidantes dos constituintes e os efeitos biológicos que dependem, entre outras coisas, da biodisponibilidade do antioxidante (ROGINSKY; LISSI, 2005).

Atualmente o interesse no estudo dos compostos fenólicos tem aumentado muito, devido principalmente à habilidade antioxidante destas substâncias em sequestrar radicais livres, os quais são prejudiciais à saúde humana (DORMAN et al., 2003).

A deterioração oxidativa que é a responsável por odores e sabores desagradáveis nos produtos, com conseqüente diminuição da segurança e

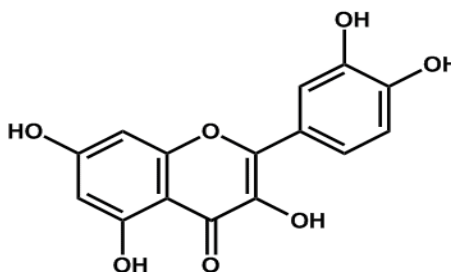
qualidade nutricional, causados pela formação de compostos potencialmente tóxicos. Os antioxidantes apresentam-se como uma alternativa para prevenir a deterioração oxidativa dos alimentos e minimizar os danos oxidativos nos seres vivos (DEL RÉ; JORGE, 2012).

A fim de reduzir ou retardar a oxidação, frequentemente são adicionados, no produto ou na embalagem, substâncias antioxidantes, que são capazes de remover o oxigênio do meio ou impedir a reação em cadeia produzida pelos radicais livres formados durante o processo de oxidação (SILVA, 2009).

2.8.1 Quercitina

A Quercitina é um flavonóide e antioxidante polifenólico natural geralmente encontrado nos alimentos na forma glicosilada, às vezes, como β -glicosidase (HAVSTEEN, B.N, 2002).

Figura 2: Representação esquemática da estrutura da quercitina.



Fonte: Adaptado de BENTZ, 2009.

As subclasses dos flavonóides são: calconas, dihidrocalconas, auronas, flavonas (apegenina, luteolina, diosmetina), flavonóis (quercitina, miracetina, kaempferol), dihidroflavonol, flavanonas (naringina, hesperidina), flavanol, flavandiol, antocianidina, isoflavonóides (genisteína, daizdeína), bioflavonóides e proantocianinas ((HAVSTEEN, B.N, 2002).

Frutas, vegetais, grãos, flores, chá e vinho são exemplos de fontes destes compostos. A quercitina (3,5,7,3'-4'- pentahidroxi flavona) é o principal flavonóide

presente na dieta humana e o seu consumo diário estimado, varia entre 50 e 500 mg (NIJVELDT, R.J et al, 2001).

É o mais abundante flavonóide presente na dieta humana, que representa cerca de 95% do total dos flavonóides ingeridos. A cebola, maçã e brócolis são as fontes majoritárias deste antioxidante, sempre que for possível, para que não seja prejudicado pelos efeitos persistentes de pesticidas e fertilizantes, dê preferência a alimentos de origem orgânica (NIJVELDT, R.J et al, 2001).

Por causa do efeito antioxidante, eles tornaram-se importantes compostos dietéticos com promissor potencial terapêutico (NIJVELDT, R.J et al, 2001).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As análises foram realizadas nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Toledo (UTFPR), utilizando amostras de maçãs visando à determinação da atividade antioxidante, propriedades físico-químicas, perda de massa, e transmissão de vapor de água.

As amostras de maçãs *Malus communis* utilizadas são provenientes da região oeste do Paraná, as mesmas foram adquiridas no comércio de Toledo no mês de julho e agosto do ano de 2017.

3.1 Materiais

Os reagentes utilizados foram: Zeína (Sigma-Aldrich); Ácido Oleico (Dinâmica); Citrato de Trietila (Vertellus); Propilenoglicol P.A, (Shynth); Álcool Etílico P.A (Synth); Glicerol (Merck, Brasil); DPPH - 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (Aldrich); Metanol P.A; Hipoclorito (Ciclofarma); Quercitina (Synth); Trolax – ácido-6-hidroxi-2,5,7,8 - tetrametilcromano-2-carboxílico (Aldrich); Água destilada; todos os reagentes utilizados foram de grau analítico.

3.2 Equipamentos

Para o desenvolvimento do trabalho foram empregados os seguintes equipamentos: Agitador magnético (Nova Ética); balança analítica (Ohaus); Viscosímetro *copo ford* (Quimis); pHmetro; espectrofotômetro UV-ViS (Merk Brasil); estufa de secagem (Nova Técnica); termômetros; placas de teflon.

3.4 Métodos

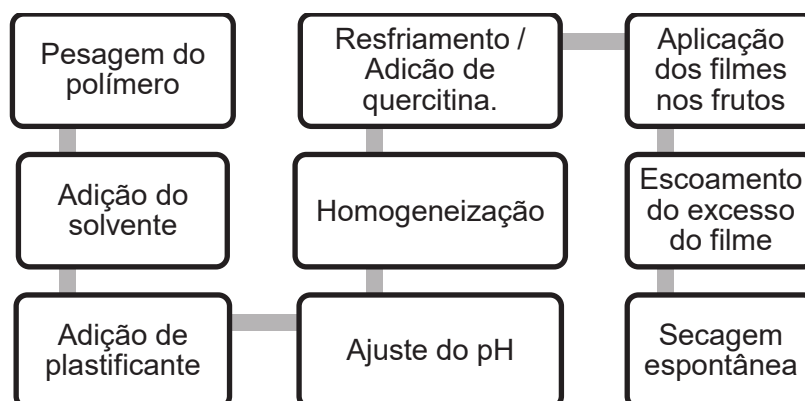
3.4.1 Amostras

As amostras foram escolhidas aleatoriamente, tomando cuidado para que o nível de maturação de ambas as amostras fosse o mesmo. Separaram-se as amostras inicialmente em três grupos, para cada agente plastificante. Antes das maçãs receberem a cobertura, as mesmas foram higienizadas em uma solução de hipoclorito por um período de trinta minutos. Em seguida, as frutas foram retiradas da solução e mantidas em temperatura ambiente até secagem completa.

3.4.2 Preparo das dispersões de revestimento.

Para o preparo das soluções recobridoras, foi utilizado 4 g de zeína dissolvidos em 100 mL de etanol 95% em agitação por uma hora e aquecimento de 35°C, até a completa homogeneização, após esta etapa foi desligado o aquecimento e adicionado o plastificante nas concentrações 0,25; 0,50 e 1,00% (m/v), e mantido em agitação por trinta minutos homogeneizando totalmente a solução, em seguida foi ajustado o pH. Foram testados como plastificantes nas soluções poliméricas, glicerol e citrato de trietila, ambos não apresentaram resultados satisfatórios. Esse procedimento foi realizado igualmente para todos plastificantes. Na Figura 3 pode ser observado o fluxograma das etapas do procedimento realizado.

Figura 3: Fluxograma esquemático da rota experimental desenvolvida.



Para as amostras que continham em sua composição, antioxidante a adição do mesmo foi realizada quando a temperatura da solução alcançou 25°C, adicionou-se quercitina nas proporções 0,01; 0,02 e 0,04 %, para cada concentração de solução revestidora conforme ilustra a Tabela 1 é possível visualizar o tratamento das soluções e as respectivas quantidades de plastificante e antioxidante adicionado para cada solução filmogênica produzida.

Tabela 1: Tratamento desenvolvido para as diferentes soluções poliméricas testadas.

Tratamento das soluções	Quantidade de Zeína (g)	Proporção de ácido oleico (%)	Proporção de quercitina (%)
F1	4,00	0,25	NA
F2	4,00	0,50	NA
F3	4,00	1,00	NA
T1	4,00	0,25	0,01
T2	4,00	0,25	0,02
T3	4,00	0,25	0,04
T4	4,00	0,50	0,01
T5	4,00	0,50	0,02
T6	4,00	0,50	0,04
T7	4,00	1,00	0,01
T8	4,00	1,00	0,02
T9	4,00	1,00	0,04

onde, NA = Não se aplica.

3.4.3 Aplicação do revestimento.

Foram realizados pré – testes em relação à forma de aplicação das soluções, duas técnicas por aspersão e imersão, em relação à aspersão se obteve vários empecilhos como entupimento do canal de alimentação, nem toda amostra recebia a mesma quantidade de solução. Desta forma, para o recobrimento das frutas, optou-se pela imersão.

As amostras foram imersas nas soluções preparadas por 2 segundos, ficando totalmente cobertas pelo gel. Após a cura dos filmes, pela evaporação do solvente, as frutas foram acondicionadas em bandejas e mantidas na temperatura ambiente.

O controle de perda de massa foi realizado durante 25 dias, comparando as características dos frutos com e sem revestimento.

3.5 AVALIAÇÕES FÍSICA E QUÍMICA

3.5.1 Densidade da solução

Para determinar a densidade das soluções protetoras, empregou-se um picnometro de 10 mL, termômetro, e uma balança analítica. Pesou-se o picnometro vazio, com água destilada e com amostra. Para verificação utilizou-se a Equação (1) e os resultados expressos em g mL^{-1} (GIL, ERIC DE SOUZA, 2010).

$$\rho = \frac{P_a - P_v}{P_h - P_v} * d_a \quad (1)$$

Onde: P_a = Picnometro com amostra; P_v = picnometro vazio; P_h = picnometro com água destilada; d_a = densidade da água.

3.5.2 Viscosidade da solução

Para determinar a viscosidade da solução aplicada utilizou-se o viscosímetro tipo copo Ford, de modo mais simples mede o tempo gasto em que o fluido gasta para esvaziar o reservatório (copo). Para analisa-la utilizou-se a Equação (2), empregada quando no método é necessário utilizar o orifício numero 3 para fluidos líquidos. (GIL, ERIC DE SOUZA, 2010).

$$V = [(3,846 \times t) - 17,3] * \rho \quad (2)$$

Onde t = tempo que o fluido leva para esvaziar o copo, ρ = densidade da solução revestidora.

3.5.3 pH da solução

Para realizar a medida do pH da amostra utilizou-se um phmetro de bancada que possui correção automática dos valores em função da temperatura. Coletou-se 30 mL da amostra para realização da leitura (GIL, ERIC DE SOUZA, 2010).

3.5.4 Obtenção dos filmes - *casting*

Alíquotas de 10 mL para cada formulação que foi aplicada nos frutos foram vertidas em placa de Teflon® e submetidas à temperatura de 45 °C por 24 horas. Após a formação, os filmes foram cuidadosamente removidos da placa (GRUETZMANN e WAGNER, 2005).

3.5.5 Transmissão de vapor de água

A transmissão de vapor de água foi determinada pelo método gravimétrico padrão E96/E96M para os filmes de zeína. Utilizando o método dessecante, a amostra de teste é selada ao bocal aberto de um recipiente de ensaio contendo um dessecante, e a montagem é colocada em uma atmosfera controlada. Pesagens periódicas determinam a razão de movimento do vapor de água através da amostra para o dessecante (ASTM, 2010). Em frascos de 60 mL foram colocados 10 g de sílica gel azul, e colocados dentro de dessecador, no qual continha 200 mL de solução salina de cloreto de cálcio 10% (m/v). A transmissão de vapor de água (TVA) foi calculada através da Equação (3).

$$TVA = \frac{G}{t * A} \quad (3)$$

onde, G = alteração de massa, em grama (g); t = tempo, em horas (h), $G.t^{-1}$ = inclinação da reta ($g.h^{-1}$) e A = área de teste (área do bocal), em metro quadrado, obtendo a razão de transmissão do vapor de água em $g.h^{-1}.m^{-2}$ (ASTM, 2010).

3.5.6 Avaliação da atividade antioxidante do filme.

Para expressar os resultados da atividade antioxidante, foi realizada a curva de calibração, utilizando Trolox. Para a construção da curva preparou-se uma solução de $2000 \mu\text{mol L}^{-1}$, em um balão volumétrico de 50,0 mL, dissolvendo – se em balão de 25 mL do padrão em metanol e completou-se o volume, esse procedimento foi realizado ao abrigo da luz. A partir da diluição formada de Trolox de $2000 \mu\text{mol L}^{-1}$, foram preparadas em balões volumétricos de 10 mL outras soluções de Trolox, em concentrações: 0, 100, 500, 1000, 1500 e $2000 \mu\text{mol L}^{-1}$.

Em um balão de 250 mL protegido da luz preparou-se uma solução metanólica de DPPH, dissolvendo 0,00813 g de DPPH em metanol. Ao abrigo da luz transferiu-se uma alíquota de 50 μL de cada solução de Trolox para cubetas em triplicata acrescentou-se 2 mL da solução de DPPH. Em seguida homogeneizou-se a amostra, após 30 minutos de reação realizou-se a leitura na absorvância de 517 nm contra o branco (BOROSKI, M et al., 2015).

Para realizar a leitura das amostras utilizou-se a metodologia citada anteriormente, porem foi substituído o volume adicionado de padrão, pelo volume da amostra a ser analisada.

3.5.7 Tonalidade da casca

A tonalidade da casca foi avaliada por meio da análise visual do fruto, em um período de 25 dias.

3.5.8 Perda de massa

Para realizar a pesagem dos frutos utilizou-se uma balança analítica, sendo a porcentagem de perda de massa (PM) dos frutos calculada por meio da Equação (4) e os resultados expressos em porcentagem.

$$PM = \frac{MI - MF}{MI} \times 100 \quad (4)$$

Onde, MF = massa final após 25 dias, MI = massa inicial da amostra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Tonalidade da casca

A tonalidade foi observada por meio de análise visual do fruto, nos testes que foram realizados para verificar o melhor plastificante que combinaria com a solução polimérica, representado pela Figura 4 os três plastificantes testados, propilenoglicol, citrato de trietila e ácido oleico apresentaram aspectos esbranquiçados e manchas de apodrecimento na superfície da amostra, fatos que se diferem da legislação e por este motivo o plastificante escolhido foi o ácido oleico ilustrado em que atende os parâmetros exigidos pela legislação.

A adição de agente plastificante é necessária porque o polímero possui características de formação de filmes quebradiços, o composto adicionado proporciona para a solução maior flexibilidade e resistência.

Figura 4: Propilenoglicol, citrato de trietila e ácido oleico.



Fonte: Autoria própria.

4.2 Densidade, viscosidade e pH.

Na Tabela 2 para os resultados obtidos das soluções poliméricas preparadas com ácido oleico sem adição de quercitina (F1, F2 e F3), à medida que a concentração do plastificante aumenta, a solução tende a ficar mais ácida fato este que o plastificante testado possui pH 4. A densidade e a viscosidade aumentam isso pode estar relacionado com as propriedades do ácido oleico e do álcool etílico, ambos possuem densidade de $0,8900 \text{ g mL}^{-1}$ e $0,800 \text{ g mL}^{-1}$ respectivamente, uma vez que a viscosidade está relacionada com a densidade, ou seja quanto maior a

proporção de AO empregada, maior será a densidade e conseqüentemente maior a viscosidade (Ficha de informação de segurança de produtos químicos, UNESP).

Para os filmes preparados com adição de antioxidante, observou-se o mesmo perfil para densidade e viscosidade, porém não houve uma sequencia com os resultados de pH das soluções como ilustra a Tabela 2, esse comportamento pode ser compreendido porque a quercitina possui pH em torno de 4,50 a 6,50 quando em solução. (Ficha de informação de segurança de produtos químicos, UNESP).

Tabela 2: Resultado das análises físico-químicas.

Tratamento das soluções	pH	Densidade (g mL ⁻¹)	Viscosidade (CP)
F1	7,63	0,8605	49,2511
F2	7,41	0,8649	52,7628
F3	7,33	0,8661	53,0026
T1	6,78	0,8506	45,1716
T2	6,76	0,8563	47,8581
T3	6,70	0,8516	49,4295
T4	6,71	0,8508	49,8412
T5	6,77	0,8532	50,6053
T6	6,69	0,8570	51,4899
T7	6,69	0,8803	53,9054
T8	6,72	0,8958	56,3016
T9	6,54	0,9098	58,6161

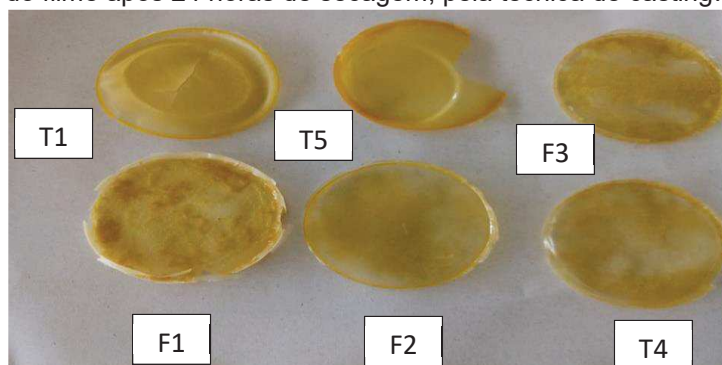
Onde, F1 = (4,00g de zeína + 0,25% de AO); F2 = (4,00g de zeína + 0,50% de AO e F3 = (4,00g de zeína + 1,00% de AO). T1= (4,00g de zeína + 0,25 % de AO + 0,01 % de Q); T2= (4,00g de zeína + 0,25 % de AO + 0,02 % de Q); T3= (4,00g de zeína + 0,25 % de AO + 0,04 % de Q); T4 = (4,00g de zeína + 0,50 % de AO + 0,01 % de Q); T5 = (4,00g de zeína + 0,50 % de AO + 0,02 % de Q); T6 = (4,00g de zeína + 0,50 % de AO + 0,04 % de Q); T7= (4,00g de zeína + 1,00 % de AO + 0,01 % de Q); T8 = (4,00g de zeína + 1,00 % de AO + 0,02 % de Q); T9 = (4,00g de zeína + 0,25 % de AO + 0,04 % de Q).

4.2 Obtenção dos filmes - *casting*

Através da obtenção dos filmes foi possível realizar a avaliação da permeabilidade do vapor de água por meio da metodologia ASTM, 2010.

Na Figura 5 demonstra os melhores filmes obtidos pela técnica de *casting*, foram os das soluções F2, T4 e T5 que levam em sua composição diferentes proporções de antioxidante e uma proporção de 0,50 % de AO, denotam maior uniformidade, transparência e brilho, para as soluções que não apresentam tal composto em sua formulação, ou apresentam concentrações diferentes de plastificante, os resultados foram menos satisfatórios, como se pode observar nos tratamentos F1, F3 e T1.

Figura 5: Formação do filme após 24 horas de secagem, pela técnica de casting.



Fonte: autoria própria.

4.3 Transmissões de vapor de água

Os resultados de transmissão de vapor de água para os filmes de zeína, sem adição de antioxidante, nas proporções 0,25, 0,5 e 1% de ácido oleico correspondem a $1,350 \text{ g h}^{-1} \text{ m}^{-2}$, $1,355 \text{ g h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ e $1,358 \text{ g h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ respectivamente. Desta forma, a diferença estatística entre os filmes não é significativa ($p \leq 0,05$).

Para SANTOS, 2016 o resultado da transmissão de vapor de água, para pH de 6,5 obteve variação de TVA de 0,7 á $1,10 \text{ g h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ para diferentes tratamentos observados, ao analisar as propriedades físicas de filmes e revestimentos comestíveis utilizando zeína aplicados em goiabas.

Esta propriedade da zeína, em grande parte, está relacionada à sua característica hidrofóbica, devido à predominância de aminoácidos apolares e, da homogeneidade da matriz polimérica (ALI et al., 2014; KAYACI e UYAR, 2012; MEHTA e TRIVEDI, 2012; SHUKLA e CHERYAN, 2001). Em termos gerais, um

material de revestimento com baixa permeabilidade ao vapor de água, mostra-se interessante visto que permite uma estabilidade maior, proporcionando maior tempo de prateleira aos frutos.

Para a transmissão de vapor para filmes combinados com quercitina não se obteve nenhum resultado fora da faixa dos resultados citados anteriormente. Isso pode estar relacionado com a característica do antioxidante usado, pois é insolúvel em água.

PENA-SERNA e LOPES-FILHO (2013) preparam filmes de zeína em solução aquosa de etanol com ácido oleico e glicerol como plastificantes. Verificou-se que a diminuição do teor de glicerol e o aumento da concentração da solução de etanol favoreceram a diminuição dos valores de permeabilidade em água e da opacidade.

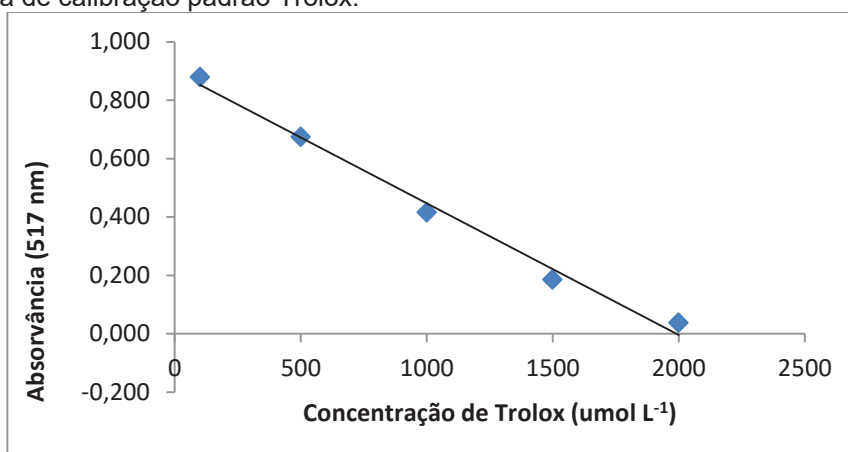
Segundo CHENG, WANG e WENG (2015), a preparação de películas compostas de zeína e quitosana obteve uma melhoria em relação às propriedades mecânicas e barreira contra o vapor de água. Os filmes compostos podem exercer múltiplas funções, incluindo a propriedade antioxidante e atividades antimicrobianas. Nas aplicações práticas, o filme pode ser usado quer como filmes comestíveis ou coberturas comestíveis para melhorar a qualidade e segurança dos alimentos.

4.4 Avaliação da atividade antioxidante da solução.

Para a avaliação das propriedades antioxidantes das soluções a serem aplicados em maçãs foi utilizado à avaliação da capacidade antioxidante através da captura do radical DPPH, para cada uma das soluções.

A partir das leituras realizadas com o padrão e a solução metanólica de DPPH conhecida foi obtida a curva de calibração ilustrada na Figura 6.

Figura 6: Curva de calibração padrão Trolox.



A equação da reta obtida por meio da curva, $y = -0,0004514x + 0,8983339$ coeficiente de determinação = 0,9902552, substituiu-se em y a absorvância lida nas soluções e obteve-se o resultado em TE (equivalente Trolox).

Tabela 3: Resultados da atividade antioxidante para as soluções poliméricas para os tratamentos.

Tratamento das amostras	Concentração TE (μmol L⁻¹) ± DV
T1	4936,50 ± 3,38
T2	7746,28 ± 2,22
T3	9411,47 ± 1,28
T4	5254,03 ± 3,84
T5	8229,96 ± 4,61
T6	9452,08 ± 2,22
T7	6461,39 ± 3,84
T8	8503,18 ± 5,58
T9	9481,62 ± 2,56
F1	203,81 ± 6,77
F2	204,55 ± 2,22
F3	209,72 ± 3,38

Contudo foi observado que o agente plastificante interfere na atividade antioxidante das soluções à medida que a concentração de ácido oleico aumenta 0,25% para 1,00 % representada pelas soluções T1, T2 e T3 para T7, T8 e T9, verifica-se que há um aumento da concentração de Trolox, apesar das quantidades de quercitina adicionadas serem nas mesmas proporções. Para as amostras F1, F2 e F3 a concentração é baixa porque os compostos utilizados na preparação dessas soluções não possuem atividade antioxidante.

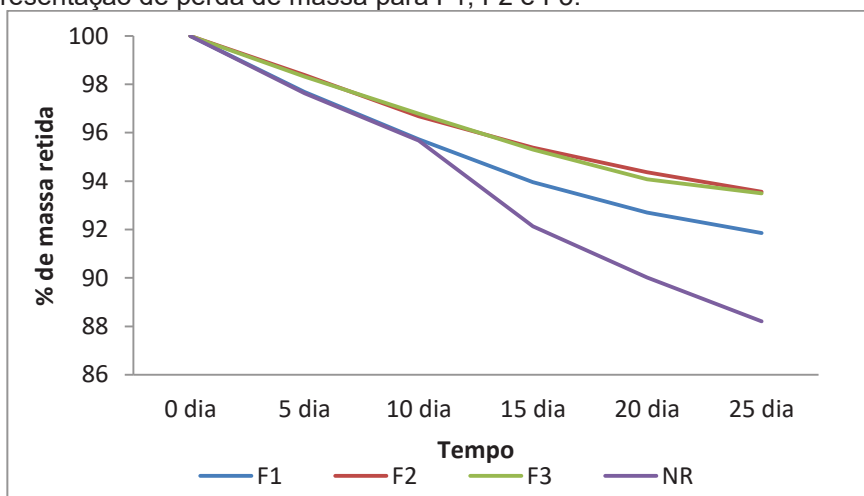
4.6 Perda de massa

A perda de massa foi observada através do acompanhamento diário de perda de massa das amostras em uma balança semi-analítica durante 25 dias. Nos apêndices estão descritos as massas obtidas durante o período.

Como se pode visualizar na Figura 7 a amostra que mais perdeu massa foi a NR (não revestida), que teve perda de 11,8 % de massa, enquanto as demais amostras que apresentarem em sua composição agente plastificante perderam aproximadamente 8%.

Este desempenho pode ser explicado pelo fato de que as amostras foram adquiridas em supermercados, não possuindo informações sobre sua origem, tempo de armazenamento, visto que fatores climáticos podem alterar as propriedades dos frutos, bem como os nutrientes do solo, onde a macieira foi plantada e grau de maturação das maçãs.

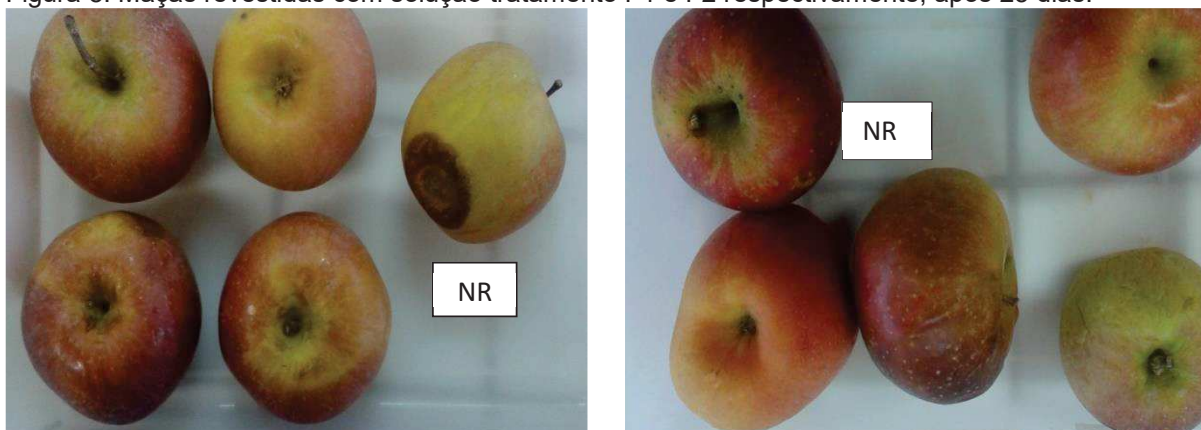
Figura 7: Representação de perda de massa para F1, F2 e F3.



Onde: F1= 4,00g de zeína + 0,25 % de AO por 100 mL de solvente; F2= 4,00g de zeína + 0,5 % de AO por 100 mL de solvente; F3= 4,00g de zeína + 1,0 % de AO por 100 mL de solvente; NR= não revestida

Através da Figura 8 pode-se verificar a eficiência do filme com essas características, comparando com uma maçã não revestida, verificou-se que a amostra não revestida apresentou características de apodrecimento após 25 dias.

Figura 8: Maçãs revestidas com solução tratamento F1 e F2 respectivamente, após 25 dias.



Fonte: Autoria própria.

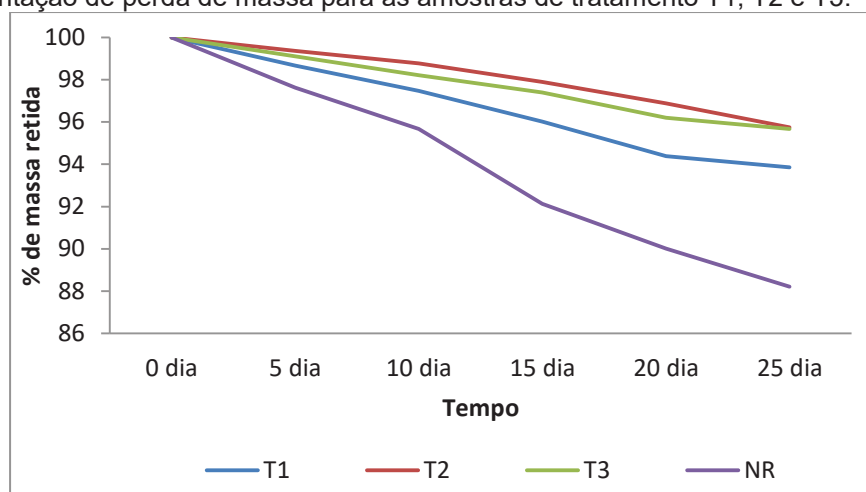
PARK, et al (1994) estudaram o efeito do filme comestível de zeína de milho na vida de prateleira e qualidade de tomates. Verificaram que o filme afetou positivamente a troca de oxigênio nos tomates, evidenciado pelo retardamento na mudança de cor, perda da firmeza e de peso durante o armazenamento, estendendo a vida de prateleira em 6 dias.

No experimento verificou-se que as amostras que foram cobertas com composição de 0,25 % de plastificante não houve diferença significativa em relação à perda de massa da NR. Ao comparar os diferentes tratamentos das amostras pode-se visualizar que o melhor desempenho para as diferentes soluções é a que contem em suas propriedades 0,5 % de AO. O mesmo resultado obtido no experimento de SCRAMIN, J.A.; et al (2007) que aplicaram solução filmogênica em maçãs nas mesmas proporções de ácido oleico e analisaram a perda de massa dos frutos durante 43 dias e observaram que o melhor revestimento aplicado era o que continha em sua composição 0,5% de AO.

Vários estudos vêm sendo realizados a fim de classificar os plastificantes mais adequados para a obtenção dos filmes de zeína. Os plastificantes mais eficazes são aqueles que têm grupos polares e não polares, tais como o trietileno-glicol, ácido oleico e tartarato de dibutilo (CUQ, GONTARD e GUILBERT, 1998).

A Figura 9 refere-se aos resultados obtidos quando na formulação polimérica, em que foram adicionados diferentes proporções de antioxidante, para a mesma concentração de plastificante a fim de avaliar a interferência da quercitina no tempo de conservação das maçãs.

Figura 9: Representação de perda de massa para as amostras de tratamento T1, T2 e T3.



Onde: T1= 4,00g de zeína + 0,25 % de AO + 0,01% de Quercitina por 100 mL de solvente; T2 = 4,00g de zeína + 0,25 % de AO + 0,02% de Quercitina por 100 mL de solvente; T3 = 4,00g de zeína + 0,25 % de AO + 0,04% de Quercitina por 100 mL de solvente NR= não revestida.

Na figura 10 estão ilustradas as amostras revestidas com a solução T2 nota-se um resultado insatisfatório nem que apresentaram modificação em sua superfície, com 15 dias experimento, os resultados não foram satisfatórios.

Figura 10: Amostras revestidas com solução tratamento T2, após 15 dias da aplicação.



Fonte: Autoria própria.

Fatores que afetam o amadurecimento das frutas podem ser levados em consideração, À fruta madura produz e liberta etileno, uma substância capaz de iniciar uma reação química na qual o amido é convertido em açúcar (URGEL, 2010).

Assim, o etileno libertado por uma fruta induz o amadurecimento noutra que esteja próxima. Esta substância é normalmente produzida em pequenas quantidades pela maioria das frutas e também pelos vegetais. As bananas, peras,

maçãs, pêsegos e melões, por exemplo, produzem quantidades mais elevadas capazes de induzir um amadurecimento mais rápido que outras frutas.

A ação química do etileno é mais lenta a temperaturas baixas, isso é observado claramente no verão, pois as frutas amadurecem mais rapidamente. O etileno é um gás incolor com certo odor levemente adocicado e age fisiologicamente nas plantas, afetando e controlando o seu crescimento, desenvolvimento, maturação e envelhecimento (URGEL, 2010).

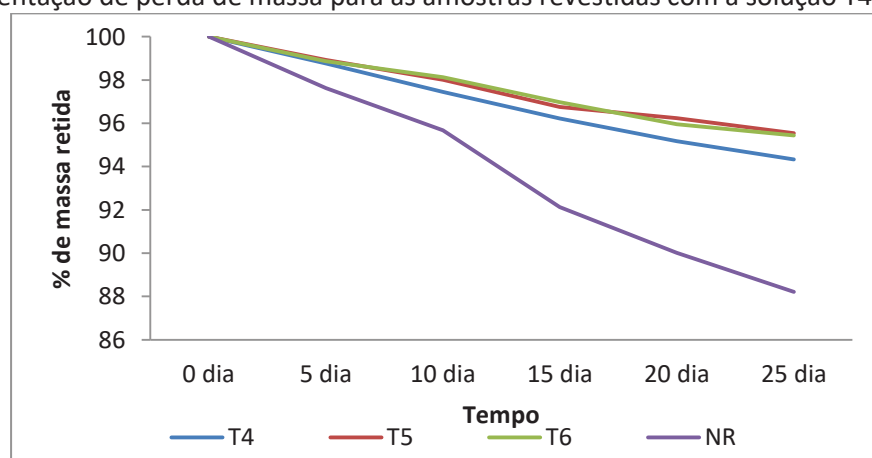
A adição de antioxidante não impediu que os frutos produzissem etileno, amadurecendo mais rapidamente.

Podemos concluir que a presença da substância pode ter inclusive acelerado em algumas situações o amadurecimento, agindo de forma negativa no processo de conservação, com filmes com baixa quantia de ácido oleico.

Para as soluções em que foram aplicadas as soluções protetoras combinadas á 0,5 % de AO em diferentes proporções de antioxidantes, agregaram nos frutos maior brilho e nenhuma amostra degradou antes do término do período de análise.

Na Figura 11 é evidente a diferença de perdas em relação à NR. O percentual de perda para T4, T5 e T6 corresponde a 5%, enquanto a NR 11,8 % de perda.

Figura 11: Representação de perda de massa para as amostras revestidas com a solução T4, T5 e T6.



Onde: T4 = 4,00g de zeína + 0,50 % de AO + 0,01% de Quercitina por 100 mL de solvente; T5 = 4,00g de zeína + 0,50 % de AO + 0,02% de quercitina por 100 mL de solvente; T6 = 4,00g de zeína + 0,50 % de AO + 0,02% de quercitina por 100 mL de solvente; NR = não revestida.

Na Figura 12 pode-se visualizar que a adição de quercitina combinada à proporção de 0,5 % de AO agregou mais brilho na superfície das amostras, manteve a integridade do fruto.

Figura 12: Amostras revestidas com a solução T4 após 25 dias.



Fonte: autoria própria.

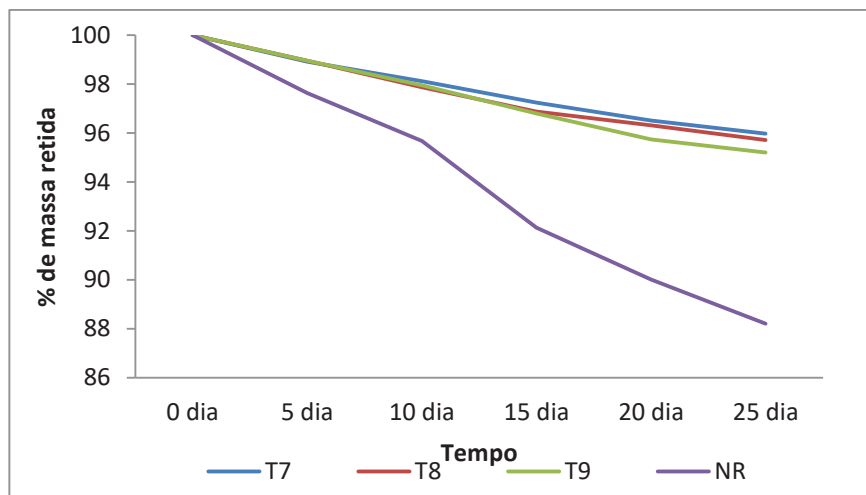
Foi observado nas análises realizadas com a combinação de 0,5% de AO com diferentes quantidades de quercitina, que há maior retenção de massa dos frutos.

As zeínas são consideradas de alto grau de polimerização e propriedades isolantes, destacando-se sua aplicação na elaboração de filmes para conservação de alimentos altamente perecíveis e microcápsulas na indústria farmacêutica. Filmes são películas formadas a base de polímeros, preparados com adição de um plastificante, aplicadas sobre o produto alimentício. Quando proveniente de fonte natural, é biodegradável em curto período de tempo (VILLADIEGO et al., 2005; FORATO et al., 2013).

Arcan e Yemenicioglu (2011) publicaram um trabalho descrevendo as propriedades antioxidantes e antibactericidas sobre filmes de zeína após a incorporação de diferentes ácidos fenólicos (ácido gálico, p-hidroxi ácido benzóico ou ácidos ferúlico) ou flavonóides (catequina, flavona ou quercitina). A adição destes compostos também eliminou problemas de fragilidade e de flexibilidade clássicos associados com a zeína crua. Esses autores enfatizaram que tais resultados abriam uma nova perspectiva para o uso em embalagens de zeína bioativa flexível.

Para os ensaios que foram aplicados nas amostras as soluções da composição T7, T8 e T9, a perda de massa não foi superior a 5%, como nota-se na Figura 13.

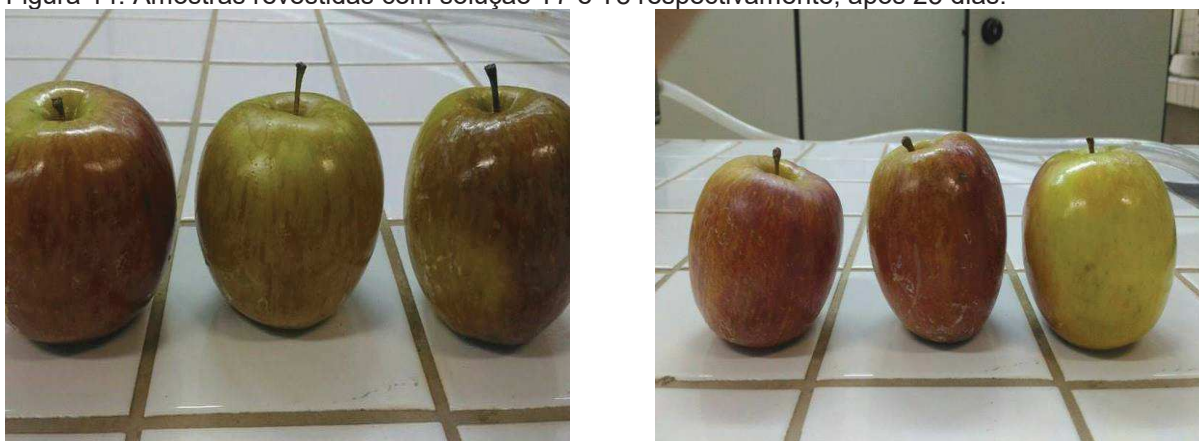
Figura 13: Representação de perda de massa para as amostras revestidas com a solução T7, T8 e T9.



Onde: T7 = 4,00g de zeína + 1,00 % de AO + 0,01% de quercitina por 100 mL de solvente; T8 = 4,00g de zeína + 1,00 % de AO + 0,02% de quercitina por 100 mL de solvente; T9 = 4,00g de zeína + 1,00 % de AO + 0,04% de quercitina por 100 mL de solvente; NR= não revestida.

Na Figura 14 é notável que as maçãs se mantiveram com boa integridade, boa aparência, firmeza e nenhuma maçã apresentou alteração antes do término do tempo de controle.

Figura 14: Amostras revestidas com solução T7 e T8 respectivamente, após 25 dias.



Fonte: autoria própria.

Para FORATO, et al. (2013), filmes de zeínas sem plastificante mostraram-se muito frágeis, mas a adição de 1 e 2% em massa de ácido oleico proporcionou um significativo aumento do módulo de elasticidade, segundo análise realizada por Análise Dinâmico Mecânica (DMA).

A presença de plastificante introduz também irregularidades superficiais e leva a uma perda das características hidrofóbicas dessas proteínas. Filmes processados na relação de 4,0% de zeínas e 1,0% de ácido oleico (porcentagens em massa) apresentaram as melhores propriedades mecânicas.

5 CONCLUSÃO

A melhor forma de aplicação da solução foi a de imersão, pois garante que toda a superfície da amostra entre em contato.

O melhor agente plastificante combinado com o polímero no experimento foi o ácido oleico, adição necessária para agregar resistência mecânica ao filme, pois somente o polímero possui características quebradiças ao inserir o plastificante garante ao filme uma maior maleabilidade.

Os resultados apontam que a melhor solução revestidora, são as combinadas com antioxidante, pois agregam brilho ao fruto e conservam melhor sua massa. No experimento as amostras que foram recobertas com composição de 0,5% de AO e diferentes proporções de antioxidantes apresentaram melhores resultados, tanto esteticamente quanto fisicamente.

A baixa taxa de transmissão de vapor representa a eficiência do filme de biopolímero de zeína relacionado à suas características hidrofóbicas, o que auxilia na conservação do produto.

Zeína apresenta propriedades de formação de filme, impermeabilidade e facilidade na aplicação do revestimento, podendo ser utilizada como camada protetora para conservação de maçãs como barreira contra a umidade. Característica interessante do ponto de vista tecnológico, visto que um material com barreira a umidade permite a proteção de frutos sensíveis a esta condição ambiental.

Conclui-se que os biopolímero de zeína, apresentam características desejáveis á aplicação em revestimentos de maçãs e com o estudo foi possível à aplicação do filme combinado com antioxidante.

6 REFERÊNCIAS

Agencia Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução - **RDC nº 162 de 11 de setembro de 2001**. Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br>. Acessado em 10/09/15.

Anuário Brasileiro de Fruticultura. Editora Gazeta Santa Cruz LTDA. Santa Cruz do Sul, RS. 2016.

ASSIS, O. B. G; BRITO, D. **Coberturas Comestíveis Protetoras em frutas: Fundamentos e Aplicações**. Brazilian Journal of Food Technology. Campinas, V, 17, n. 2, p. 87-97, Abr./jun. 2014.

BARRANCOS, S. M. G. **Maçã Minimamente Processada**. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2002, pp. 85p.

BATISTA, J.A. **Desenvolvimento, caracterização e aplicações de biofilmes a base de pectina, gelatina e ácidos graxos em bananas e sementes de brócolis**. Dissertação (Mestrado Alimentos e Nutrição) - Curso de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2004.

BRAVO, L. **Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism and Nutritional Significance**. Nutr. Rev., v. 56, n. 11, p. 317-333, 1998.

BOROSKI, M et al. **Antioxidante princípios e métodos analíticos**, Annris, v 1, p. 63 - 73, 2015

BUAINAIN A. M. BATALHA O. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007. 102 p.; (Agronegócios; v. 7).

CECCATO C. BASSO C. **Avaliação das perdas de frutas, legumes e verduras em supermercado de Santa Maria – RS**. Disc. Série: Ciências da Saúde, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 127-137, 2011.

CENCI, S. A.; SOARES, A. G.; FREIRE JUNIOR, M. **Manual de perdas pós-colheita em frutos e hortaliças**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1997. 29p. (EMBRAPA-CTAA. Documentos, 27).

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. UFLA. p.785, 2005.

DEL RÉ, P.V.; JORGE, N. **Especiarias como antioxidantes naturais: aplicações em alimentos e implicação na saúde**. Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.14, n.2, p.389-399, 2012.

GIL, ERIC DE SOUZA. **Controle físico-químico de qualidade de Medicamentos**. Pharmabooks, 3ª ed. São Paulo 2010.

GONÇALVES A. I. S. R. **Efeito da Aplicação de Revestimentos Comestíveis Enriquecidos em Antioxidantes na Conservação de Frutos Minimamente Processados**. Faculdade de Farmácia. Universidade de Lisboa, Lisboa, 2007.

HAVSTEEN, B.N. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. Pharmacol. Therapeut., v.96, p.67-202, 2002.

KAYACI, F; UYAR, T. Electrospun zein nanofibers incorporating cyclodextrins. **Carbohydrate Polymers**, v. 90, p. 558-568, 2012. ISSN 0144-8617.

NIJVELDT, R.J et al. **Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications**. Am. J. Clin. Nutr., Bethesda, v. 74, p. 418-425, 2001.

OLIVEIRA, M. A. **Utilização de película de fécula de mandioca como alternativa à cera nas conservação pós-colheita de frutos de Goiaba**. Programa de mestrado, Piracicaba- SP, 1996, 73p.

PAPALIAL Í. S; LONDEROL. P. M. G. **Extração de zeína e sua aplicação na conservação dos alimentos**. Ciência Rural, Santa Maria, v.45, n.2, p.552-559, fev, 2015.

RODRIGUES, M. M. F. R. F.: **Estudo da Aplicabilidade da Calorimetria Diferencial de Varrimento ao Acompanhamento da Conservação de Maçã**. In:

Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2003, pp. 78p.

RODRIGUES T. T. **Revisão bibliográfica da utilização de bactericidas como conservantes alimentícios na última década.** 2010. 52 f. Monografia de conclusão de curso de Bacharel em Farmácia, Universidade Comunitária da região de Chapecó, Chapecó - SC, 2010.

SCRAMIN, J.A.; BRITTO, D.; FORATO, L.A.; BERNARDES FILHO, R.; COLNAGO, L.A.; ASSIS, O.B.G. **Caracterização de ácido oleico zeína filmes e aplicações em revestimento de frutas.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.18, n.1, p.31-39, 2011.

SILVA L. T. **Eficácia da atividade antioxidante e caracterização de embalagens ativas biodegradáveis formuladas com amido de mandioca e derivados de cacau e café.** Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. Mestrado em Ciência de Alimentos. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Farmácia. Salvador – BA, 2009.

SILVA, M. L. C. et al. **Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais.** Rev. Ciências Agrárias, Londrina, p. 669-682, 2010.

SOARES N. F. F. et al. **Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos.** Revista Ceres, julho/agosto 2009. Viçosa – MG.

TOIVONEN, P. M. A. **Processamento mínimo de maçã.** Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Embrapa, Brasília, p (243 – 258) 2007.

VICENTINI, N. M., CEREDA, M. P. **Utilização de películas de fécula de mandioca natural e modificada na conservação pós-colheita de frutos de pepino (*Cucumis sativus* L.).** Workshop sobre Biopolímeros. Faculdade de Zootecnia e Eng. de Alimentos – USP. Pirassununga – SP, 1997 p, 89-93.

APÊNDICES 1

Controle de perda de massa realizado durante o período de análise.

Tabela 1: Perda de massa para amostra que possuem 0,25 % de ácido oleico.

PERÍODO DE ANÁLISE (DIAS)	SEM REVESTIMENTO	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 1 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 2 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 3 (g)
0	183,75	162,59	167,46	165,57
1	183,32	161,90	166,81	165,01
2	181,75	160,18	165,43	162,79
3	181,18	159,71	165,05	162,47
4	180,33	159,04	164,53	162,04
5	179,39	158,63	163,97	161,57
6	178,68	157,00	163,10	161,02
7	177,25	156,07	162,19	160,08
8	176,84	155,84	161,99	159,92
9	176,11	155,38	161,69	159,55
10	175,79	154,71	160,78	159,00
11	175,04	154,26	160,14	158,46
12	172,93	153,09	159,89	157,81
13	171,87	152,65	159,53	157,49
14	170,45	152,27	159,21	157,07
15	169,29	150,77	158,01	156,89
16	168,52	150,31	157,66	156,51
17	167,91	150,00	157,41	156,00
18	167,18	149,75	157,15	155,68
19	166,91	149,48	157,00	155,16
20	165,40	148,73	156,28	154,78
21	164,74	148,45	155,93	154,49
22	164,07	148,08	155,60	153,81
23	163,22	147,86	155,32	153,29
24	162,77	147,65	155,03	153,10
25	162,08	147,41	154,94	152,94

Tabela 2: Perda de massa para amostra que possuem 0,50 % de ácido oleico.

PERÍODO DE ANÁLISE (DIAS)	SEM REVESTIMENTO	COMREVESTIMENTO AMOSTRA 1 (g)	COMREVESTIMENTO AMOSTRA 2 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 3 (g)
0	183,75	162,85	238,30	171,45
1	183,32	162,31	237,69	171,04
2	181,75	161,34	236,36	169,80
3	181,18	161,09	235,99	169,43
4	180,33	160,66	235,46	168,93
5	179,39	160,22	234,81	168,44
6	178,68	159,73	234,60	167,62
7	177,25	158,94	233,11	166,97
8	176,84	158,61	232,75	166,72
9	176,11	158,58	230,83	166,36
10	175,79	158,32	229,50	165,49
11	175,04	158,08	228,71	164,85
12	172,93	157,98	228,46	165,68
13	171,87	156,85	228,13	164,34
14	170,45	156,62	227,68	163,84
15	169,29	155,68	226,73	163,56
16	168,52	155,43	226,33	163,09
17	167,91	155,21	226,03	162,60
18	167,18	155,00	225,59	162,18
19	166,91	154,91	225,32	161,47
20	165,40	154,48	224,75	161,04
21	164,74	154,30	224,39	160,77
22	164,07	154,12	224,14	159,25
23	163,22	153,97	223,90	159,00
24	162,77	153,81	223,67	158,81
25	162,08	153,70	223,49	158,64

Tabela 3: Perda de massa para amostra que possuem 1,0 % de ácido oleico.

PERÍODO DE ANÁLISE (DIAS)	SEM REVESTIMENTO	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 1 (g)	C/OM REVESTIMENTO AMOSTRA 2 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 3 (g)
0	183,75	169,16	167,34	180,94
1	183,32	168,74	166,87	180,40
2	181,75	167,75	165,74	179,37
3	181,18	167,48	165,44	178,91
4	180,33	167,09	164,99	178,19
5	179,39	166,69	164,55	177,52
6	178,68	166,13	163,79	176,00
7	177,25	165,40	163,26	175,30
8	176,84	165,01	162,98	174,96
9	176,11	164,98	162,85	174,65
10	175,79	164,43	162,49	173,87
11	175,04	163,97	162,04	173,39
12	172,93	163,54	161,54	172,25
13	171,87	163,30	161,38	171,83
14	170,45	163,02	161,14	171,39
15	169,29	162,21	160,87	169,89
16	168,52	161,93	160,09	169,44
17	167,91	161,75	159,84	169,06
18	167,18	161,37	159,60	168,80
19	166,91	160,93	159,30	168,40
20	165,40	160,55	158,89	167,47
21	164,74	160,36	158,65	167,06
22	164,07	160,09	158,53	166,69
23	163,22	159,88	158,34	166,15
24	162,77	159,75	158,23	166,00
25	162,08	159,64	158,11	165,85

Tabela 4: Perda de massa para amostra que possuem 0,25 % de ácido oleico e 0,1 % de antioxidante.

PERÍODO DE ANÁLISE (DIAS)	SEM REVESTIMENTO	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 1 E1 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 1 E2 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 1 E3 (g)
0	183,75	251,40	272,44	273,99
1	183,32	251,23	271,85	273,48
2	181,75	250,87	271,47	272,85
3	181,18	250,64	271,01	272,26
4	180,33	250,26	270,79	271,70
5	179,39	250,12	270,21	271,34
6	178,68	249,75	270,03	270,76
7	177,25	249,39	269,73	270,39
8	176,84	248,82	269,51	271,91
9	176,11	248,56	269,17	271,62
10	175,79	248,09	268,75	271,18
11	175,04	247,84	268,19	270,84
12	172,93	247,47	267,69	DESCARTE
13	171,87	246,99	267,22	
14	170,45	246,68	266,82	
15	169,29	246,02	266,58	
16	168,52	245,73	265,73	
17	167,91	245,35	264,10	
18	167,18	244,83	264,83	
19	166,91	244,29	264,27	
20	165,40	243,80	263,65	
21	164,74	243,27	262,86	
22	164,07	242,72	261,83	
23	163,22	DESCARTE	261,43	
24	162,77		261,05	
25	162,08		260,87	

Tabela 5: Perda de massa para amostra que possuem 0,25 % de ácido oleico e 0,2 % de antioxidante.

PERÍODO DE ANÁLISE (DIAS)	SEM REVESTIMENTO	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 2 E1 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 2 E2 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 2 E3 (g)
0	183,75	281,16	248,90	264,30
1	183,32	280,12	248,24	263,87
2	181,75	279,56	247,81	263,19
3	181,18	278,12	247,48	262,90
4	180,33	277,76	247,00	262,45
5	179,39	277,24	246,70	260,84
6	178,68	276,87	245,95	260,31
7	177,25	276,00	244,48	259,89
8	176,84	275,80	243,53	259,50
9	176,11	275,11	243,08	259,14
10	175,79	274,64	242,70	257,97
11	175,04	273,69	241,63	257,48
12	172,93	272,74	241,09	257,07
13	171,87	271,63	240,99	256,77
14	170,45	270,35	239,84	256,29
15	169,29	269,90	239,02	254,88
16	168,52	268,87	237,67	DESCARTE
17	167,91	267,92	237,19	
18	167,18	DESCARTE	236,56	
19	166,91		236,06	
20	165,40		235,86	
21	164,74		235,43	
22	164,07		235,19	
23	163,22		234,85	
24	162,77		234,68	
25	162,08		234,55	

Tabela 6: Perda de massa para amostra que possuem 0,25 % de ácido oleico e 0,4 % de antioxidante.

PERÍODO DE ANÁLISE (DIAS)	SEM REVESTIMENTO	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 3 E1 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 3 E2 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 3 E3 (g)
0	183,75	253,89	245,91	248,16
1	183,32	253,45	245,38	247,73
2	181,75	253,08	244,79	247,35
3	181,18	252,96	244,54	246,97
4	180,33	252,70	244,05	246,69
5	179,39	251,93	243,76	245,64
6	178,68	251,67	243,44	245,18
7	177,25	251,55	243,07	244,91
8	176,84	251,03	242,83	244,47
9	176,11	250,20	242,60	244,16
10	175,79	249,64	241,97	242,93
11	175,04	249,03	241,49	242,52
12	172,93	248,85	240,85	242,09
13	171,87	248,42	240,48	241,74
14	170,45	248,03	239,71	241,12
15	169,29	247,68	239,07	239,69
16	168,52	247,25	DESCARTE	238,99
17	167,91	246,79		238,46
18	167,18	246,41		237,93
19	166,91	245,78		237,52
20	165,40	245,80		237,20
21	164,74	245,46		237,02
22	164,07	245,08		236,94
23	163,22	244,94		236,60
24	162,77	244,55		236,23
25	162,08	244,32		236,04

Tabela 7: Perda de massa para amostra que possuem 0,5 % de ácido oleico e 0,1 % de antioxidante.

PERÍODO DE ANÁLISE (DIAS)	SEM REVESTIMENTO	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 4 E1 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 4 E2 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 4 E3 (g)
0	183,75	180,97	178,68	171,65
1	183,32	180,68	178,53	171,35
2	181,75	180,10	178,04	170,87
3	181,18	179,90	177,75	170,64
4	180,33	179,43	177,75	169,99
5	179,39	178,24	176,87	169,58
6	178,68	177,80	176,40	169,09
7	177,25	177,47	176,19	168,87
8	176,84	177,32	175,97	168,24
9	176,11	176,95	175,71	167,96
10	175,79	175,72	174,54	167,43
11	175,04	175,11	174,10	166,95
12	172,93	174,90	173,70	166,46
13	171,87	174,73	173,66	166,24
14	170,45	174,30	173,27	166,12
15	169,29	173,57	172,29	165,38
16	168,52	173,36	171,95	164,75
17	167,91	172,81	174,74	164,63
18	167,18	172,78	171,36	164,30
19	166,91	171,43	170,80	164,13
20	165,40	170,95	170,68	163,99
21	164,74	170,34	170,34	163,71
22	164,07	170,11	168,95	163,62
23	163,22	169,95	168,79	163,53
24	162,77	169,71	168,55	163,42
25	162,08	169,45	168,39	163,27

Tabela 8: Perda de massa para amostra que possuem 0,5 % de ácido oleico e 0,2 % de antioxidante.

PERÍODO DE ANÁLISE (DIAS)	SEM REVESTIMENTO	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 5 E1 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 5 E2 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 5 E3 (g)
0	183,75	173,61	209,07	180,76
1	183,32	173,20	208,90	180,40
2	181,75	172,97	208,53	179,99
3	181,18	172,95	208,03	179,87
4	180,33	172,29	207,78	179,61
5	179,39	171,75	206,70	178,94
6	178,68	171,68	206,48	178,63
7	177,25	171,53	206,16	178,34
8	176,84	171,18	205,89	178,08
9	176,11	170,73	205,63	177,85
10	175,79	169,80	204,94	177,50
11	175,04	169,39	204,73	177,14
12	172,93	168,87	204,30	176,92
13	171,87	168,43	203,95	176,83
14	170,45	168,08	203,46	176,62
15	169,29	167,64	202,67	176,49
16	168,52	167,22	202,05	176,01
17	167,91	166,99	201,89	175,87
18	167,18	166,77	201,75	175,45
19	166,91	166,56	201,45	175,13
20	165,40	166,18	201,18	174,92
21	164,74	165,99	200,85	174,64
22	164,07	165,80	200,59	174,42
23	163,22	165,58	200,24	174,04
24	162,77	165,32	199,99	173,82
25	162,08	165,07	199,75	173,54

Tabela 9: Perda de massa para amostra que possuem 0,5 % de ácido oleico e 0,4 % de antioxidante.

PERÍODO DE ANÁLISE (DIAS)	SEM REVESTIMENTO	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 6 E1 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 6 E2 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 6 E3 (g)
0	183,75	165,02	165,70	164,66
1	183,32	164,95	164,94	164,15
2	181,75	164,63	164,69	163,90
3	181,18	164,33	164,45	163,46
4	180,33	163,87	164,19	163,27
5	179,39	163,04	163,87	162,88
6	178,68	162,79	163,69	162,69
7	177,25	162,51	163,51	162,03
8	176,84	162,18	163,11	161,83
9	176,11	161,99	162,90	161,62
10	175,79	161,59	162,56	160,96
11	175,04	161,21	162,20	160,77
12	172,93	160,88	161,91	160,42
13	171,87	160,68	161,78	160,27
14	170,45	160,30	161,61	160,16
15	169,29	159,63	161,09	159,76
16	168,52	159,10	160,95	159,65
17	167,91	158,78	160,63	159,38
18	167,18	158,30	160,22	158,92
19	166,91	158,14	159,84	158,68
20	165,40	157,99	158,90	158,37
21	164,74	157,68	158,54	157,85
22	164,07	157,40	158,36	157,46
23	163,22	157,17	157,15	158,14
24	162,77	156,97	157,99	157,96
25	162,08	156,88	157,88	157,78

Tabela 10: Perda de massa para amostra que possuem 1,0 % de ácido oleico e 0,1 % de antioxidante.

PERÍODO DE ANÁLISE (DIAS)	SEM REVESTIMENTO	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 7 E1 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 7 E2 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 7 E3 (g)
0	183,75	175,55	181,36	178,01
1	183,32	174,79	180,90	177,88
2	181,75	174,32	180,55	177,45
3	181,18	173,83	180,02	177,11
4	180,33	173,45	179,86	176,84
5	179,39	173,07	179,54	176,52
6	178,68	172,95	179,31	176,17
7	177,25	172,51	179,06	175,91
8	176,84	172,14	178,83	175,68
9	176,11	171,87	178,66	175,28
10	175,79	171,50	178,40	174,95
11	175,04	171,13	178,19	174,52
12	172,93	170,92	177,94	174,17
13	171,87	170,74	177,59	173,79
14	170,45	170,57	177,28	173,47
15	169,29	170,29	176,80	173,08
16	168,52	170,00	176,49	172,84
17	167,91	169,85	176,14	172,50
18	167,18	169,73	175,92	172,25
19	166,91	169,45	175,51	172,03
20	165,40	169,12	175,23	171,90
21	164,74	168,96	175,00	171,71
22	164,07	168,72	174,83	171,66
23	163,22	168,49	174,57	171,55
24	162,77	168,27	174,25	171,39
25	162,08	168,10	174,05	171,25

Tabela 11: Perda de massa para amostra que possuem 1,0 % de ácido oleico e 0,2 % de antioxidante.

PERÍODO DE ANÁLISE (DIAS)	SEM REVESTIMENTO	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 8 E1 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 8 E2 (g)	COM REVESTIMENTO AMOSTRA 8 E3 (g)
0	183,75	181,79	168,67	171,01
1	183,32	181,64	168,55	169,83
2	181,75	181,42	168,19	169,72
3	181,18	181,19	167,88	169,49
4	180,33	180,98	167,46	169,31
5	179,39	180,23	167,21	168,56
6	178,68	179,91	166,85	168,17
7	177,25	179,77	166,42	167,95
8	176,84	179,59	165,99	167,78
9	176,11	179,03	165,64	167,54
10	175,79	178,79	164,83	166,80
11	175,04	178,63	164,55	166,68
12	172,93	178,46	164,20	166,39
13	171,87	178,20	163,94	166,07
14	170,45	177,98	163,47	165,75
15	169,29	177,08	162,50	165,59
16	168,52	176,87	162,14	165,32
17	167,91	176,44	161,93	165,11
18	167,18	176,15	161,66	165,03
19	166,91	175,88	161,25	164,96
20	165,40	174,99	160,98	164,77
21	164,74	174,67	160,63	164,56
22	164,07	174,45	160,38	164,37
23	163,22	174,14	160,03	164,16
24	162,77	173,99	159,87	164,00
25	162,08	173,78	159,68	163,88

Tabela 12: Perda de massa para amostra que possuem 1,0 % de ácido oleico e 0,4 % de antioxidante.

PERÍODO DE ANÁLISE (DIAS)	SEM REVESTIMENTO	C/ REVESTIMENTO AMOSTRA 9 E1 (g)	C/ REVESTIMENTO AMOSTRA 9 E2 (g)	C/ REVESTIMENTO AMOSTRA 9 E3 (g)
0	183,75	145,38	175,71	174,70
1	183,32	145,02	175,49	174,43
2	181,75	144,90	175,00	173,98
3	181,18	144,43	174,88	173,60
4	180,33	143,99	174,60	173,34
5	179,39	143,57	174,21	172,85
6	178,68	143,15	173,97	172,40
7	177,25	142,90	173,54	171,91
8	176,84	142,42	173,44	171,62
9	176,11	142,39	173,04	171,30
10	175,79	141,85	172,95	170,95
11	175,04	141,64	172,59	170,67
12	172,93	141,17	172,33	170,15
13	171,87	140,79	171,88	169,93
14	170,45	140,35	171,47	169,79
15	169,29	139,98	171,00	169,51
16	168,52	139,53	170,87	169,30
17	167,91	138,97	170,56	169,17
18	167,18	138,46	170,31	169,00
19	166,91	138,21	169,98	168,92
20	165,40	137,98	169,79	168,70
21	164,74	137,76	169,55	168,51
22	164,07	137,62	169,48	168,42
23	163,22	137,49	169,26	168,21
24	162,77	137,24	168,99	168,09
25	162,08	137,01	168,62	167,97