

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC DE CIDADE TIRADENTES
Curso Técnico em Química**

**Beatriz Stephany Magalhães Gomes de Oliveira
Guilherme Fillipe Rocha da Silva
Isabel do Carmo
Isabelly Moreira da Silva
Jhennyfer Vitória Gregório Moraes**

**DESENVOLVIMENTO DO BIOFILME À BASE DE AMIDO E PECTINA
PARA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS IN-NATURA**

**São Paulo
2025**

Beatriz Stephany Magalhães Gomes de Oliveira
Guilherme Fillipe Rocha da Silva
Isabel do Carmo
Isabelly Moreira da Silva
Jhennyfer Vitória Gregório Moraes

**DESENVOLVIMENTO DO BIOFILME À BASE DE AMIDO E PECTINA
PARA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS IN-NATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso Técnico em Química da ETEC de Cidade
Tiradentes, orientado por Rodolfo Nunes e Julia
Pereira, como requisito parcial para a obtenção do
título de Técnico em Química.

São Paulo
2025

Beatriz Stephany Magalhães Gomes de Oliveira
Guilherme Fillipe Rocha da Silva
Isabel do Carmo
Isabelly Moreira da Silva
Jhennyfer Vitória Gregório Moraes

**DESENVOLVIMENTO DO BIOFILME À BASE DE AMIDO E PECTINA
PARA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS IN-NATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Química da ETEC de Cidade Tiradentes, orientado pela prof.^a Julia Pereira e prof. Rodolfo Nunes, como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Química.

Data de Aprovação ____/____/____.

Prof.^a Coord. Damaris Cristina

Prof.^a: Júlia Pereira

Prof. Me. Rodolfo Pereira

Prof. Dr. Marconi Santos

Prof. Thiago do Bonfim

São Paulo
2025

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão a todos que nos incentivaram ao longo deste caminho de conhecimento. Agradecemos especialmente aos nossos professores orientadores, Marconi da Cruz, Rodolfo Nunes e Julia Pereira, por suas orientações e apoio indispensáveis durante a elaboração deste trabalho. Agradecemos também aos nossos familiares, pelo apoio e compreensão, e aos colegas de turma, pela colaboração e por esses períodos de convivência. Reconhecemos o empenho e a dedicação incansáveis de nosso grupo, que se manteve firme na busca pela excelência e pelo aprofundamento da pesquisa.

“Nada na vida deve ser temido, somente compreendido. Agora é hora de compreender mais para temer menos.”

(Marie Curie)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um biofilme comestível à base de pectina e amido, com potencial aplicação na conservação de frutas in natura. Diante dos crescentes desafios enfrentados pelo setor de alimentos, especialmente no que tange à preservação da qualidade e prolongamento da vida útil dos produtos, os biofilmes surgem como uma alternativa sustentável às embalagens sintéticas convencionais. Esses filmes, elaborados a partir de fontes renováveis, atuam como barreiras protetoras contra agentes externos, controlando a permeabilidade à água, gases e lipídios, além de poderem incorporar substâncias antioxidantes e antimicrobianas. A construção do biofilme envolve mecanismos de gelificação específicos de seus constituintes: o amido sofre gelatinização em presença de água e calor, resultando na liberação de amilose e amilopectina; já a pectina, dependendo de seu grau de metoxilação, forma géis por meio de interações hidrofóbicas ou pela presença de íons cálcio. Para otimizar as propriedades mecânicas e sensoriais do filme, é incorporado um plastificante — como o glicerol —, que aumenta a flexibilidade e a maleabilidade do material. Assim, o estudo reforça a viabilidade do uso de biopolímeros como alternativa ecológica para a conservação de alimentos frescos, contribuindo para a redução do desperdício e o impacto ambiental.

Palavras-Chave: Biofilme; Amido; Pectina; Alimentos In-natura; Sustentabilidade.

ABSTRACT

This study aims to develop an edible biofilm based on pectin and starch, intended for the preservation of fresh fruits. In light of the challenges faced by the food sector regarding quality maintenance and shelf-life extension, biofilms represent a sustainable alternative to conventional synthetic packaging. These films, produced from renewable sources, act as protective barriers against external agents by controlling the permeability to water, gases, and lipids, and may also incorporate antioxidant and antimicrobial agents. The formulation involves specific gelation mechanisms of its components: starch undergoes gelatinization in the presence of heat and water, releasing amylose and amylopectin; pectin, depending on its degree of methoxylation, forms gels either through hydrophobic interactions or in the presence of calcium ions. To improve the mechanical and sensory properties of the film, a plasticizer—such as glycerol—is added, increasing flexibility and malleability. This study highlights the potential of biopolymers as eco-friendly alternatives for food preservation, contributing to the reduction of waste and environmental impact.

KeyWords: Biofilm; Pectin; Starch; Sustainability; Fresh produce

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estrutura química da cadeia da pectina	15
Figura 2 Estruturas da Pectina.....	16
Figura 3 Fluxograma do processo de extração do amido	20
Figura 4 Fluxograma do processo de extração da pectina	21
Figura 5 Fluxograma do processo de construção do biofilme	23
Figura 6 Resíduo pós-filtragem (celulose)	24
Figura 7 Processo de Filtragem	24
Figura 8 Celulose após processo de secagem em estufa	25
Figura 9 Processo de pesagem.....	25
Figura 10 Processo de Trituração	26
Figura 11 Pré-desidratação e Pós-desidratação	26
Figura 12 Solução Filmogênica.....	28
Figura 13 Mexericas com e sem Biofilme.....	28
Figura 14 Mexericas após uma semana	29
Figura 15 Maça controle sem biofilme (geladeira)	30
Figura 16 Maça com biofilme de amido laboratorial (geladeira)	30
Figura 17 Maça com biofilme de amido industrial (geladeira).....	30
Figura 18 Maça controle sem biofilme (ambiente)	31
Figura 19 Maça com biofilme de amido laboratorial (ambiente)	31
Figura 20 Maça com biofilme de amido industrial (ambiente).....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Justificativa	10
1.2. Problemática	11
2. OBEJTIVOS.....	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos Específicos.....	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1. Biofilme.....	13
3.2. Amido.....	13
3.3. Pectina	14
3.4. Construção do Biofilme Amido-Pectina.....	17
3.4.1. Mecanismos de Gelificação	17
3.4.2. Agente Plastificante.....	18
4. METODOLOGIA	19
4.1. Produção e extração do amido	19
4.2. Extração da Pectina do Limão e da Acerola	20
4.3. Desenvolvimento do Biofilme à Base de Amido e Pectina.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
5.1. 1º Extração do Amido	24
5.2. 2º Extração do Amido	25
5.3. 1º Extração da Pectina.....	27
5.4. 2º Extração da Pectina.....	27
5.5. 1º Formulação do Biofilme (Amido e Pectina industriais).....	28
5.6. 2º Formulação e teste do Biofilme (Amido industrial e amido produzido em laboratório).....	29
5.7. Testes em baixa temperatura	30
5.8. Testes em temperatura ambiente	31
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

Ao analisar películas comestíveis e embalagens biodegradáveis provenientes de biopolímeros, observa-se a aplicação de diversas técnicas que trazem uma série de benefícios para o meio ambiente. Isso ocorre porque, além de reduzir o descarte de materiais não renováveis, essas iniciativas criam oportunidades para o desenvolvimento e o investimento em novas matérias-primas.

Dada sua relevância, a busca por métodos que reduzem a migração de umidade e oxigênio nos alimentos, pensando na melhoria de sua qualidade, torna-se essencial no mercado atual. Nesse contexto, a criação de uma solução sustentável para a produção de coberturas comestíveis é necessária, especialmente para minimizar o desperdício de alimentos durante o transporte.

Ao abordar essas questões, o desenvolvimento de embalagens e coberturas biodegradáveis agregam valor aos processos que, de outra forma, seriam prejudiciais ao meio ambiente, resultando em impactos ambientais significativos para a sociedade.

Com base nessa problemática, nosso objetivo é propor a produção de um biofilme à base de amido e pectina. Essa técnica pode auxiliar pesquisas existentes, contribuindo para a redução do descarte de resíduos e promovendo soluções mais sustentáveis.

1.1. Justificativa

O biofilme à base de polímeros naturais, o amido e a pectina, é uma solução promissora que visa mitigar os impactos ambientais e o desperdício de alimentos. Sob esse viés, de acordo com a definição da Organização das Nações Unidas, para a Alimentação e a Agricultura (FAO), Perdas e Desperdícios de Alimentos (PDA), se referem à redução da disponibilidade de alimentos para consumo humano ao longo da cadeia de abastecimento alimentar, sobretudo nas fases de produção, pós-colheita e processamento.

Nesse segmento, o nosso trabalho tem como objetivo transformar resíduos de alimentos em materiais de valor agregado, a fim de reduzir o consumo de materiais plásticos, ao mesmo tempo em que agrega valor ao processo de conservação de alimentos, visto que há uma ascensão nas demandas por alternativas sustentáveis.

1.2. Problemática

O acúmulo de plástico não reciclado e a busca por alternativas ao petróleo, impulsionam a pesquisa e o desenvolvimento de biopolímeros. Esses, por sua vez, são produzidos a partir de fontes renováveis, que surgem como uma opção promissora. Biodegradáveis e compostáveis, esses materiais minimizam o impacto ambiental e reduzem a dependência de plásticos derivados do petróleo. “Um aumento nos resíduos plásticos também pode levar a um aumento do descarte ilegal de resíduos a nível nacional e internacional”, afirma a ONU.

Em outra vertente, se encontra o aumento exponencial do desperdício de frutas provenientes de doenças que encurtam a vida útil de frutas e hortaliças ou danos causados por armazenagem inadequada. Ao todo, segundo o G1, seria possível preencher 625 mil caminhões com frutas que o Brasil desperdiça em um ano. Isso representa 30% da produção nacional. Em vista dessa problemática, **como a aplicabilidade do biofilme à base de amido e pectina minimiza o desperdício de alimentos?**

2. OBEJTIVOS

2.1. Objetivo Geral

Produzir um biofilme à base de amido e pectina para prolongar a vida útil de frutas e hortaliças.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar a influência da película na conservação de alimentos, a partir de testes visuais;
- Analisar o impacto dos mecanismos de gelificação nas propriedades do biofilme;
- Desenvolver a melhor formulação possível, a partir do amido e da pectina.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Biofilme

Na contemporaneidade, muito se discute os desperdícios de produtos in-natura e os desafios enfrentados pelo setor de comercialização e logística ao assegurar a vida útil dos mesmos. Diante desse cenário, pesquisadores buscam soluções promissoras para o decréscimo dos impactos socioambientais e econômicos, a partir do desenvolvimento de biofilmes e filmes comestíveis à base de matérias primas renováveis, que procedem como revestimento para hortaliças e frutas frescas.

Os filmes são utilizados para melhorar ou manter a durabilidade e qualidade dos alimentos, substituindo embalagens sintéticas derivadas de petróleo e são confeccionados a partir de recursos naturais, reduzindo assim o uso de recursos não-renováveis e o impacto ambiental (KESTER E FENNEMA, 1986).

O biofilme, que pode ser de origem vegetal e artificial, caracteriza-se como uma película fina que atua como barreira protetora à contaminação de fungos e bactérias aliada à prolongação da vida útil e da qualidade dos alimentos.

Os filmes podem atuar controlando a migração da água, a migração lipídica e a permeabilidade a gases dos alimentos em sistemas alimentícios, também podem conter antioxidantes e antimicrobianos, evitando que os produtos se deteriore mais rapidamente, prolongando assim a vida útil do produto nas prateleiras (MCHUGH e KROCHTA, 1994; KESTER e FENNEMA, 1986).

Esse, ao almejar melhores propriedades na sua composição, buscam evidenciar suas características por intermédio de biopolímeros, - blendas poliméricas que são misturas físicas de dois ou mais polímeros -, que acarretam uma combinação miscível ou imiscível. Em concordância, Horn (2012) expressa que, as propriedades mecânicas e de barreira dos filmes dependem significativamente tanto da natureza dos biopolímeros empregados quanto das composições finais obtidas pela adição de plastificantes.

3.2. Amido

Com objetivo de reduzir o impacto ambiental causado por plásticos não biodegradáveis, o amido é um dos principais componentes substitutivos de outros materiais poluentes, tornando-se um dos poucos polímeros com a capacidade de degradar em água facilmente. Além de sua função biológica, o amido tem ampla aplicação na alimentação humana e na indústria, estando presente em diversos alimentos, como cereais, raízes ou tubérculos.

O amido é composto principalmente de duas macromoléculas distintas, a amilose e a amilopectina, ambas contendo unidades de α -D-(glicose). A amilose é um polímero linear ou ligeiramente ramificado, de massa molecular na faixa de 105 a 106 g/mol, unidas por ligações do tipo α -D-(1 $\rightarrow$ 4). A amilopectina também contém ligações do tipo α -D-(1 $\rightarrow$ 4), mas possui ligações glicosídicas do tipo α -D- (1 $\rightarrow$ 6) nos pontos de ramificação. Os grânulos de amido de diferentes fontes diferem entre si no teor de água e na razão amilose/amilopectina. O teor de amilose na maioria dos grânulos de amido está na faixa de 20 a 30%. Em algumas espécies obtidas através de mutações genéticas esses teores podem ser alterados. (SILVA, 2003)

De acordo com Jacobs (2020), o amido é utilizado na produção de filmes devido às propriedades da amilose, que facilita a formação de géis e filmes. Para que ele se torne um material termoplástico, é necessário romper a estrutura dos seus grânulos, o que pode ser feito por meio da gelatinização ou da fusão. O processo de fusão acontece quando o amido é aquecido com pouca água, exigindo, por isso, temperaturas mais altas. A gelatinização, por sua vez, trata-se de uma transformação irreversível do amido granular em uma pasta viscoelástica, que ocorre na presença de grande quantidade de água. Durante esse processo, a estrutura cristalina e a ordem molecular do grânulo, são destruídas devido à quebra das ligações de hidrogênio responsáveis por manter sua integridade inicial.

Assim, o amido propriamente dito, pode ser promissor na criação de polímeros, desde que seja acompanhado de outro plastificante que o ajude em sua formulação. E segundo Silva (2003), o auxílio dos agentes aditivos na quebra desses grânulos, é de extrema pertinência para a determinação das condições do seu processamento.

A gelatinização é a transformação irreversível do amido granular em uma pasta viscoelástica, ocorrendo na presença de excesso de água e leva a destruição da cristalinidade e da ordem molecular do grânulo através do rompimento das ligações de hidrogênio que, inicialmente mantinham a integridade deste. (JACOBS, 2020).

Portanto, o amido é totalmente promissor quando diz respeito à formação de um polímero biodegradável. Porém, entende-se que os seus benefícios e as suas propriedades fazem com que o polímero produzido a partir do mesmo, seja vulnerável e frágil, com risco de ser quebradiço. Logo, ao ser formulado juntamente com outro polímero renovável e um agente plastificante, são capazes de modificar sua estrutura e melhorar suas propriedades, transformando um polímero à base de amido quebradiço, em algo maleável e brilhante.

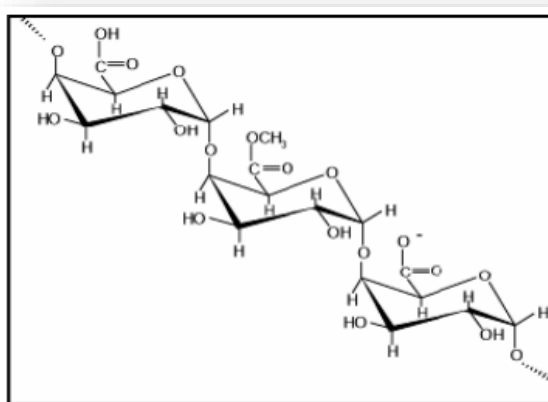
3.3. Pectina

O principal polissacarídeo presente na parede celular e nas regiões intercelulares das frutas é a pectina, sendo encontrado em maior concentração em

polpas e cascas cítricas. Esse polissacarídeo desempenha um papel fundamental no crescimento celular, resistência mecânica, na adesão entre as células e rigidez do tecido celular.

Suas moléculas são constituídas de uma cadeia principal linear de resíduos do ácido D-galacturônico unidos por ligações glicosídicas do tipo α (1,4), cujos grupos carboxílicos podem estar parcialmente esterificados por metoxilas (Figura1). As cadeias de resíduos galacturonato são, porém, interrompidas por unidades de L-ramnose, às quais estão ligadas cadeias laterais, formadas por açúcares neutros. [...] (Cardoso et al., 2003; Walkeström et al., 2003; Willats et al., 2006 apud Cristiane, 2010 p. 7).

Figura 1 Estrutura química da cadeia da pectina



Fonte: Hourdet e Muller, 1991

A metoxila é um éster simples, portanto é um grupo funcional que consiste em de metilo (CH_3) ligado a um átomo de oxigênio, este grupo é representado pela seguinte fórmula estrutural R-O-CH_3 . A presença de grupos metoxila em moléculas, como as pectinas influenciam as suas propriedades, nomeadamente a capacidade de formar géis e a sua estabilidade.

Segundo (VINCKEN, 2003, apud Helene 2010, p 35) a pectina é composta por dezessete diferentes monossacarídeos, organizados em polissacarídeos distintos, que se agrupam em diferentes cadeias, a partir de mais de vinte diferentes ligações. Além disso, essas diversas unidades estruturais podem estar substituídas por metanol, ácidos acéticos e ácidos fenólicos (THIBAULT, 1991 apud Helene 2010, p. 36).

Por ser uma molécula formada por cadeias lineares de ácido galacturônico e diversas proporções de monossacarídeos, como D-galactose, D-xilose, L-arabinose e L-fucose, a pectina apresenta uma estrutura altamente complexa, tornando

desafiadora a representação de todas as suas informações estruturais em um único modelo estrutural.

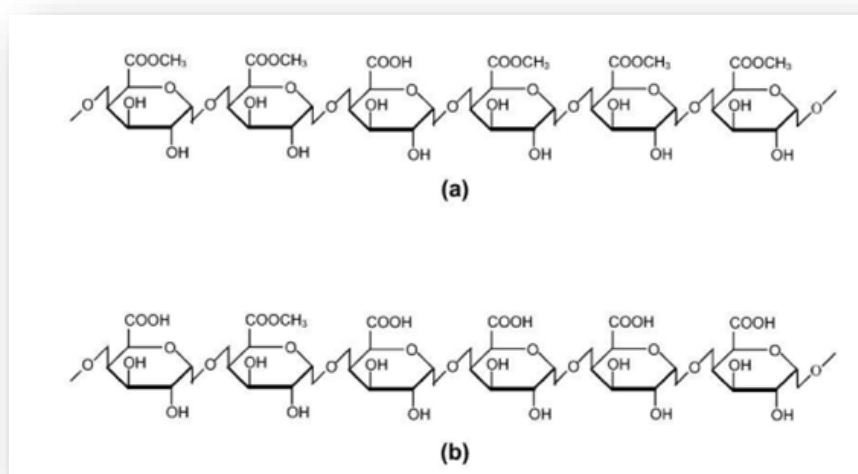
O teor de metoxilação (TM) ou grau de esterificação (DE) é utilizado como critério para a classificação comercial das pectinas, e correspondendo à proporção dos grupos metilados de ácido galacturônico presentes na molécula de pectina. (Liu, 2007 apud Cristiane, 2010, p. 8).

O TM pode variar conforme o método de extração, idade e a localização dentro do tecido do vegetal, e suas diversas concentrações de monossacarídeos. Com base nisso, as pectinas são classificadas comercialmente em duas propriedades (ATM) pectinas de alto teor de metoxilação e (BTM) pectinas de baixo teor de metoxilação.

As pectinas ATM, quando possuem acima de 50% de seus grupos carboxílicos esterificados, enquanto as BTM têm 50% ou menos de seus grupos estão esterificados (Figura 2). As pectinas BTM são obtidas a partir da pectina ATM isolada pelo controle do processo de desesterificação em meio homogêneo na presença de álcool, com ácido ou amônia (Axelos e Thibault, 1991, apud Cristiane, 2010, p. 8)

O grau de esterificação da pectina é extremamente relevante, pois está relacionado com a propriedade gelificante da pectina. Embora as duas apresentem um ponto de gelificação, esse processo ocorre por mecanismos distintos, o que influencia diretamente a funcionalidade da pectina nos diferentes produtos em que é aplicada.

Figura 2 Estruturas da Pectina



Fonte: THARANATHAN, 2003.

Os mecanismos de associação e gelificação são diferentes para os dois tipos de pectinas. As pectinas ATM apresentam predominantemente interações intermoleculares por pontes de hidrogênio e forças hidrofóbicas. A gelificação é normalmente observada em pH ácido ($< 3,5$) e na presença de altas concentrações de açúcares (Walkeström, 2003, apud Cristiane, 2010, p. 8).

As pectinas de baixo teor de metoxilas (BTM) cobrem ampla faixa de pH (2,8 a 6,0) e formam géis estáveis na ausência de açúcares, porém requerem a presença de íons bivalentes, como Ca^{+2} , o qual provoca a formação de ligações cruzadas entre as moléculas (Gliksman, 2000, apud Souza, p. 27).

Em resumo, as pectinas ATM formam géis na presença de açúcares e em meio ácido, enquanto as BTM requerem íons bivalentes como o cálcio para a gelificação, sendo eficazes mesmo em pH moderadamente ácido e com baixa ou nenhuma adição de açúcar. A pectina BTM é encontrada em produtos como geleias, doces, iogurtes, e outros alimentos onde se pretende uma textura gelificada ou estabilizada.

As aplicações mais conhecidas desta matéria-prima estão relacionadas ao seu uso como agente espessante e gelificante na produção de diversos alimentos, como geleias, sucos de frutas e produtos lácteos. No entanto, devido às suas características de biocompatibilidade, biodegradabilidade e não toxicidade, a pectina tem ganhado destaque também nas áreas farmacêutica e biotecnológica, especialmente em sistemas de liberação controlada de princípios ativos.

Além disso, o potencial da pectina para formar biofilmes naturais tem sido amplamente estudado, abrindo caminhos promissores para seu uso na fabricação de embalagens biodegradáveis e películas com propriedades antimicrobianas. Essas aplicações não apenas contribuem para a sustentabilidade ambiental, mas também representa uma alternativa segura e funcional em setores como a indústria alimentícia e biomédica, alinhando inovação tecnológica com responsabilidade ecológica.

3.4. Construção do Biofilme Amido-Pectina

3.4.1. Mecanismos de Gelificação

Para a construção do biofilme à base do amido e da pectina, faz-se necessário que ocorra mecanismos de gelificação entre as propriedades.

O processo, no caso do amido sucede, de acordo com Serrano (2005), quando ele é aquecido em água e ocorre a gelatinização, um processo irreversível. Nesse ponto, as moléculas de água adquirem energia cinética suficiente para romper as ligações de hidrogênio entre a amilose e a amilopectina. Como resultado, os grânulos de amido se intumescem (aumentam de tamanho) devido à hidratação. Com a expansão contínua, os grânulos acabam se rompendo, liberando amilose e iniciando, de fato, a gelatinização. Já a pectina, um polissacarídeo, cuja capacidade de formar gel depende do seu grau de metoxilação (GM). As pectinas com Alto Grau de

Metoxilação (AGM) gelificam em condições de pH ácido e alta concentração de açúcar, formando uma rede por meio de interações hidrofóbicas e ligações de hidrogênio. Por outro lado, as pectinas com Baixo Grau de Metoxilação (BGM), necessitam da presença de íons divalentes, como o cálcio (Ca^{2+}), que conectam as cadeias de pectina, resultando em um gel mais firme e quebradiço.

3.4.2. Agente Plastificante

Devido a rigidez presente na interação molecular da amilose, amilopectina e pectina, agentes plastificantes são responsáveis por interromper a intensidade descontrolada no processo de formação dos filmes. Esses aditivos, por terem suas moléculas reduzidas, incorporam facilmente às cadeias poliméricas, ocasionando na mutação das propriedades mecânicas, físicas e químicas.

Para melhorar as propriedades mecânicas, sensoriais, nutricionais e de proteção, muitos materiais podem ser incorporados aos filmes como os plastificantes. A influência que esse aditivo terá nas propriedades do filme, dependerá da sua concentração e da interação do aditivo com o polímero. (HAN, 2004).

Segundo Bruna et.al (2013), a adição de plastificantes, como o glicerol, aumenta a capacidade de alongamento dos filmes, tornando o material mais viável. Além disso, esse uso tem grande relevância científica, considerando a atual capacidade global de produção de glicerina vegetal. Logo, o aditivo glicerol reduz as forças intermoleculares, ascende a mobilidade das cadeias e confere a elas maior maleabilidade.

4. METODOLOGIA

4.1. Produção e extração do amido

Para agregar conhecimento ao processo de produção da película, foi necessária a extração do amido de mandioca, realizada por meio de dois procedimentos.

O primeiro procedimento teve início com a retirada das cascas da mandioca, que foram trituradas no liquidificador com água destilada. Ao coar o líquido, houve um equívoco na identificação da substância extraída, que foi confundida com celulose. Devido a esse erro, o processo foi finalizado de forma equivocada.

O segundo procedimento foi adotado como alternativa para corrigir o erro anterior. Nesse processo, as cascas foram novamente retiradas, utilizando-se desta vez apenas a mandioca com o objetivo de obter uma maior quantidade de amido. Foram pesados 300g de mandioca, que foram trituradas no liquidificador. Após a trituração, os resíduos sólidos foram filtrados, e o líquido resultante foi deixado em repouso por 2 horas. Em seguida, o sobrenadante foi descartado, e o amido depositado no fundo do béquer foi cuidadosamente coletado. O amido extraído foi então conservado em estufa por uma semana, até a obtenção de um pó solúvel e fino.

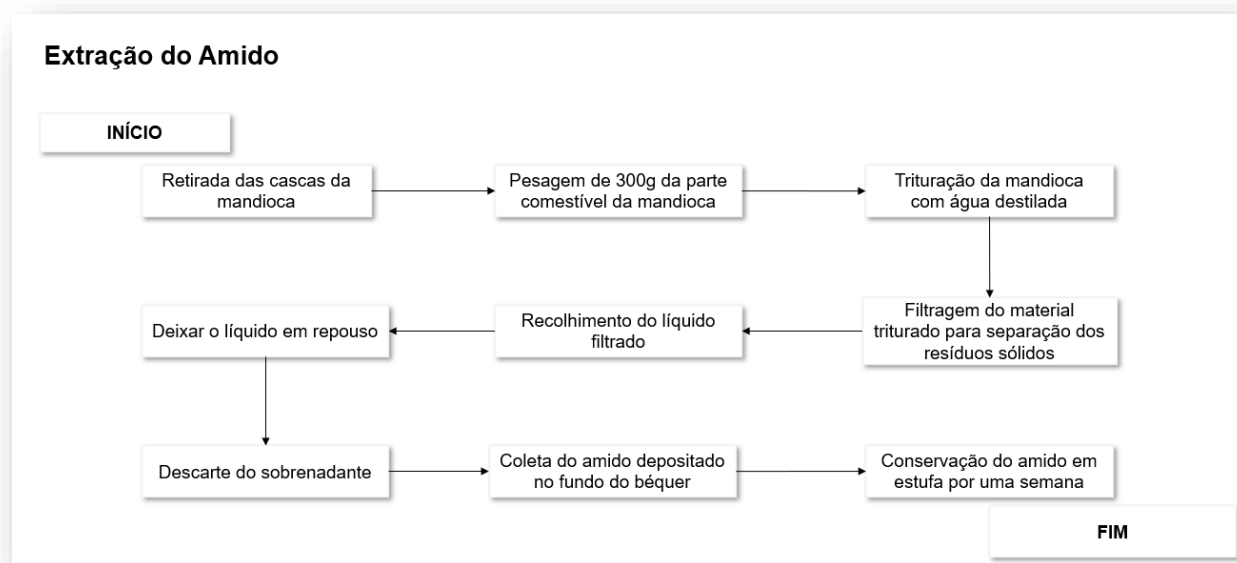
1º Procedimento (com erro):

- a)** Retirada das cascas da mandioca;
- b)** Trituração das cascas com água destilada no liquidificador;
- c)** Coagem do líquido resultante;
- d)** Substância extraída confundida com celulose;
- e)** Encerramento do procedimento com erro na identificação do composto.

2º Procedimento (corrigido):

- a)** Retirada das cascas da mandioca;
- b)** Pesagem de 300g da parte comestível da mandioca;
- c)** Trituração da mandioca com água destilada no liquidificador;
- d)** Filtragem do material triturado para separação dos resíduos sólidos;
- e)** Recolhimento do líquido filtrado;
- f)** Deixar o líquido em repouso;
- g)** Descarte do sobrenadante;
- h)** Coleta do amido depositado no fundo do béquer;
- i)** Conservação do amido em estufa por uma semana.

Figura 3 Fluxograma do processo de extração do amido



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

4.2. Extração da Pectina do Limão e da Acerola

Após o processo de produção do amido, foi realizado dois procedimentos para extração da pectina. O primeiro método se iniciou com a picagem 93g da casca do limão e, em seguida, as cascas foram aplicadas a um Becker com 175ml de água destilada junto aos 40 ml de suco de limão. A mistura foi aquecida em período de 40 minutos entre 80 e 90°C, sendo agitada ocasionalmente. Ao fim dos 40 minutos, o material aquecido foi filtrado para retirada dos resíduos sólidos, sendo conservado em uma estufa em um período de 48 horas para obter uma consistência viscosa.

O primeiro procedimento foi executado sem o controle da acidez ao adicionar o suco de limão e com falta da polpa da acerola, o que se fez necessário a repetição do teste.

O segundo método começou com a picagem de 70g da casca do limão e remoção de 96,4g da polpa da acerola, dessa forma ambos foram adicionados a um Becker com 350ml de água destilada em conjunto com o suco de limão, que foi adicionado na intenção de atingir o pH 2,99. A mistura foi aquecida em um período de 40 minutos entre 80 e 90° C, sendo agitada ocasionalmente. Ao encerrar os 40 minutos, a mistura aquecida foi filtrada para retirada dos resíduos sólidos, sendo conservada em um período de 1 semana para obtenção de uma consistência viscosa.

1º Procedimento: Sem controle de pH e sem polpa de acerola

- a) Picagem de 93g da casca do limão;

- b) Adicionou-se a um béquer com 175 ml de água destilada 40 ml de suco de limão;
- c) Aqueceu-se a mistura a 80–90°C por 40 minutos (agitação ocasional);
- d) Filtrou-se os resíduos sólidos para remoção;
- e) Conservou-se o líquido em estufa por 48 horas;
- f) Obteve-se a pectina com consistência viscosa.

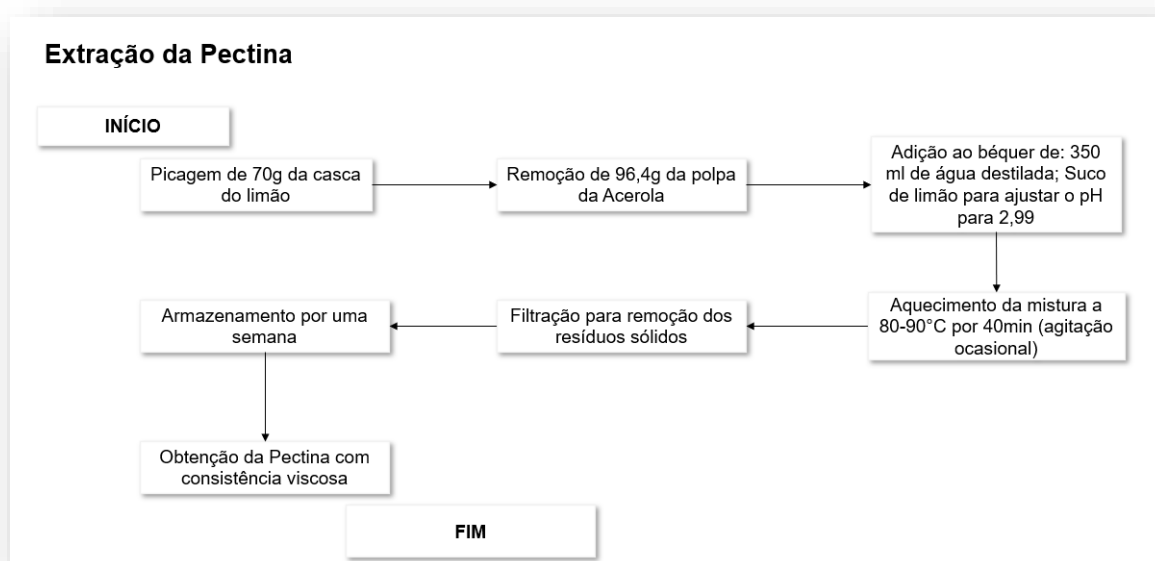
Observações:

- Sem controle da acidez (pH);
- Ausência da polpa de acerola;
- Necessidade de repetição do teste.

2º Procedimento: Com controle de pH e uso de polpa de acerola

- a) Picou-se de 70g da casca do limão;
- b) Removeu-se de 96,4g da polpa da acerola;
- c) Adicionou-se ao béquer com 350 ml de água destilada e Suco de limão para ajustar o pH para 2,99;
- d) Aqueceu-se a mistura a 80–90°C por 40 minutos (agitação ocasional);
- e) Filtrou-se para remoção dos resíduos sólidos;
- f) Armazenou-se por 1 semana;
- g) Obtenção de pectina com consistência viscosa.

Figura 4 Fluxograma do processo de extração da pectina



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

4.3. Desenvolvimento do Biofilme à Base de Amido e Pectina

Para o preparo da cobertura comestível, dissolveram-se 2 g de fécula de mandioca em 100 mL de água destilada, em um béquer. A solução foi aquecida entre 70 e 80 °C, sendo continuamente mexida até a formação de um gel homogêneo. Em seguida, adicionou-se 1 g de pectina extraída, misturando-se bem. Após isso, foram incorporados 0,5 g de glicerina como plastificante, com o objetivo de garantir maior flexibilidade à película, mantendo-se a agitação até a obtenção de uma solução completamente homogênea.

Para a aplicação da cobertura nas frutas, as tangerinas foram imersas na solução por 5 segundos. Em seguida, deixou-se o excesso escorrer, e as frutas foram colocadas em estufa por uma semana para a secagem completa. Posteriormente, avaliou-se a formação de microrganismos no miolo da tangerina, observando-se falhas na aplicação da cobertura na fruta e no ambiente que foi exposta.

No mesmo contexto, o procedimento foi repetido utilizando dois tipos diferentes de amido: a fécula de mandioca e o amido extraído durante a pesquisa. Ambos os revestimentos foram aplicados em maçãs, permitindo-se a comparação entre os efeitos dos diferentes tipos de amido na interação com a fruta.

Procedimento:

- a) Preparou-se a solução base onde dissolveu-se 2g de fécula de mandioca em 100 mL de água destilada (em béquer);
- b) Aqueceu-se entre 70 e 80 °C, mexendo continuamente até formar gel homogêneo;
- c) Para inserir os componentes, foi adicionado 1 g de pectina extraída e misturou-se bem;
- d) Adicionou-se 0,5 g de glicerol (plastificante) continuou a agitação até obter solução completamente homogênea;
- e) Aplicou-se a cobertura nas frutas (Tangerinas):
- f) Imergiu as frutas na solução por 5 segundos;
- g) Deixou-se escorrer o excesso e foi colocado em estufa por uma semana para secagem completa.

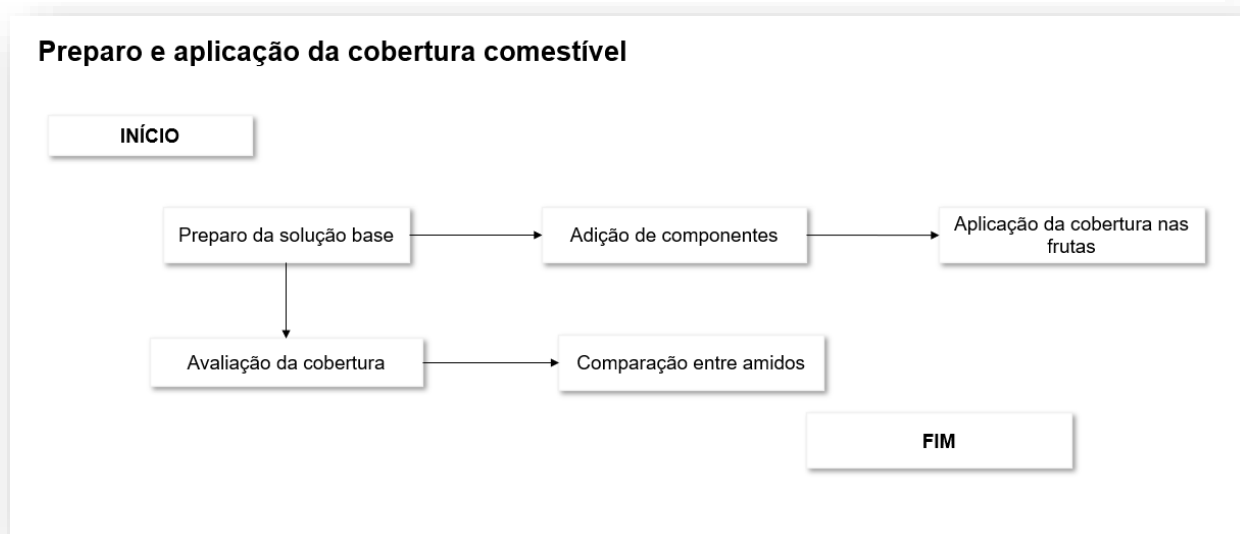
Avaliação da Cobertura:

- Observou-se a formação de microrganismos no miolo das frutas e identificou-se possíveis falhas na cobertura.

Observações:

- Repetiu-se o procedimento com dois tipos de amido: **Fécula de Mandioca** e **Amido Extraído**;
- Aplicou-se ambos os revestimentos em maçãs;
- Avaliou-se a interação e desempenho do revestimento conforme o tipo de amido.

Figura 5 Fluxograma do processo de construção do biofilme



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. 1º Extração do Amido

A primeira imagem mostra o primeiro erro da prática, onde se iniciou a partir do momento de filtragem, quando as propriedades foram extraídas de forma incorreta, extraindo celulose ao invés de amido.

Figura 7 Processo de Filtragem



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

Figura 6 Resíduo pós-filtragem (celulose)



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

Esta primeira extração foi levando o "amido" a altas temperaturas na estufa, para enfim secar-se totalmente, após seco, percebeu-se o erro anterior a partir do aconselhamento de nossos orientadores, enfim descartando o material falho.

Figura 8 Celulose após processo de secagem em estufa



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

5.2. 2º Extração do Amido

A partir da falha da primeira extração, foi realizado procedimento de forma correta. Seguindo a imagem abaixo, percebe-se que o processo de extração seria feito com a própria mandioca ao invés das cascas para maior obtenção do amido.

Figura 9 Processo de pesagem



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

Figura 10 Processo de Trituração



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

Figura 11 Pré-desidratação e Pós-desidratação



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

Com o procedimento correto, pode-se perceber a sedimentação do amido e após essa diferença ao primeiro teste demos continuidade das etapas de extração, o

amido foi filtrado e levado para desidratação na estufa por 24 horas, e em seguida pulverizado para armazenagem na placa Petri para procedimentos posteriores.

PECTINA

5.3. 1º Extração da Pectina

Na primeira extração, a prática iniciou-se a partir da homogeneização da polpa, onde ocorreu uma falha de preparo. Foi usado água corrente ao invés de água destilada. Esse erro acarretou uma substância com baixo teor de pureza, já que a água corrente contém sais minerais e microrganismos, o que implicaria na qualidade da pectina, e operando a água destilada ao invés da água corrente, que teria um maior parâmetro do controle de pH.

Em seguida do processo anterior, começou a partir da pesagem das cascas do limão e reservou 100 mililitros do próprio suco para levar a aquecimento por 40 minutos, até que se resultasse em uma substância viscosa e amarelada.

Conclui-se a prática aguardando o tempo de aquecimento e em seguida inicia-se o procedimento de filtragem, para levar a estufa e começar o processo de sedimentação. Ao final percebe-se que o erro inicial gerou vida microbiana.

5.4. 2º Extração da Pectina

Inicia-se a prática alterando o processo anterior utilizando a água destilada e incluindo a acerola na formulação, os procedimentos se mantiveram os mesmos, exceto por uma alteração, antes de iniciarmos o aquecimento verificamos o pH da solução e reajustado para o valor ideal de 2,99, por estar em pH ácido, ocorre um feito de protonação facilitando a formação de pontes de hidrogênio, efeito esse necessário para a reação de gelificação.

Ao final da prática foi descoberto que a estufa não era o lugar de armazenagem ideal, embora a pectina tenha sido sedimentada, a solução estava com odor muito forte e por não alcançar a separação correta da pectina do restante da solução, o grupo decidiu não as utilizar em procedimentos posteriores.

Observa-se que nas primeiras formulações da pectina e amido houve falhas que influenciaram na evolução do projeto, devido à falta de informações concretas e claras. Logo se entende que, para o biofilme ter eficácia, os processos das formulações anteriores requerem cuidado maior, estas práticas que influenciam nas propriedades benéficas do biofilme, que no caso é a conservação.

BIOFILME

5.5. 1º Formulação do Biofilme (Amido e Pectina industriais).

A primeira prática inicia-se com a escolha de um tipo de fruto para ser conservada pelo biofilme, que no caso foi a Citrus Reticulata Blanco (Mexerica), seguindo com o processo, mediu a quantidade necessária de água destilada e se pesou o amido e a pectina.

Figura 12 Solução Filmogênica



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

Após a formulação da solução filmogênica, iniciou-se o teste em duplicata, uma das tangerinas coberta no biofilme, e a outra usada de controle, ou seja, sem biofilme. Esse processo é utilizado para termos uma comparação entre as frutas, assim descobrindo se o biofilme é eficaz ou não.

Figura 13 Mexericas com e sem Biofilme



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

Note que a mexerica do lado esquerdo da imagem acima, aparenta um brilho devido o revestimento do biofilme, enquanto a mexerica que não contém biofilme permanece visivelmente opaca. Depois da aplicação, foi deixado em repouso na placa Petri por uma semana.

Passada uma semana notou-se o crescimento de fungo na amostra com biofilme, tornado o primeiro teste um fracasso, já a amostra de controle ocorreu apenas a maturação do fruto.

Figura 14 Mexericas após uma semana



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

Perante a observação dos procedimentos realizados, encontrou-se um erro na aplicação do biofilme, justamente na área onde ocorreu o crescimento do fungo. Devido o desconhecimento da procedência das frutas até chegar no momento de produção, o resultado foi um teste com baixa precisão.

5.6.2° Formulação e teste do Biofilme (Amido industrial e amido produzido em laboratorial).

O segundo experimento foi realizado com a troca do fruto pela Maçã (*Malus x domestica*) e a implementação de uma nova amostra de biofilme. O teste foi feito em triplicata, uma amostra com amido industrial, um com amido que foi extraído em laboratório e, por fim, uma amostra de controle.

Esse teste tem a mesma funcionalidade do anterior, observar e comparar as amostras. Buscando maiores análises dos biofilmes, os frutos foram submetidos a duas variações: temperatura ambiente no laboratório de química; baixa temperatura na geladeira do laboratório de farmácia, o que implica em um ambiente com diversos microrganismos, perante a utilização dela em atividades do próprio curso.

5.7. Testes em baixa temperatura

Figura 15 Maça controle sem biofilme (geladeira)



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

Figura 16 Maça com biofilme de amido laboratorial (geladeira)



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

Figura 17 Maça com biofilme de amido industrial (geladeira)



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

Após uma análise nas triplicatas em temperatura baixa, notou-se pontos de fungos quase impossíveis de se enxergar, sendo o teste de amido industrial com maior foco de fungos na parte interna. Deduziu-se que a maior influência de formação de

microrganismos nas maçãs, seria o lugar de armazenagem, já que era apenas dedicado a depósito de exames de cultura, por isso maior proliferação de microrganismos.

5.8. Testes em temperatura ambiente

Figura 18 Maça controle sem biofilme (ambiente)



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

Figura 19 Maça com biofilme de amido laboratorial (ambiente)



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

Figura 20 Maça com biofilme de amido industrial (ambiente)



Fonte: (Elaborada pelos próprios autores)

O teste em temperatura ambiente se demonstrou o mais promissor, já que as três amostras estavam maduras visualmente, apenas com leves tons de amarelamento, na parte interna do fruto, com tom mais evidentes na amostra de controle.

Observa-se que nas primeiras formulações do biofilme houve falhas que influenciaram na evolução do projeto, devido à falta de informações coerentes e concretas sobre os vários aspectos do biofilme como as extrações das matérias primas e sua aplicação. Logo entende-se que, para o biofilme ter eficácia, os processos das formulações anteriores requerem cuidado e observação maior, para identificar os erros, e corrigir da melhor forma possível, assim influenciam nas propriedades benéficas do biofilme, com sua conservação e textura, pode-se notar que é necessário desenvolver cada vez mais análise para o biofilme funcional e seguro, tendo todos os parâmetros físico-químico.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme aprofundado, o biofilme apresenta resultados favoráveis para a redução dos impactos ambientais atuais, substituindo recursos não renováveis e possibilitando o uso de diversas matérias-primas. Nesse contexto, sua aplicação como película em frutas tem como finalidade atuar como agente de conservação, prolongando o tempo útil dos frutos durante a comercialização e o transporte. Visando aplicar esses benefícios, o uso de amido e pectina revelou métodos eficazes que auxiliam na melhoria nutricional, sensorial e de proteção das frutas. O glicerol, normalmente utilizado como plastificante, contribuiu para a formação de uma barreira promissora e consistente, permitindo a interação molecular necessária para a formação do biofilme.

Com esse enfoque, o estudo teórico fundamentou a pesquisa prática. As extrações realizadas desempenharam um papel crucial no aprendizado sobre o processo de formação do biofilme, com destaque para a viscosidade e a obtenção de uma estrutura flexível, fator importante para aplicações em grande escala na indústria. As frutas revestidas com a solução apresentaram resultados parciais: algumas demonstraram falhas, possivelmente devido ao ambiente em que foram expostas, enquanto outras apresentaram menor desidratação e oxidação ao longo de uma semana. Isso indica um potencial relevante para prolongar a durabilidade e preservar as características sensoriais dos frutos.

Dada essa relevância, o procedimento trouxe evidências consistentes sobre a influência do amido e da pectina na formação do biofilme, demonstrando que sua aplicação é benéfica e necessária no contexto atual. Acredita-se que haja potencial para investimentos futuros em testes físico-químicos e degustativos com frutas revestidas pela película, aprofundando os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIERHALZ, Andréa Cristiane Krause. **Confecção e caracterização de biofilmes ativos à base de pectina BTM e pectina BTM/alginato reticulados com cálcio**. 2010. Tese de Doutorado. [sn].

BRASIL **desperdiça 30% da produção nacional de frutas por ano**. Jornal Nacional, 28 jun. 2015. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/06/brasil-desperdica-30-da-producao-nacional-de-frutas-por-ano.html>. Acesso em: 5 nov. 2024.

BIOPOLÍMERO **é uma alternativa viável para indústrias**. Mundo do Plástico. Disponível em: <https://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br/artigos/biopolimero-e-uma-alternativa-viavel-para-industrias/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

CANTERI, Maria Helene Giovanetti. **Caracterização comparativa entre pectinas extraídas do pericarpo de maracujá-amarelo (Passiflora edulis F. flavicarpa)**. 2010. Tese de Doutorado. Université d'Avignon; Universidade Federal do Paraná (Brésil).

FAKHOURI, Farayde Matta; FONTES, Luciana Cristina Brigatto; GONÇALVES, Priscila Vieira de Macedo; MILANEZ, Cibele Rufato; STEEL, Caroline Joy; COLLARES-QUEIROZ, Fernanda Paula. **Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 27, n. 2, p. 369-375, abr.-jun. 2007.

FERREIRA, Daniela Souza et al. **Compostos bioativos em amora-preta e encapsulação do seu extrato antocianico por gelificação termica com curdlana**. 2008. Tese de Doutorado. State University of Campinas.

HAN, C.; ZHAO, Y., LEONARD, S.W., TRABER, M.G. **Edible coating stoimprovestorability and enhance nutritional value of fresh and frozenstrawberries**(Fragaria × 100 ananassa) and raspberries (Rubus ideaus). Postharvest Biologyand Technology, v. 33, p.67-78, 2004.

HORN, M. M. **Blendas e filmes de quitosana/amido de milho**: Estudo da influência de adição de polióis, oxidação do amido e razão amilose/amilopectina nas suas propriedades. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. 147 f.

HOURET, D., MULLER, G. **Solution properties of pectin polysaccharides III, Molecular size of heterogeneous pectin chains**. Calibration and application of SEC to pectin analysis. Carbohydrate Polymers, 1991.

JACOBS et al. **Produção e caracterização de biofilmes de amido incorporados com polpa de acerola**. Revista Iberoamericana de Polímeros, v. 21, n. 3, p. 107-119, jul. 2020. Disponível em: <https://reviberpol.org/wp-content/uploads/2020/07/2020-21-3-107-119-jacobs.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2025.

KESTER, J. J., FENNEMA, O. R. **Edible films and coatings: a review.** *Food Technology*, v. 40, n.12, p.47-59, 1986.

MACHADO, Bruna AS et al. **Obtenção de nanocelulose da fibra de coco verde e incorporação em filmes biodegradáveis de amido plastificados com glicerol.** *Química Nova*, v. 37, p. 1275-1282, 2014.

PNUMA. **Relatório da ONU sobre poluição plástica alerta sobre falsas soluções e confirma necessidade de ação global urgente.** Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/relatorio-da-onu-sobre-poluicao-plastica-alerta-sobre>. Acesso em: 25 mar. 2025.

REIS, Elisa. **Números globais de fome subiram para cerca de 828 milhões em 2021.** *The State of Food Security and Nutrition in the World (Sofi)* [Situação da Segurança Alimentar e Nutricional no Mundo], 06 jul. 2022. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/relatorio-da-onu-numeros-globais-de-fome-subiram-para-cerca-de-828-milhoes-em-2021>. Acesso em: 25 mar. 2025.

SERRANO, P.; FRANCO. **Modificação Hidrotérmica (“Annealing”) e Hidrólise Enzimática do Amido de Mandioca.** *Brazilian Journal of food Technology*, v. 8, n. 3, p. 220-232, jul./set. 2005.

SOUZA, Patrycia de. **Desenvolvimento e caracterização de biofilme a base de pectina, amido e sorbitol.** 2021. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2021.

SOUSA, Thais. **Startup cria embalagem de mandioca que se torna adubo.** ANBA. Disponível em: <https://anba.com.br/startup-cria-embalagem-de-mandioca-que-se-torna-adubo/>. Acesso em: 5 nov. 2024.

THARANATHAN, R. N. **Biodegradable films and composite coatings: past, present and future.** *Trends in Food Science & Technology*. 2003.