



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL - CENTRO
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA

ALINE MARCHESAN BORTOLINI
EMANUELLI BARCELOS DE OLIVEIRA RODRIGUES
ISABELA MORAES BERNARDO
LETÍCIA RÜCKERT MUELLER
MARIA FERNANDA SAVALLISCH
YASMIN AYA INONE UEHARA

**INFLUÊNCIA DAS EMBALAGENS FEITAS A PARTIR DO AMIDO NO PROCESSO
DE OXIDAÇÃO DOS LIPÍDIOS DA MANTEIGA**

Jaraguá do Sul
2025

ALINE MARCHESAN BORTOLINI
EMANUELLI BARCELOS DE OLIVEIRA RODRIGUES
ISABELA MORAES BERNARDO
LETÍCIA RÜCKERT MUELLER
MARIA FERNANDA SAVALLISCH
YASMIN AYA INONE UEHARA

**INFLUÊNCIA DAS EMBALAGENS FEITAS A PARTIR DO AMIDO NO PROCESSO
DE OXIDAÇÃO DOS LIPÍDIOS DA MANTEIGA**

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo formativo diversificado “Conectando Saberes” do Curso Técnico em Química do Instituto Federal Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul - Centro.
Orientadora: Patricia Akemi Tuzimoto
Coordenador de fase: Elder Leopoldino

Jaraguá do Sul
2025

SUMÁRIO

1 TEMA.....	5
2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	5
3 PROBLEMA.....	5
4 HIPÓTESES.....	5
5 OBJETIVO GERAL.....	5
5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
6 JUSTIFICATIVA.....	6
7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
7.1 AMIDO PRESENTE EM ALIMENTOS E SUAS DIFERENÇA.....	7
7.2 MANTEIGA.....	9
7.3 OXIDAÇÃO DOS LIPÍDIOS PRESENTES NA MANTEIGA.....	10
7.4 ANTIOXIDANTES.....	11
7.4.1 Antioxidantes aplicados em embalagens ativas.....	12
7.5 EMBALAGENS ATIVAS PARA ALIMENTOS.....	13
8 METODOLOGIA.....	16
8.1 CARACTERIZAR O AMIDO E A MANTEIGA POR IV.....	17
8.2 PREPARAÇÃO DOS FILMES DE AMIDO DE MILHO.....	17
8.3 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES POR INCHAÇO, TRAÇÃO E UMIDADE.....	18
8.4 OXIDAÇÃO DOS LIPÍDIOS DA MANTEIGA.....	19
8.5 QUANTIFICAÇÃO DA OXIDAÇÃO DA MANTEIGA.....	19
9 CRONOGRAMA.....	21
REFERÊNCIAS.....	22

1 TEMA

Influência das embalagens no processo de oxidação de lipídios.

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Analisar como as embalagens feitas a partir do amido de milho influenciam na oxidação dos lipídios da manteiga.

3 PROBLEMA

A oxidação lipídica é um dos principais fatores comprometedores da qualidade da manteiga, levando a rancificação e perda de suas propriedades. As embalagens biodegradáveis, em nosso caso, produzidas com o amido de milho, têm ganhado destaque como alternativa sustentável para o meio ambiente. Ainda assim, a interação dessas embalagens com os produtos perecíveis requer estudos, pois características como presença de calor (temperatura e luz), micro-organismos, enzimas e insaturação dos ácidos graxos podem influenciar diretamente no processo oxidativo.

Diante do mencionado, surge a questão: Como embalagens biodegradáveis de amido de milho influenciam na oxidação lipídica da manteiga?

4 HIPÓTESES

- A manteiga oxida de forma mais rápida quando armazenada em embalagens feitas a partir amido;
- O contato direto da manteiga com o filme de amido de milho influencia negativamente na oxidação da manteiga;
- A manteiga interage com a embalagem feita de amido degradando-a;
- O armazenamento da manteiga embalada em filme de amido de milho em um refrigerador apresenta melhores resultados em sua conservação.

5 OBJETIVO GERAL

- Produzir embalagens a partir do amido de milho e estudar a sua influência na oxidação de lipídios presentes na manteiga.

5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adquirir e caracterizar o amido de milho e a manteiga comerciais por meio de espectroscopia de absorção no infravermelho (IV);
- Preparar filmes de amido de milho com glicerol e ácido acético, assim como, com a adição do antioxidante (ácido ascórbico);
- Caracterizar os filmes produzidos através de espectroscopia de absorção no Infravermelho e resistência à tração;
- Caracterizar os filmes produzidos a partir da determinação do teor de umidade;
- Quantificar a oxidação da gordura da manteiga por meio de titulação e medir a acidez através da reação com solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH);
- Analisar o processo de oxidação em manteigas de diferentes qualidades (extra e segunda qualidade) através de medidas de absorção no infravermelho (IV);
- Estudar a influência dos filmes de amido de milho, dos filmes com antioxidante, dos filmes de PVC e da ausência de filmes no processo de oxidação das diferentes manteigas através das medidas de absorção feitas no infravermelho (IV).

6 JUSTIFICATIVA

Os alimentos lipídicos possuem diversas características organolépticas, podendo apresentar variações no seu aroma, coloração, textura, estabilidade das proteínas, vida de prateleira sob refrigeração e seu conteúdo calórico. Segundo Kanner (1994), fatores como irradiação ou fontes elevadas de energia, como a radiação ultravioleta utilizada na sanitização, pelo micro-ondas ou até mesmo enzimas, são responsáveis pelo rompimento da barreira eletroquímica entre as moléculas de ácidos graxos insaturados e oxigênio, formando os iniciadores da oxidação lipídica.

A oxidação lipídica ocorre com o início da interação entre o oxigênio e o ácido graxo insaturado. Desse modo, a reação acaba apenas quando as reservas de ácidos graxos e oxigênio terminam. Como resultado da etapa de terminação

obtém-se produtos estáveis e pouco reativos, podendo-se observar principalmente a presença de derivados da decomposição de hidroperóxidos como álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres e outras funções oxigenadas, além da formação de produtos com elevada massa molecular (Sevanian; Hochstein, 1985 *apud* Ferrari, 1998; Kanner, 1994).

Portanto, observa-se que o processo de oxidação, principalmente em alimentos lipídicos como a manteiga, pode ser um interessante objeto de estudo, já que a oxidação é um processo natural e pode ser retardado por meio da conservação adequada. Desse modo, serão analisadas as propriedades das embalagens feitas a partir de amido de milho que agem sobre os fatores que influenciam na oxidação da manteiga, buscando compreender como esses aspectos sensoriais desagradáveis são desencadeados em decorrência da oxidação e como podem ser evitados, assim como, compreender se os filmes produzidos com amido de milho serão eficientes em relação à conservação do alimento e sua durabilidade.

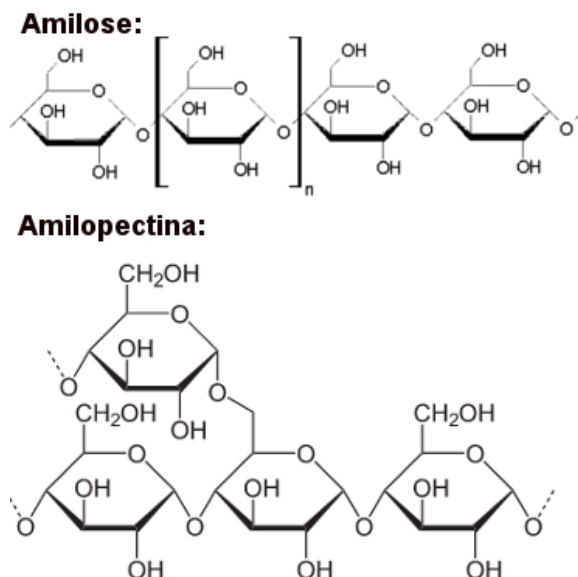
7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A manteiga, alimento rico em lipídios (também chamado de glicerídeo), é uma gordura de origem animal derivada do leite de vaca, rico em gordura na forma de emulsão de água. A presença de água em excesso pode ser o principal agente decompositor da manteiga, pois desencadeia os processos hidrolíticos onde podem se criar diversos micro-organismos que alteram suas características. A oxidação desse alimento gera compostos, como os da classe dos aldeídos, que trazem sabor rançoso e odor desagradável (Zambiasi, 2006 *apud* Berticelli; Motta, 2011).

7.1 AMIDO PRESENTE EM ALIMENTOS E SUAS DIFERENÇA

O amido é um polissacarídeo de reserva energética amplamente presente em plantas, especialmente em raízes, sementes e tubérculos. É formado por duas macromoléculas de glicose: a amilose, de estrutura linear, e a amilopectina, com estrutura ramificada.

Figura 1 - Representação da Amilose e da Amilopectina.



Fonte: LUÍS et al. (2017)

A proporção entre essas frações varia conforme a origem vegetal e afeta propriedades como solubilidade, comportamento térmico e capacidade de formar géis. Amidos com mais amilopectina tendem a formar pastas mais viscosas e géis estáveis, enquanto os ricos em amilose resultam em produtos mais firmes, porém mais suscetíveis à retrogradação, ou seja, uma recristalização mais rápida da amilase e uma mais lenta do amilopectina após o resfriamento (Camargo, Leone e Costa, 2006).

Compreender os tipos e funções do amido é fundamental para aplicações em alimentos, embalagens biodegradáveis e fármacos. O amido de milho é um polímero semicristalino composto de amilose e amilopectina, cuja proporção determina a rigidez e a barreira à umidade dos filmes. Na gelatinização, os grânulos incham, perdem birrefringência e liberam amilose, formando uma rede de gel ao resfriar. A amilopectina ramificada, reforça a estabilidade térmica e reduz a retrogradação, enquanto a amilose cristaliza rápido, dando firmeza. Já o amido waxy¹, que apresenta maior concentração de amilopectina, apresenta maior estabilidade e menor retrogradação, mas requer plastificantes ou polímeros para melhorar sua resistência à umidade em embalagens (Luchase, 2018).¹

¹ Amido Waxy - Amido com alta concentração de amilopectina e baixo teor de amilose.

7.2 MANTEIGA

A manteiga, de acordo com Salinas (2002, p. 112), pode ser definida como “produto gorduroso obtido exclusivamente por batadura e amassadura, com ou sem modificação biológica do creme pasteurizado, derivado exclusivamente do leite de vaca por processos tecnologicamente adequados”. A matéria gordurosa da manteiga deve ser composta preferencialmente de gordura láctea, selecionada de maneira extremamente rigorosa para que não haja a presença de quaisquer propriedades organolépticas desagradáveis, as quais são influenciadas diretamente pela alimentação do animal e são muito perceptíveis por serem solubilizadas pela gordura do leite (Salinas, 2002).

A manteiga é composta por lipídios, que são caracterizados por sua insolubilidade em água e por serem solúveis em solventes orgânicos. Este composto lipídico pode ser classificado em ordens de qualidade, sendo elas: A manteiga Extra, sendo considerada de melhor qualidade, Manteiga de Primeira Qualidade e Manteiga Comum ou chamada de manteiga de segunda qualidade (Salinas, 2002).

A Manteiga Extra atende a todas exigências estabelecidas pela legislação vigente, por isso pode ser considerada a manteiga de melhor qualidade em comparação às outras. Entre estas exigências se encontram fatores como: disponibilidade de um ambiente qualificado e equipado especialmente para a produção do produto, ser embalada pela própria fábrica, não possuir corantes adicionados em sua composição, acidez de 2 mL de soluto alcalino normal em 100 g, além de apresentar apenas 2% de cloreto de sódio (Brasil, 1996).

A considerada Manteiga de Primeira Qualidade se encontra na classe II, pouco inferior à anterior. Essa classificação permite ter em sua composição a adição de corantes vegetais próprios, apresentar no máximo acidez de 3 mL do soluto alcalino normal em 100 g de matéria gorda na fábrica, tolerando-se 5 mL no consumo e apresentar 1,5 % de insolúveis e 2,5 % de cloreto de sódio (Brasil, 1996).

Já a Manteiga Comum ou a chamada manteiga Segunda Qualidade, pode apresentar no máximo acidez de 5 mL de soluto alcalino normal em 100 g de matéria-prima gorda na fábrica, tolerando-se 8 mL no consumo; 2% de insolúveis e 3% de cloreto de sódio. A manteiga, em geral, deve ter seu aspecto homogêneo, brilhante, ser sólido ou cremoso em ambientes de 20 °C, não possuir manchas,

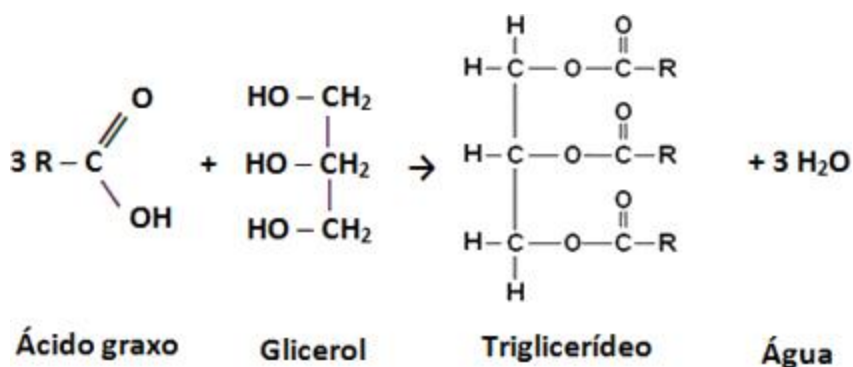
sabor suave e característico, além de seu aroma sem nenhum odor não característico e sabor estranho (Brasil, 1996).

7.3 OXIDAÇÃO DOS LIPÍDIOS PRESENTES NA MANTEIGA

A oxidação dos lipídios desencadeia diversas mudanças nos alimentos, como na cor, no sabor, no odor e na textura, que muitas vezes são desagradáveis para as pessoas que o consomem. As alterações podem ocorrer devido à forma como o produto foi armazenado, distribuído ou processado (Maia, 2020). Os principais fatores que influenciam nesse processo de oxidação são a presença de calor (temperatura e luz), micro-organismos, enzimas e insaturação dos ácidos graxos. Essas oxidações são chamadas tanto de auto-oxidação, quanto de rancificação, na qual o processo pode ser do tipo oxidativos ou hidrolítico (Carvalho, 2011).

O processo hidrolítico pode acontecer por meio da lipase, ou seja, enzimas, calor, umidade ou por agentes químicos (ácidos e bases). Esses fatores a hidrolisam, quebrando as ligações carbono e oxigênio dos ésteres da gordura por meio da água, que liberam ácidos graxos livres dos triglicerídeos, que aumentam a acidez do alimento, afetando de forma majoritariamente negativa a qualidade do alimento (Carvalho, 2011; Maia, 2020; Vaz, 2015).

Figura 2 - Processo de formação do triglicerídeo.



Fonte: Jennifer Rocha Vargas Fogaça.

A manteiga, por ser um alimento lácteo, classe de produtos que naturalmente possui enzimas, acabam sendo suscetíveis aos processos hidrolíticos. As lipases estão envoltas por uma camada de proteína, como a caseína no leite. Quando deixamos o leite fora da geladeira e ele coalha de forma natural, ou seja, não há

adição de algum ácido como o limão, o ácido lático foi o responsável pela separação da caseína das enzimas (Camisa, 2011).

Essa envoltura da proteína previne o contato direto com a gordura. Quando a proteção é quebrada (por temperatura, agitação ou agentes químicos) ocorre o processo de hidrólise. Na manteiga as lipases produzem o ácido butírico, que aparecem como odor indesejável e sabor rançoso. (Maia, 2020; Vaz, 2015).

O processo de oxidação é o mais importante entre as relações de deterioração que acontecem em produtos ricos em lipídios. Essas reações acarretam em formações de compostos como aldeídos, ácidos, álcoois e hidrocarbonetos que são um dos responsáveis pelo sabor e odor ruim, como o ranço, que prejudica a qualidade do alimento. Por ser um fenômeno espontâneo e inevitável, pode ser chamado de auto-oxidativo, esse processo pode ser associado à perda de cor, de nutrição e mudança na textura do alimento (Vaz, 2015).

A oxidação enzimática, segundo Romani, Guimarães e Soares (2017, p. 41) “ocorre pela ação de enzimas lipoxigenases que atuam sobre os ácidos graxos poli-insaturados, catalisando a adição de oxigênio à cadeia hidrocarbonada poli-insaturada”, com isso, formam-se peróxidos e hidroperóxidos.

As consequências da oxidação dos alimentos são muitas e acabam sendo prejudiciais para as empresas, mercados e consumidores, por isso, o uso de antioxidantes nas indústrias é necessário, além de garantir estabilidade dos alimentos, aumentando sua vida útil, mantendo o seu valor nutricional, evitando a oxidação (Maia, 2020).

7.4 ANTIOXIDANTES

Segundo a ANVISA (Dossiê Antioxidantes, 2009), antioxidante é a substância que retarda o aparecimento de alterações oxidativas nos alimentos, ou seja, são substâncias químicas utilizadas para preservação de alimentos mediante o retardamento de sua deterioração e rancidez, algo decorrente da sua oxidação. De acordo com Romani (*apud* Bailey, 1996, p. 43), “Os antioxidantes podem ser classificados em primários, sinergistas, removedores de oxigênio, biológicos, agentes quelantes e antioxidantes mistos”.

Segundo Carochi (2018), alimentos que contenham grande quantidade de ácidos graxos insaturados, são os mais suscetíveis a reações de oxidação, sendo estas a fotoxidação, a oxidação enzimática e a auto-oxidação (Romani *et al.*, 2017). Embora a manteiga tradicional, feita de creme de leite, tenha maiores quantidades de ácidos graxos saturados, também possui uma considerável quantidade de ácidos graxos insaturados.

Os antioxidantes primários são compostos fenólicos que promovem a remoção e inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da oxidação, interrompendo a reação em cadeia da mesma, através da doação de átomos de hidrogênio à essas moléculas (Romani *et al.*, 2017). Antioxidantes sinergistas são substâncias com pouca atividade antioxidante, que tendem a aumentar a atividade dos antioxidantes primários (Serrano, 2020). Os antioxidantes sinergistas aumentam a atividade de outros apenas quando aplicados de forma correta.

Já os removedores de oxigênio, segundo Ramalho e Jorge (2006, p. 756) “são compostos que atuam capturando o oxigênio presente no meio, através de reações químicas estáveis tornando-os, conseqüentemente, indisponíveis para atuarem como propagadores da autooxidação”. Segundo Ramalho e Jorge (2006) os antioxidantes biológicos são várias enzimas que podem remover oxigênio ou compostos reativos dos alimentos. Serrano (2020) afirma que os antioxidantes mistos são uma mistura de diferentes compostos, que incluem antioxidantes extraídos apenas de plantas e animais.

Segundo Romani *et al.* (2017), os antioxidantes sintéticos são os mais utilizados, principalmente o butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), terc-butilhidroquinona (TBHQ) e propilgalato (PG), que fazem parte dos antioxidantes primários. Estes antioxidantes são eficientes em diminuir a propagação da reação de oxidação, porém são voláteis em altas temperaturas.

7.4.1 Antioxidantes aplicados em embalagens ativas

Uma pesquisa científica publicada por Almada *et al.* (2022), afirma que embalagens bioativas com ação antioxidante auxiliam na manutenção das características sensoriais e nutricionais dos alimentos com alto teor lipídico. “Neste

cenário, as indústrias de alimentos buscam contornar esses problemas a partir de diversas estratégias como, por exemplo, a utilização de embalagens ativas incorporadas com substâncias com propriedades antioxidantes” (Almada *et al.*, 2022).

Almada *et al.* (2022) afirma que as embalagens de alimentos são estratégias decisivas na vantagem competitiva dentro da indústria de alimentos, correspondendo a expectativa dos consumidores, como o recente anseio por uma vida mais saudável, buscando na grande maioria das vezes, produtos mais próximos ao natural, contendo o menor ou nenhum teor de conservantes sintéticos. Então, novas aplicações estão sendo criadas adicionadas às embalagens tradicionais, como a introdução do conceito de embalagens ativas. O termo foi apresentado pela primeira vez em 1989, por Labuza e Breene.

Outro artigo publicado em agosto de 2009, por Soares *et al.* descreve como as embalagens exercem um papel indispensável para a conservação dos alimentos. O estudo foca principalmente nas novas tecnologias das embalagens ativas, já que estas, além de melhorar a vida útil dos produtos, principalmente os de alto teor lipídico, se destacam no desenvolvimento sustentável (Soares, 2009)

Segundo Vermeiren *et al.* (*apud* Soares *et al.*, 2009), o sistema das embalagens antioxidantes consiste na incorporação de substâncias antioxidantes em filmes plásticos, de onde serão liberadas para proteger os alimentos da degradação oxidativa, inibindo as reações de oxidação ao reagirem com radicais livres e peróxidos, resultando assim, na extensão da sua validade.

O artigo anterior cita um estudo evidenciando essa tecnologia, informando que esta já vêm sendo utilizada pelas indústrias de cereais dos Estados Unidos da América para a preservação de cereais matinais, produtos que o desenvolvimento de rancidez limita sua vida de prateleira, afirmam Labuza e Breene em 1989. Outro estudo citado foi o de Herald *et al.*, em que foi avaliado o grau de oxidação lipídica do peru cozido embalado em filmes à base de proteína de milho incorporados com butilhidroxianisol (BHA), tendo menores teores deste produto da oxidação nas amostras mantidas na presença do antioxidante.

7.5 EMBALAGENS ATIVAS PARA ALIMENTOS

A indústria alimentícia está em constante desenvolvimento todos os dias, segundo Bittencourt *et al.* (2020, p. 219) “o mercado atual requer o desenvolvimento de embalagens para assegurar uma vida de prateleira adequada ao produto, as quais além de servirem como meio de acondicionamento, possuam atividades adicionais benéficas ao produto e aos consumidores” de uma maneira geral as embalagens são feitas para proteger o alimento do contato com o meio ambiente e conservá-lo durante as etapas de venda até a chegada do produto para o consumidor.

Embalagens tradicionais buscam manter o alimento protegido contra qualquer interferência do meio ambiente, qualquer possível contato com micro-organismos, conservar e proteger o alimento de questões físicas, químicas e biológicas, além de comunicar e ser conveniente para o consumidor. No entanto, atualmente vêm se destacando estudos e desenvolvimentos de embalagens ativas (Braga; Silva, 2017).

As embalagens ativas vêm revolucionando a indústria, elas têm a função de ter uma interação com o alimento, sendo uma interação positiva e planejada. Possuem aditivos que interagem com o alimento de uma maneira desejada, acumulando funções e trazendo benefícios para o alimento conservado (Braga; Silva, 2017).

Atualmente existem diferentes tipos de embalagens ativas, que possuem diferentes ações no alimento a qual estão preservando. De acordo com Cunha (2007 *apud* Bittencourt *et al.*, 2020) algumas embalagens possuem a capacidade de absorção de compostos que favorecem a deterioração, outras agem liberando compostos que aumentam a vida de prateleira e podem ser usadas para monitorar os alimentos durante o armazenamento.

Podem ser classificadas então pelos tipos de sistemas: emissores e os absorvedores. Os sistemas emissores, são aqueles que são incorporados com algum ativo que será liberado gradativamente no alimento trazendo algum benefício, como por exemplo embalagens com antimicrobianos ou conservantes (Braga; Silva, 2017). Já os sistemas absorvedores são aqueles que têm o intuito de remover qualquer composto indesejado presentes no interior da embalagem, como por exemplo o oxigênio que está associado a diversas maneiras de deterioração do

alimento (Braga; Silva, 2017).

Sendo assim, diferentemente das embalagens tradicionais, essas embalagens modificam o ambiente interno, seja reduzindo a presença de oxigênio, regulando a umidade ou liberando agentes antimicrobianos para garantir a melhor preservação do alimento (Barbosa; Korzenowski, 2018 *apud* Sousa, 2025). Segundo Bittencourt *et al.* (2020), pode-se mencionar que algumas das aplicações são os absorvedores de oxigênio, filmes antimicrobianos e reguladores de umidade.

Os absorvedores de oxigênio, por sua vez, foram idealizados a partir de outros métodos de diminuição da quantidade de oxigênio do interior de uma embalagem, sendo os mais conhecidos, o vácuo e as substituições de ar por gases inertes. No entanto, de acordo com Cruz *et al.* (2005) essas técnicas resultam em uma remoção incompleta do O_2 que, com o tempo, consegue entrar na embalagem novamente. Isso ocorre, especialmente em alimentos porosos, estes que possuem espaços vazios em sua estrutura, permitindo a absorção de líquidos, gases e outros materiais com mais facilidade.

Desse modo, atualmente, os absorvedores de oxigênio contêm substâncias que reagem quimicamente com O_2 , como compostos à base de ferro, enzimas e ácidos orgânicos, são embalados em material permeável, geralmente como sachês ou em forma de filmes absorvedores de O_2 . Dentre os ácidos orgânicos, pode-se destacar o ácido ascórbico, mais conhecido como vitamina C.

Conforme Andressa Ferreira Mendonça (2012) este composto transforma-se espontaneamente em ácido dehidroascórbico (forma oxidada do ácido ascórbico), atingindo um equilíbrio químico. Sua molécula apresenta quatro grupos hidroxilas (-OH) que interagem entre si por ligações de hidrogênio. Esses grupos hidroxilas são pontos onde a molécula pode facilmente ceder elétrons e prótons (H^+) ao oxigênio. Essa doação de elétrons e prótons (H^+) transforma o ácido ascórbico em sua forma oxidada, o ácido dehidroascórbico, e ao mesmo tempo neutraliza o oxigênio, removendo-o do ambiente da embalagem e protegendo outras moléculas da oxidação.

Outra abordagem importante para aumentar a vida útil dos alimentos é a inibição do crescimento microbiano. Nesse sentido, embalagens ativas feitas a partir dos agentes antimicrobianos “Têm por objetivo reduzir, inibir ou retardar o

crescimento de micro-organismos na superfície destes alimentos” (Appendini; Hotchkiss, 1997 *apud* Bittencourt *et al*, 2020, p. 221). Portanto, esses compostos podem ser ácidos, anidridos e sais orgânicos, como ácidos benzóico e sórbico, sorbatos, propionatos, anidrido sórbico e enzimas como lisozima e nisina; entre outros.

Conforme Sarantópoulos e Moraes (2009, p. 5-6):

A atividade do agente antimicrobiano, geralmente, está relacionada a alterações na membrana celular, inativação de enzimas essenciais ou destruição ou inativação do material genético. Os agentes podem ter ação bactericida ou bacteriostática e, neste caso, para se preservar a ação antimicrobiana, a concentração do agente deve ser mantida acima do mínimo necessário para inibir o crescimento do micro-organismo alvo, durante toda a vida útil do produto.

No entanto, inúmeros fatores podem afetar o desempenho da embalagem com agente antimicrobiano, tendo em vista que os agentes antimicrobianos apresentam diferentes mecanismos de ação, a mistura de compostos pode aumentar a atividade por meio de uma sinergia entre eles. Fatores como atividade e resistência dos micro-organismos, mecanismo e controle de liberação e outros devem ser considerados no desenvolvimento e especificação de embalagens ativas (Han 2003 *apud* Sarantópoulos; Moraes, 2009). Sendo assim, pode-se considerar que o uso de embalagens ativas com ação antimicrobiana tem eficiência, pois apresentam migração lenta do agente antimicrobiano para o alimento. (Bittencourt *et al.*, 2020).

Em contrapartida, com o objetivo de prevenir o transporte de umidade e estabelecer a umidade relativa do ar desejada no espaço livre da embalagem, Azeredo (2012 *apud* Bittencourt *et al.*, 2020) afirma que pode-se realizar a incorporação de substâncias com ação umectante entre duas camadas de um filme plástico, sendo o externo de baixa permeabilidade e o interno de alta permeabilidade à umidade. Outra estratégia utilizada, é o uso de sachês contendo compostos dessecantes como álcool, propilenoglicol e carboidratos.

Neste sentido, atualmente utiliza-se sachês compostos de polpa de celulose, amido, dentre outros carboidratos, os quais atuam na retenção do exsudado liberado. Estes compostos ainda podem ter sua atividade potencializada quando se combina seu poder de absorção de umidade com um agente antimicrobiano,

diminuindo assim as perdas por deterioração microbiana (Azeredo, 2012 *apud* Bittencourt *et al.*, 2020, p. 223).

8 METODOLOGIA

Para que seja possível atingir os objetivos do trabalho, a metodologia foi estruturada em etapas: a caracterização do amido e da manteiga por Infravermelho, preparação dos filmes, caracterização físico-químicas dos filmes e, por fim, a determinação da oxidação dos lipídios da manteiga. Cada uma dessas etapas será detalhada a seguir.

8.1 CARACTERIZAR O AMIDO E A MANTEIGA POR IV

A metodologia utilizada para a caracterização do amido de milho e da manteiga foi adaptada do trabalho de Pereira *et al.* (2023). Diante disso, pequenas amostras do amido de milho e da manteiga (ambos obtidos comercialmente) serão coletadas e analisadas por espectroscopia na região do infravermelho (frequência de 4000 a 400 cm^{-1}). Desse modo, as amostras selecionadas serão inseridas em pequena quantidade diretamente na área de leitura do equipamento e serão realizadas 16 varreduras para cada amostra.

O teste será executado utilizando o espectrofotômetro com transformada de Fourier por Reflectância Total Atenuada (FTIR-UATR) do Instituto Federal de Santa Catarina, campus Jaraguá do Sul - Centro.

8.2 PREPARAÇÃO DOS FILMES DE AMIDO DE MILHO

Será utilizado amido de milho comercial, glicerol, ácido acético e água destilada para a preparação da formulação do filme. O conteúdo aparente de amilose do amido de milho, usado como matéria-prima para o preparo dos filmes, será determinado usando o ensaio de ligação de amilose a partir de 0,10 g de amido de milho sendo tratado com etanol (95%) e hidróxido de sódio (NaOH) em uma proporção de 1:9, totalizando 10 mL. A solução será colocada em banho-maria por aproximadamente 10 minutos e resfriada a temperatura ambiente; o volume total da solução será posteriormente completado para 100 mL com água destilada. A 5 mL dessa solução, 1 mL de ácido acético e 2 mL de solução de iodo, adicionados

seguidos da incubação à temperatura de 28-30 °C por 20 minutos. A absorvância do complexo resultante de cor azul será medida a 620 nm usando um espectrofotômetro UV-Visível, conforme mostrado na figura 1 (Pooja *et al.*, 2024).

Para a preparação dos filmes de amido de milho, será adicionado em um béquer de 250 mL, 5,00 g de amido de milho, 85 mL de água, 1,5 mL de glicerol e 5 mL de ácido acético com concentração de 5%. Os reagentes serão misturados e levados a uma chapa de aquecimento até o material começar a ficar espesso. Logo após, a mistura será espalhada em uma superfície plana para a secagem e formação do plástico biodegradável de amido, como mostrado na figura 1 (Mesquita; Siqueira e Maia, 2024). O processo será repetido com as mesmas quantidades e com o acréscimo de 0,50 g de ácido ascórbico como antioxidante (Galvão; Oliveira; Bastos, 2016).

Figura 3 - Fluxograma da preparação dos filmes de amido de milho.



Fonte: Autores

8.3 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES POR INCHAÇO, TRAÇÃO E UMIDADE

De acordo com Zandonai *et al.* (2018) de uma forma adaptada para a realização do teste de inchaço será cortado um quadrado de 1 cm por 1 cm do filme de amido, que será posteriormente pesado na balança analítica, em seguida, mergulhado em água deionizada. Após um repouso de 24 horas absorvendo o líquido, o filme será retirado da água, e o excesso desta será absorvido com o papel filtro e pesado novamente para medir a mudança na massa.

Para a determinação da resistência à tração do filme, adaptado de Zandonai *et al.* (2018), serão cortadas tiras de 25 cm por 5 cm, onde cada extremidade do pedaço é preso em uma das garras do extensômetro de uma máquina universal de ensaio, uma das extremidades permanece fixa, enquanto a outra se desloca de modo controlado, sem acelerações, assegurando tensão uniforme ao filme. O ensaio será realizado utilizando-se um dinamômetro disponibilizado pelo IFSC - Câmpus Jaraguá Centro, que registra a deformação conforme o filme é esticado, permitindo gerar um gráfico (tensão x deformação) possibilitando avaliar a elasticidade e resistência do filme.

A metodologia de Zandonai *et al.* (2018) será adaptada para a caracterização do teor de umidade. Será utilizado um pedaço de 2 cm por 2 cm da amostra da embalagem que será colocada em um béquer e terá sua massa medida em uma balança analítica, logo após será colocada na estufa a 85 °C por um período de 90 minutos. Após, a amostra será retirada e colocada em um dessecador para resfriar. A amostra permanecerá sendo aquecida e resfriada até que atinja uma massa constante, indicando que a água presente na embalagem foi completamente removida.

8.4 OXIDAÇÃO DOS LIPÍDIOS DA MANTEIGA

Na realização dos testes, será utilizado a manteiga do tipo extra e de 2° qualidade com 200 g cada uma, que estarão envolvidas em diferentes embalagens, como o filme de amido com e sem antioxidante na composição da embalagem e o filme de PVC. A massa das manteigas para a realização dos testes será a mesma em cada amostra, sendo aproximadamente 25 g, com medidas aproximadas de 3,10 cm de profundidade, 3,15 cm de altura e 2,70 cm de comprimento.

Com isso, os testes serão realizados dentro e fora da geladeira e será acompanhada semanalmente a oxidação das manteigas por espectroscopia no Infravermelho, realizado da mesma maneira descrita anteriormente. Comparando as bandas de absorção para a verificação de possíveis mudanças, como por exemplo a formação de ácidos carboxílicos indicando a oxidação dos lipídios da manteiga.

8.5 QUANTIFICAÇÃO DA OXIDAÇÃO DA MANTEIGA

Para a quantificação de acidez da manteiga, será titulado como o “branco”, 15 mL de álcool etílico 95% e para a amostra será colocado 1,5 g da manteiga já líquida em um béquer com 15 mL de álcool etílico 95% de pH neutro juntamente com 6 gotas de fenolftaleína. As titulações serão realizadas com hidróxido de sódio 0,10 mol/L, podendo ser alterada a concentração da base conforme necessidade (Oliveira *et al.*, 2018).

Para calcular o índice de acidez será utilizado a equação a seguir:

$$\text{Acidez (\%)} = (G \times 2,13) / MA$$

Onde: G = volume de NaOH 0,10 mol/L, descontado o volume do “branco”;
MA = Massa de manteiga.

9 CRONOGRAMA

O quadro 1 apresenta um cronograma de atividades a serem executadas para a finalização do projeto nos próximos semestres.

Quadro 1 - Cronograma de execução do projeto

Etapas da Pesquisa	Ago 2025	Set 2025	Out 2025	Nov 2025	Dez 2025	Fev 2026	Mar 2026	Abr 2026	Mai 2026	Jun 2026	Jul 2026
Caracterizar o amido e a manteiga por IV	x										
Produzir os filmes com e sem antioxidantes		x	x	x							
Teste de resistência à tração do filme					x	x					
Teste de umidade do filme						x	x				
Teste de inchaço do filme							x	x			
Observação da oxidação da manteiga por IV								x	x	x	x
Quantificação do índice de acidez da oxidação da manteiga								x	x	x	x
Redação do artigo final								x	x	x	x

Fonte: Elaborado pelos autores

REFERÊNCIAS

- ALMADA, L. F. A. *et al.* Embalagens ativas antioxidantes: uma estratégia para a conservação de alimentos com alto teor lipídico. **Research, Society and Development, Minas Gerais**, v. 11, n.11, e. 562111134112, ago./set. 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/34112/28721>. Acesso: 22 abr. 2025.
- BERTICELLI, Dianês; MOTTA, Elizangela. Caracterização físico-química e microbiológica de manteigas comercializadas em Francisco Beltrão – PR. 2011. 38 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2011. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11629>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- BITTENCOURT, V. R. *et al.* Embalagens ativas como novas abordagens sustentáveis e ambientalmente corretas: uma revisão da literatura. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 2. [s.l.] Editora Científica Digital, 2020, p. 217–232. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/201102207.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- BRAGA, L. R.; SILVA, F. M. **Embalagens ativas: uma nova abordagem para embalagens alimentícias**. Brazilian Journal of Food Research, Campo Mourão, v. 8, n. 4, p. 170-186, out./dez. 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa/article/download/4602/pdf>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº146, de 07 de março de 1996. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 mar. 1996.
- CAMARGO, C. R. de; LEONE, R. S; COSTA, C. A. D. **Amido resistente: propriedades físicas, métodos de determinação e benefícios à saúde**. Revista de Nutrição, Campinas, v. 19, n. 6, p. 693–703, nov./dez. 2006. Disponível em: <http://www.dietetica.ufba.br/Temas/CEREAIS/AMIDO%20RESISTENTE%20PORTUGUES.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2025.
- CAMISA, Jaqueline. **Influência do uso de um substituto de renina no rendimento, proteólise e características sensoriais do queijo minas padrão**. UNOPAR - Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2011. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/2860/1/cc9bc2e484fda1eb567387a799e38020.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- CAROCHO, Márcio; MORALES, Patricia; FERREIRA, Isabel C.F.R. Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 71, n. 1, p. 107-120, jan. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.008>. Acesso em: 22 abr. 2025.

CARVALHO, M. L. B. **Avaliação da estabilidade termo-oxidativa do óleo das sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench)**. 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 25 Nov. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/7051>. Acesso em: 12 abr. 2025.

CRUZ, R. S. *et al.* **Absorvedores de oxigênio na conservação de alimentos: Uma revisão**. Revista Ceres, 2005. Disponível em: <https://ojs.ceres.ufv.br/ceres/article/view/3038/922>. Acesso em: 7 abr. 2025.

FERRARI, C. K. B. **Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas**. Scielo. Campinas, São Paulo, jun. 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/3fvHSvtHgbjXgYjRQqm8QKr/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 22 abr. 2025.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Processo de formação do triglicerídeo**. Disponível em: <https://share.google/images/nQsEMIGONDakx0cK8>. Acesso em: 03 set. 2025.

GALVÃO, A.M.M.T.; OLIVEIRA, M. de A.; BASTOS, M.S.R.; **Filme para alimentos à base de amido de milho modificado**. Laboratório de Embalagens de Alimentos; (EMBRAPA) - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Agroindústria Tropical; Fortaleza - CE. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1059136/1/AAC16007.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2025.

HERALD, T. J.; *Et al.* Corn Zein Packaging Materials for Cooked Turkey. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 2, p. 415-418, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb14206.x>. Acesso em: 15 maio 2025.

KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. **Meat Science**, v. 36, n. 1/2, p.169-189, 1994. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90040-X). Acesso em: 22 abr. 2025.

LABUZA, T. P.; BREENE, W. M. **Applications of “active packaging” for quality of fresh and extended improvement of shelf-life and nutritional shelf-life foods**. Wiley Online Library. Department of Food Science and Nutrition University of Minnesota St. Paul, MN 55108. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/j.1745-4549.1989.tb00090.x>. Acesso em: 15 maio 2025.

LUCHASE, C. L. **Desenvolvimento de embalagens biodegradáveis a partir de amido contendo subprodutos provenientes do processamento de alimentos**. 2018. 222 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/188125>. Acesso em: 27 abr. 2025.

LUÍS, Andreia et al. **Representação da Amilose e da Amilopectina**. 2017. Disponível em:

<http://mundodabioquimica.blogspot.com/2017/11/o-amido-tambem-conhecido-como-amilo-e.html>. Acesso em: 02 set. 2025.

MAIA, K. S. **Efeitos de agentes naturais na qualidade de manteiga de garrafa**. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/d957b136-6b6b-461b-aff1-c93fcc1e0982/content>. Acesso em: 12 abr. 2025.

MENDONÇA, A. F. **Estudo das aplicações do ácido ascórbico na saúde humana**. Instituto Federal de Goiás (IFG), 2016). Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/1137/1/TCC%20-%20ANDRESSA.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2025.

MESQUITA, Amanda; SIQUEIRA, Amanda e MAIA, Elisa. **Curativo biodegradável à base de óleo de girassol e jabuticaba**. IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina. Acesso em: 16 jun. 2025.

OLIVEIRA, M. A. de; LORINI, I.; MANDARINO, J. M. G.; BENASSI, V. T.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, F. A.; HIRAKURI, M. H.; LEITE, R. S.; OSTAPECHEN, C. F.; SANTOS, L. E. G. **Determinação do índice de acidez titulável dos grãos de soja colhidos nas safras 2014/2015 e 2015/16 no Brasil**. Embrapa Soja, Londrina, PR, 2018, p. 58-60. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1092729/1/Indicedeacideztitulavelp.5860.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2025.

PEREIRA, G. B. de J. et al. **Fabricação de papel pela celulose da bainha do palmito e determinação de suas propriedades físico-químicas**. Instituto Federal de Santa Catarina, 2023. Acesso em: 15 jun. 2025.

POOJA, N.; BANIK, S.; CHAKRABORTY, I.; SUDEEKSHA, H. C.; MAL, S. S.; SRISUNGSITTHISUNTI, P.; PATIL, A.; MAHATO, K. K.; MAZUMDER, N. Comparative analysis of biopolymer films derived from corn and potato starch with insights into morphological, structural and thermal properties. /Discover Sustainability/ [S. l.], v. 5, n. 1, p. 467, dez. 2024. DOI: 10.1007/s43621-024-00626-3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-024-00626-3>. Acesso em: 19 jun. 2025.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. **Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos**. Universidade Estadual Paulista, Vol. 29, No. 4, 755-760, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000400023>. Acesso em: 15 maio 2025.

ROMANI, V. P; MARTINS, V. G.; SOARES, L. A. S. **Oxidação lipídica e compostos fenólicos como antioxidantes em embalagens ativas para alimentos**. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, v. 27, n. 1, p. 38-56, 2017. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/vetor/article/view/7052/7414>. Acesso em: 15 maio 2025.

SALINAS, R. D. **Alimentos e nutrição**. 3ª edição, Porto Alegre: Artmed, 2002.

Disponível em:

<https://archive.org/details/salinas-rolando-d.-alimentos-e-nutricao-introducao-a-bromatologia/page/n55/mode/2up?view=theater>. Acesso em: 03 maio 2025.

SARANTÓPOULOS, Claire I. G. L.; MORAES, Beatriz Brombal. **Embalagens ativas e inteligentes para frutas e hortaliças. Boletim de Tecnologia e**

Desenvolvimento de Embalagens. Campinas, v. 21, n. 1, p. 1-7, 2009. Disponível em:

https://ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/cetea/informativo/v21n1/v21n1_artigo1.pdf. Acesso em: 25 maio 2025.

SOARES, N. F. F. *et al.* **Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos**. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 56(4): 370-378, 2009. Disponível em: <https://ojs.ceres.ufv.br/ceres/article/view/3438/1341>. Acesso em: 15 maio 2025.

SOUSA, Karen. **Embalagens ativas para a manutenção da qualidade dos alimentos**. Instituto Federal Goiano, 2025. Disponível em:

<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/5311>. Acesso em: 25 maio 2025.

VAZ, L. P. **Caracterização físico-química e sensorial de manteiga da terra durante armazenamento controlado**. 2015. 74 f. Dissertação (Mestrado em

Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, 2015.

Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/7927>. Acesso em: 17 maio 2025.

ZANDONAI, Anna Julia; DIAS, Danielle Vitória Santana; RAMOS, Juliano Carvalho; ROGALEWSKI, Kawanne Paolla; PEREIRA, Laysa Gabrieli; COSTA, Rayssa

Carolina. **Fabricação de papel utilizando celulose extraída do bagaço de cana-de-açúcar com adição de amido, extraído da casca de batata, como**

aditivo. Revista Técnico-científica do IFSC, v.2, n.7, p. 40-51, novembro de 2018, Florianópolis. Acesso em:

<https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/view/2566>. Acesso em 24 jun. 2025.