



Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade
Curso Superior de Tecnologia em Alimentos na Educação do Campo

PAMELA VITÓRIA CEZAR COSTA

**DESENVOLVIMENTO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS ATIVOS À
BASE DE AMIDO PARA ACONDICIONAMENTO DE ALIMENTOS**

Orientadora: Profa. Dra. Samantha Serra Costa

Feira de Santana

2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

PÂMELA VITÓRIA CEZAR COSTA

DESENVOLVIMENTO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS ATIVOS À BASE DE AMIDO PARA ACONDICIONAMENTO DE ALIMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do título de Tecnóloga em Alimentos do Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Feira de Santana, 01 de dezembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Samantha Serra Costa

Prof^ª. Dra. Samantha Serra Costa
Doutora em Biotecnologia pela Universidade Federal da Bahia
Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Jéssica Souza Ribeiro

Prof^ª. Dra. Jéssica Souza Ribeiro
Doutora em Engenharia e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Liz Oliveira dos Santos

Prof^ª. Dra. Liz Oliveira dos Santos
Doutora em Química pela Universidade Federal da Bahia
Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Desenvolvimento de filmes biodegradáveis ativos à base de amido para acondicionamento de alimentos

Pâmela Vitória Cezar Costa¹; Samantha Serra Costa²

¹Discente do Curso de Tecnologia em Alimentos - CETENS – UFRB; E-mail: pcostta18@gmail.com;

²Orientadora, Profa. Adjunta – CETENS/UFRB; E-mail: samantha@ufrb.edu.br.

RESUMO

O descarte contínuo das embalagens plásticas, têm se tornado um problema ambiental mundial. Com isso, para minimizar este problema, as indústrias alimentícias têm buscado utilizar embalagens biodegradáveis, produzidas a partir de materiais biodegradáveis. A utilização dessas embalagens vem se tornando cada vez mais sustentável e econômica, isto porque, os componentes utilizados para a sua fabricação são de fácil absorção pelo solo e existem alternativas de baixo custo. Neste contexto, o objetivo do trabalho é o desenvolver filmes biodegradáveis ativos à base de amido para acondicionamento de alimentos. Para isso, inicialmente foi feita a extração do amido de diferentes fontes vegetais, e posteriormente, foram desenvolvidos filmes biodegradáveis pela técnica *casting*, utilizando o amido de mandioca e de inhame, como polímeros, açúcar invertido e mel, como plastificantes. A extração do amido de mandioca e de inhame alcançaram bons rendimentos, que podem ser maiores com a utilização de equipamentos mais adequados para extração. Os filmes foram caracterizados pela determinação da atividade de água e espessura. Os valores de atividade de água dos filmes variaram de acordo com a fonte de amido e formulação utilizada para a elaboração dos mesmos. Entretanto todos os filmes desenvolvidos com os dois amidos apresentaram boa elasticidade, demonstrando potencial para o acondicionamento de alimentos. A adição da própolis e do óleo essencial de orégano nos filmes a base amido de mandioca e do mel nos filmes a base de amido de inhame, pode contribuir tanto para aumentar a vida de prateleira dos produtos alimentícios como conservar os próprios filmes.

Palavras-chave. Agricultura familiar; Alimentos; Embalagem; Filmes antimicrobianos.

ABSTRACT

The continuous disposal of plastic packaging has become a worldwide environmental problem. Thus, to minimize this problem, food industries have sought to use biodegradable packaging, produced from biodegradable materials. The use of these packages is becoming increasingly sustainable and economical, because the components used for their manufacture are easily absorbed by the soil and there are low-cost alternatives. In this context, the objective of this work is to develop active biodegradable starch-based films for food packaging. For this, starch was initially extracted from different vegetable sources, and later, biodegradable films were developed using the casting technique, using cassava and yam starch as polymers, invert sugar and honey as plasticizers. The extraction of cassava and yam starch achieved good yields, which can be higher with the use of more suitable equipment for extraction. The films were characterized by determining water activity and thickness. The water activity values of the films varied according to the source of starch and formulation used to prepare them. However, all films developed with the two starches showed good elasticity, demonstrating potential for food packaging. The addition of propolis and oregano essential oil in films based on cassava starch and honey in films based on yam starch can contribute both to increasing the shelf life of food products and to preserving the films themselves.

Key words. Family farming; Foods; Packing; antimicrobial films.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população humana e, conseqüentemente, o maior consumo de produtos plásticos, têm gerado um acúmulo de enormes quantidades de resíduos de materiais não biodegradáveis em todo o planeta, o que gera uma grande preocupação ambiental (COSTA et al., 2014). No mundo são consumidos aproximadamente 140 milhões de toneladas de plásticos por ano, e para seu processamento, são utilizados aproximadamente 150 milhões de toneladas de combustíveis fósseis difíceis de substituir. Deste total de plásticos consumidos, aproximadamente, apenas 10% foram reciclados ou reutilizados para novas funções ou aplicações (CONCEIÇÃO et al., 2019).

Segundo a YAO et al. (2018), a produção global de plástico pode chegar a 550 milhões de toneladas em 2030. O Brasil é o quarto maior produtor de resíduos plástico do mundo (YAO et al., 2018), com uma produção de 11,3 milhões de toneladas por ano. Deste total somente 1,28% foi reciclado, demonstrando a necessidade de criação de

políticas voltadas ao controle e reciclagem deste resíduo no país. Os plásticos convencionais, derivados do petróleo, não só levam muitas décadas para se decompor na natureza, como também produz toxinas nocivas durante o seu processo de degradação (CONCEIÇÃO et al., 2019).

A indústria de alimentos é, atualmente, uma das maiores consumidoras de embalagens plásticas, que apresentam excelentes propriedades mecânicas e de barreira, fundamentais para o acondicionamento da maior parte dos alimentos (LANDIM et al., 2016). Os plásticos empregados no acondicionamento dos alimentos têm uma vida muito curta no mercado, sendo que mais de 40% destes polímeros não chegam a ficar mais de 2 meses nas prateleiras, e já são descartados após o uso, em aterros sanitários e oceanos (MAGERA, 2015).

Dessa forma, a indústria de alimentos tem desenvolvido estudos no sentido de proporcionar embalagens alternativas sustentáveis aos polímeros derivados do petróleo, que sejam facilmente degradados no ambiente e que conduzam a uma redução do uso dos combustíveis fósseis, na tentativa de adequar sua produção à medida que a preocupação com o meio ambiente aumenta (CONCEIÇÃO et al., 2019; COSTA et al., 2014). As embalagens sustentáveis, além de contribuírem diretamente para redução dos resíduos ambientais, surgem como uma ferramenta estratégica de marketing para divulgação da marca e produto, se tornando um dos fatores que podem contribuir para decisão da compra (GUELBERT et al., 2007).

Os filmes biodegradáveis são produzidos a partir de biopolímeros, que são polímeros produzidos por microrganismos, vegetais, plantas e/ou animais e são, frequentemente, biodegradáveis e não tóxicos. Alguns biopolímeros apresentam grande potencial para substituição, em determinadas aplicações, de polímeros provenientes de fontes fósseis. Entretanto, possuem algumas limitações técnicas como propriedades mecânicas e de barreira inferiores às apresentadas pelos filmes produzidos a partir de polímeros sintéticos, que tornam difícil sua processabilidade e seu uso como produto final (BRITO et al., 2011).

Dentre os biopolímeros utilizados para produção dos filmes biodegradáveis, o amido tem sido alvo de muitos estudos devido à grande disponibilidade e baixo custo. O amido é um biopolímero de origem vegetal, que pode ser obtido de diversas fontes, como cereais, raízes (mandioca) e tubérculos (batata, batata doce, cará, inhame), abundantes no Brasil (ELLIS et al., 1998). O amido é o polissacarídeo de reserva dos vegetais, armazenado sob a forma de grânulos, que apresentam um certo grau de organização

molecular, o que confere ao mesmo um caráter parcialmente cristalino, ou semicristalino (COSTA et al., 2014).

O uso do amido pode ser uma solução interessante para filmes biodegradáveis, devido a seu baixo custo, alta produção, principalmente no estado da Bahia, biodegradabilidade, comestibilidade e fácil manipulação. Os filmes obtidos a partir do amido são transparentes, atóxicos, possuem moderada permeabilidade ao oxigênio e baixa resistência mecânica, sendo comumente necessária a adição de agentes que aumentem a sua resistência (MALI et al., 2010).

Os filmes biodegradáveis produzidos a base de amido, principalmente o amido extraído da mandioca, atualmente tem liderado o ranking dos estudos na área; isto porque, esta raiz obtém um grande potencial de amido considerado um polímero promissor, que quando utilizado apresenta características desejáveis, grande disponibilidade e baixo custo para a produção de embalagens biodegradáveis utilizadas para o acondicionamento de alimentos (FRANCO et al., 2001).

Em síntese os amidos são produtos amiláceos extraídos das partes comestíveis de cereais, tubérculo e raízes; o mesmo é um carboidrato complexo pelas suas propriedades: açúcares, polissacarídeos e d-glicose (um pó cristalizado, inodoro e adocicado), sendo uma das principais fontes de energia dos seres vivos, amplamente utilizada na indústria alimentícia ocupando a função de edulcorante (COSTA et al., 2014).

Os grãos do amido são formados por dois polímeros: amilose e amilopectina. A amilose por sua vez, é originada pelas unidades de glicose que se unem por meio de ligações tipo α (1-4) e ocasionalmente geram um polímero linear; por outro lado, a amilopectina é desenvolvida pelas unidades de glicoses unidas por ligações glicosídicas (ligação covalente resultante da reação de condensação entre uma molécula de um carboidrato com um álcool), do tipo α (1 6) e α (1 4), possuindo um maior peso molecular (CARDOSO et al., 2017).

Quando nos referimos a amidos, é inevitável não citar uma das principais fontes de amido existente no mundo, a mandioca (alimento nativo da América do Sul, rica em fibras e carboidratos, com alto teor energético e uma imensa variedade de minerais), capaz de produzir por meio do seu amido, biofilmes de excelente qualidade.

Eventualmente, o Brasil, é o segundo maior produtor de mandioca do mundo. Agregar valor econômico a esta cultura de grande relevância nacional, tem sido um dos objetivos dos brasileiros, principalmente na utilização e elaboração de materiais biodegradáveis.

De fato, o amido de mandioca apresenta estrutura física e química excelente para ser utilizado na produção de filmes biodegradáveis; porém, o amido de inhame também tem sido considerado promissor para a elaboração de biofilmes, tanto por suas características, quanto pela sua disponibilidade e baixo custo (FRANCO et al., 2001).

De acordo com Lana (2010), o inhame, também conhecido como taro, inhame-branco e taioba-de-são-tomé, é um tubérculo pertencente à família *Dioscoreácea*. Este alimento é bastante consumido no mundo, devido ao seu alto teor nutritivo, destacando-se nacionalmente a sua produção nos estados de Espírito Santo, Pernambuco e Paraíba.

Existem mais de 600 espécies de inhames espalhadas pelo mundo, porém dentre esta imensa variedade, apenas algumas espécies são utilizadas para alimentação humana, e as demais geralmente são destinadas para fins medicinais (preferencialmente farmacêuticos) (LANA, 2010).

Em virtude, este tubérculo ao ser consumido contribui para o funcionamento do sistema imunológico e coopera com a qualidade do sangue; ainda assim, o mesmo obtém uma boa quantidade de fibras solúveis (capaz de se dissolver em água e formar um gel que se prende no estômago e no intestino delgado), e apresenta uma variedade de vitaminas (A, B e C), além de importantes minerais como potássio, ferro, fósforo, cálcio, cobre magnésio, indispensáveis para o corpo humano. Na Bahia, o inhame é cultivado e produzidos por agricultores familiares, que o comercializam de forma *in natura*.

Na perspectiva de viabilizar a utilização dos filmes biodegradáveis no acondicionamento de alimentos, tem sido estudada a adição de agentes antimicrobianos aos filmes, tornando-os ativos, com a finalidade de controlar o desenvolvimento de espécies específicas de microrganismos e aumentar a vida de prateleira dos produtos (LANDIM et al., 2016). As embalagens ativas podem ser definidas como sistemas que agem para prolongar a vida útil dos alimentos, através da interação mútua entre a embalagem, o alimento e o ambiente, sem que a qualidade nutricional e a segurança alimentar sejam comprometidas (SUPPAKUL et al., 2003).

As embalagens antimicrobianas podem desempenhar papel fundamental no controle à proliferação de microrganismos patogênicos em alimentos, atuando de forma a reduzir, inibir ou retardar o crescimento de microrganismos e, conseqüentemente, ampliar a vida útil desses produtos (BOSCHETTO et al., 2012).

Do ponto de vista da segurança dos alimentos, as substâncias antimicrobianas utilizadas no desenvolvimento dos filmes ativos devem ser aprovadas para consumo humano, devido à sua possível migração para alimentos (SOUSA et al., 2016). Nesse

contexto, com a tendência de redução do uso de aditivos químicos nos alimentos e a necessidade de desenvolvimento de embalagens sustentáveis, existe um interesse sobre o uso de compostos naturais como agentes ativos para os filmes (ALVES-SILVA et al., 2013; CARDOSO et al., 2017). Eles podem participar como ingredientes de inúmeros alimentos, além de apresentarem ação indireta e complementar no desenvolvimento dos microrganismos e no processo de oxidação dos alimentos (ROONEY et al., 1995).

Entre os produtos com potencial antimicrobiano que podem ser adicionados aos filmes biodegradáveis, estão o mel, a própolis, especiarias, óleos essenciais, entre outros, que possuem atividade antimicrobiana e/ou antioxidante amplamente difundidas e comprovadas.

O mel (alimento rico em frutose e glicose) é considerado um fluido viscoso, aromático, desenvolvido pelo excelente papel das abelhas ao colher o néctar das flores e de secreções das plantas, este ainda apresenta vitaminas (C), minerais de suma importância e flavonoides (compostos que atuam como antioxidantes no organismo).

O orégano é uma erva aromática que possui origem das regiões da Ásia e Europa mediterrânea, seu nome de origem grega significa “alegria de montanha”. Usada na culinária em pequenas quantidades, é considerada uma erva “mágica”, por facilitar a digestão dos alimentos (ROSE BLANCO, 2018).

Para que esse benefício aconteça dentro do organismo humano, a pesquisadora enaltece em seu artigo como ocorre este processo, em que se inicia através do aroma do orégano, que possui a capacidade de ativar as células nervosas das narinas, fazendo com que seja de imediato a transmissão do estímulo para o cérebro sobre o alimento que está a caminho; assim, o cérebro, por sua vez envia a mensagem para as glândulas salivares, alertando para que ocorra o aumento das salivas. No entanto, ocorre o acréscimo da ptalina (enzima capaz de digerir carboidratos), fazendo com que outra mensagem seja enviada ao estômago, que desenvolve a função de aumento de ácido clorídrico (principal elemento do suco gástrico). Por fim, o intestino estimula a secreção das substâncias hormonais, que aciona o alerta para o início do processo digestivo ao pâncreas e o fígado, assim esclarece (ROSE BLANCO, 2018).

Além de toda importância digestiva existente no orégano, a erva possui diversas funcionalidades, como por exemplo o fato de ser rico em antioxidantes, combate a bactérias, combate a células cancerígenas, redução de infecção viral e redução a inflamação.

Outro potencial existente através desta erva é o óleo de orégano; este é extraído das folhas da *Origanum vulgare L.*, por prensagem a frio e filtração, obtendo assim em sua composição química grandes quantidades de fenóis, como os compostos fitoquímicos e suas propriedades antioxidante, além destes o Timol e o Carvacrol formam a maior parte do óleo, isto porque, o Timol contém propriedades antissépticas, capazes de estimular o sistema imunológico, tornando assim o óleo um “fungicida” natural; já o Carvacrol age no corpo humano contra as doenças infecciosas causadas por bactéria.

Para a utilização na produção de filmes biodegradáveis o óleo de orégano apresenta um grande potencial, uma vez que suas ações principais estão interligadas ao combate a ações microbianas; o que é considerado de suma importância, já que os filmes biodegradáveis serão utilizados para o armazenamento de alimentos e o mesmo é considerado um conservante natural.

A própolis vermelha é um tipo de extrato produzido a partir de uma seiva encontrada no rabo-de-bugio (planta angiosperma encontrada em manguezais). A produção da própolis convencional (marrom) ocorre através das abelhas, onde estas utilizam sua saliva para transformar a seiva dos manguezais em um tipo de “cimento”, este, utilizado para revestir a colmeia as protegendo durante a sua produção. A própolis vermelha em si, é rica em vários compostos e tem surpreendido a comunidade científica pelas suas propriedades (antibacterianas, cicatrizante, antioxidante e etc.), onde ainda não se foi relatado nenhuma ação contraditória, já que o produto é considerado 100% natural. Este tipo de própolis pode ser encontrado na vegetação litorânea do estado de Alagoas, e tem sido ultimamente muito utilizada em complementos para certas doenças, como por exemplo, o câncer.

Sendo assim, o estado de Alagoas passou a ser considerado o único produtor de própolis vermelha do país, apesar da existência do rabo-de-bugio não ser apenas nacional; a mesma é encontrada “desde o sul da Flórida, no EUA ao sul do Brasil”, mas, segundo pesquisas realizadas no Brasil, a mesma é diferenciada dos demais países, por conter um alto teor de isoflavona (composto orgânico natural).

Para obtenção dos filmes biodegradáveis a base de amido, é necessário promover a mistura do amido com água, com aquecimento. A solução filmogênicas obtida deve ser mantida em repouso, sem sofrer agitação antes ou depois do resfriamento, para que assim se estabeleçam ligações intermoleculares, que posteriormente formarão um gel. Hodge e Osman (1985), afirma que, as regiões de tais ligações nos géis aumentam em número durante o período de repouso, porque ao resfriar, as moléculas de amilopectina se

reorganizam, formando um gel viscoelástico que retém água, porém, este mesmo gel se torna insolúvel, por meio de um processo conhecido como retrogradação (fenômeno decorrente de reaproximação das moléculas pela redução de temperatura durante o resfriamento), assim se obtém o resultado de uma rede mais firme e compacta em diferentes graus, segundo o número, tamanhos e distribuição das regiões micelares (HODGE; OSMAN, 1985).

As moléculas de amido após iniciar o seu processo vibratório intenso, é capaz de realizar a quebra das pontes de hidrogênio intermoleculares, permitindo assim a entrada de água e o rompimento da estrutura cristalizada, posteriormente formando uma ligação de hidrogênio entre a amilose e amilopectina, deixando exposto os grupos hidroxil, que promovem o inchamento e o aumento da solubilidade dos grânulos de amido. Este inchaço é fundamental para a produção dos filmes biodegradáveis, uma vez em que estes produzem uma solução resultante do aquecimento da suspensão do amido, de forma viscosa, caracterizada como “pasta” (SARMENTO, 2003).

Sendo assim, este trabalho teve o objetivo de desenvolver filmes biodegradáveis ativos a base de amido oriundo de diferentes fontes vegetais, adicionados de compostos naturais com propriedades antimicrobianas, avaliando o potencial de utilização dessas embalagens no acondicionamento de produtos alimentícios.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para elaboração dos filmes foram utilizados amidos oriundos da mandioca (*Manihot esculenta*) e do inhame (*Dioscorea* spp.). As raízes de mandioca foram cedidas por agricultores familiares da comunidade de Cajazeiras no município de Água Fria, localizado no estado da Bahia. O inhame utilizado foi do tipo cará, e foi adquirido de agricultores familiares da cidade de Maragogipe, também localizado no estado da Bahia. O mel foi adquirido da comunidade quilombola de Paus Altos, em Antônio Cardoso, Bahia. O açúcar invertido, o óleo essencial de orégano e o extrato de própolis vermelha foram adquiridos do comércio de Feira de Santana, Bahia.

2.2 Obtenção do amido

Os amidos foram extraídos conforme Costa et al. (2017), com modificações. Inicialmente, as raízes foram lavadas em água corrente, para remoção das sujeiras e particulados indesejáveis e, em seguida, as cascas foram removidas e descartadas.

Posteriormente, as raízes foram trituradas em liquidificador, colocando-se em média 400 g de raízes/1000 mL de água, por um período de 3 minutos, para desintegração das células e liberação dos grânulos de amido. O produto foi filtrado em peneira de pano com malha de 850 μm (20 mesh), por duas vezes, para separação das fibras do material solúvel. O filtrado foi deixado em repouso para decantar por aproximadamente 1 hora e, logo após, desprezou-se o sobrenadante. O resíduo foi seco em estufa com circulação de ar a 35°C durante 12 horas. O amido foi armazenado em temperatura ambiente, para posterior utilização na elaboração dos filmes. A Figura 1 apresenta fotos das etapas de extração do amido de mandioca.

Figura 1 – Fotos das etapas de extração do amido de mandioca.



Lavagem e Descascamento



Trituração e Filtração



Decantação e Secagem

Fonte: Autora, 2020.

Os rendimentos de cada extração foram calculados de acordo com a fórmula abaixo:

Rendimento (%) = (Ma/Mr) x 100, onde

Ma é a massa de amido em gramas obtida ao final de cada extração, e Mr é a massa de raízes sem cascas em gramas empregada em cada extração.

As extrações foram realizadas em triplicata.

2. 3 Desenvolvimento dos Filmes Biodegradáveis

Os filmes foram obtidos através da técnica *casting*, conforme Costa et al. (2014). O açúcar invertido foi utilizado como plastificante, e foi adquirido comercialmente. As suspensões filmogênicas foram obtidas, misturando-se os componentes com água (amido, açúcar invertido e composto natural) e aquecendo-os em banho-maria a 74°C (amido de mandioca) e 82°C (amido de inhame), sob agitação constante, para total gelatinização do amido. A Tabela 1 apresenta o tipo e as concentrações de amido e composto natural empregado em cada formulação.

Após esfriar, as soluções foram colocadas em placas de poliestireno (150 x 15 mm, 30 gramas por placa), e levadas à estufa a 35°C por 24 horas, para a total evaporação da água e formação dos filmes. Os filmes foram caracterizados por meio de análises de espessura e atividade de água. Para a determinação da espessura, foram utilizados oito retângulos dos filmes, previamente recortados, com medidas aproximadas de 8 cm x 2,5 cm. A leitura foi feita utilizando um paquímetro digital (Mtx®). A atividade de água (Aa) foi determinada utilizando um decágono, Aqualab Lite. As análises foram realizadas em triplicata.

Tabela 1 – Formulações dos filmes desenvolvidos.

	Formulações *						
	1 **	2 **	3	4	5	6	7
Amido de mandioca	5%	-	5%	5%	0	0	0
Amido de inhame	-	5%	-	-	5%	5%	5%
Açúcar Invertido	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Mel	-	-	-	-	2%	4%	6%
Óleo essencial de orégano	-	-	10%	-	-	-	-
Extrato alcoólico de própolis vermelha	-	-	-	10%	-	-	-

* Percentual em relação a quantidade de água empregada em mL. ** Formulações utilizadas como controle.

2. 4 Análise Estatística

Os resultados foram analisados através do Teste de Tuckey, verificando a existência de diferenças significativas entre os resultados a 95% de confiança, utilizando o programa STATISTICA 7.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Extração do amido e desenvolvimento dos filmes biodegradáveis

Os rendimentos de extração do amido das diferentes fontes vegetais são apresentados na Tabela 2. A mandioca apresentou um rendimento de extração de amido de 17,6%, superior ao rendimento encontrado para o inhame (11,9%). Esses percentuais foram inferiores aos encontrados por Leonel et al. (1998), que reportou rendimentos de extração do amido da mandioca e inhame de 25,5% e 19,7%, respectivamente. O teor de amido dos vegetais é influenciado pelo tipo de matéria-prima, além do estágio de maturação, formas e condições de cultivo, e métodos empregados para extração. Nessa pesquisa, o amido foi extraído de forma artesanal, indicando a necessidade de ajustes e emprego de equipamentos para uma maior eficiência no processo de extração (COSTA et al., 2017).

Tabela 2 – Rendimento de extração dos amidos de mandioca e inhame.

Fonte Vegetal	Rendimento de extração (%)
Mandioca	17,6 ± 2,6 ^a
Inhame	11,9 ± 1,0 ^b

Média ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

Das tuberosas analisadas, a mandioca é a mais empregada para extração de amido industrialmente, devido a facilidade e rendimento do processo de extração. O Brasil é o segundo maior produtor de mandioca do mundo, o que se configura como um ponto importante na redução dos custos de obtenção do amido (TAGLIAPIETRA et al., 2019).

O inhame é também uma amilácea bastante cultivada no Brasil, essencialmente por pequenos agricultores para o consumo direto, onde somente os rizóforos são aproveitados. Contudo, para o processamento industrial, toda porção tuberosa pode ser usada, o que aumentaria o rendimento em amido. No país, ainda não existe processamento do inhame para a obtenção de amido (ABRAMO, 1990; LEONEL e CEREDA, 2002).

Uma dificuldade na obtenção do amido do inhame é a presença de mucilagens que mantêm o amido em suspensão não permitindo a sedimentação (PEREZ et al., 1997).

A aplicação do amido na produção de filmes se baseia nas propriedades químicas, físicas e funcionais da amilose para formar géis e na sua capacidade para formar filmes. O amido é formado por dois tipos de polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina, com estruturas e funcionalidade diferentes. No processo de formação dos filmes, a amilose tem papel fundamental, pois, as moléculas de amilose em solução, devido à sua linearidade, tendem a se orientar paralelamente, aproximando-se o suficiente para que se formem ligações de hidrogênio entre hidroxilas de polímeros adjacentes. Nesse sentido, o amido do inhame se apresenta com maior potencial para a produção dos filmes pois apresenta um teor de amilose de 30%, superior ao teor de amilose do amido de mandioca (16 a 20%) (GARCIA, 1999; MALI et al., 2010).

O fenômeno que possibilita a desorganização dos grânulos de amido é a gelatinização, que é a transformação irreversível do amido granular em uma pasta viscoelástica, fenômeno que acontece na presença de excesso de água e elevação da temperatura, e que leva à destruição da cristalinidade e da ordem molecular do grânulo, através do rompimento das ligações de hidrogênio que, inicialmente, mantinham a integridade deste (VAN SOEST et al.; 1996).

Na técnica do tipo *casting*, após a gelatinização térmica dos grânulos em excesso de água, amilose e amilopectina se dispersam na solução e, durante a secagem, se reorganizam, formando uma matriz contínua que dá origem aos filmes. O emprego do plastificante é importante para redução das forças intermoleculares e aumento da mobilidade das cadeias dos polímeros, com diminuição de possíveis descontinuidades e zonas quebradiças. O efeito que estes causam nas propriedades funcionais dos filmes depende não só da sua concentração, mas também do tipo de plastificante empregado (MALI et al., 2005). O açúcar invertido é um plastificante natural, obtido a partir da hidrólise da sacarose (RODRIGUES et al., 2000).

3.2 Caracterização dos filmes biodegradáveis

A Tabela 3 apresenta os valores de espessura e atividade de água dos filmes. O controle da espessura dos filmes é dependente da técnica empregada na sua obtenção (COSTA et al., 2017), e da viscosidade da solução filmogênica (MALI et al., 2010). Observa-se que a espessura dos filmes apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$), demonstrando interferência do tipo de amido na espessura dos filmes. A espessura dos

filmes é definida como a distância perpendicular entre duas superfícies principais do material, sendo considerada uma propriedade difícil de ser controlada, sobretudo nos processos de produção por *casting* (SOBRAL, 1999).

Tabela 3 – Espessura e atividade de água dos filmes produzidos.

Formulações	Espessura (mm)	Atividade de Água
1	0,179 ± 0,016 ^a	0,514 ± 0,003 ^a
2	0,093 ± 0,004 ^b	0,539 ± 0,004 ^b
3	0,269 ± 0,017 ^c	0,510 ± 0,002 ^a
4	0,214 ± 0,010 ^d	0,484 ± 0,002 ^c
5	0,100 ± 0,008 ^b	0,492 ± 0,001 ^d
6	0,126 ± 0,004 ^e	0,540 ± 0,002 ^b
7	0,146 ± 0,012 ^f	0,465 ± 0,002 ^e

Média ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

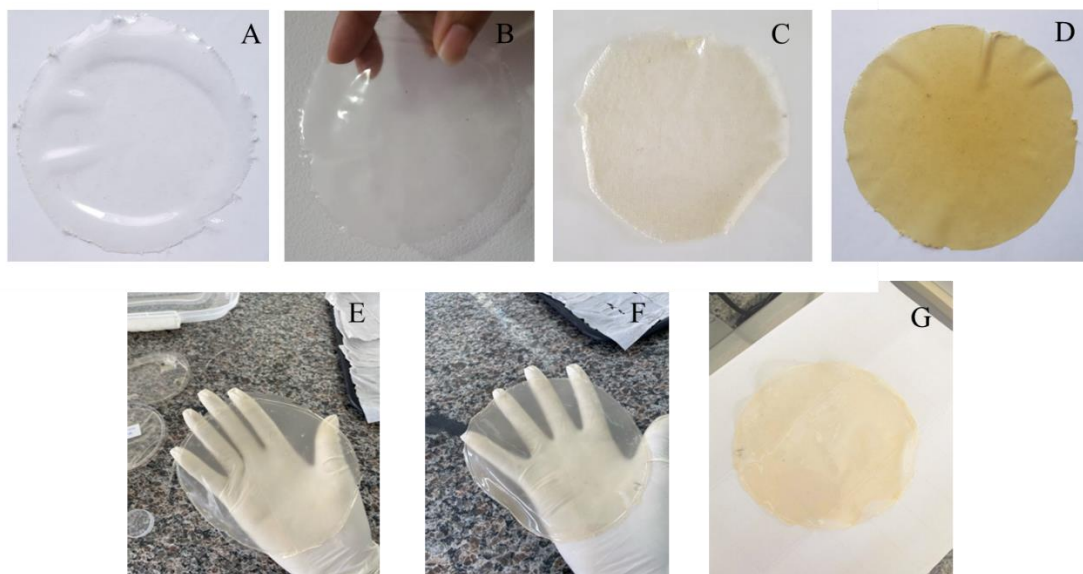
De acordo com Park e Chinnam (1995), a espessura influencia as propriedades mecânicas dos filmes, principalmente a força na perfuração e as propriedades de barreira, sendo que quanto maior a espessura, mais resistentes à perfuração são os filmes e maior a sua permeabilidade ao vapor de água. Crank (1975), porém, acredita que a espessura não influencia na permeabilidade ao vapor de água dos filmes, e que a permeabilidade é influenciada pela presença de poros, que pode estar relacionada a uniformidade do material.

Sendo assim, os resultados sugerem que os filmes obtidos a partir do amido de mandioca (Formulação 1), que apresentaram maior espessura, são mais resistentes que os obtidos a partir do amido de inhame, entretanto podem apresentar maior permeabilidade ao vapor de água, um fator negativo para o armazenamento de alimentos. A adição dos compostos naturais aos filmes (Formulações 4 a 5), resultaram em um aumento da espessura, sugerindo, que a adição desses compostos pode contribuir para aumentar a resistência dos filmes e a sua permeabilidade ao vapor de água.

Assim como ocorreu para a espessura, a atividade de água dos filmes foi influenciada pela fonte de amido utilizada na fabricação (Tabela 3). A utilização do amido de inhame resultou em filmes com maior atividade de água (Formulação 2). Na avaliação da adição dos compostos naturais, a adição do extrato de própolis ao filme (Formulação 4), contribuiu para redução da atividade de água, quando comparada com o filme controle (Formulação 1). Ao se aumentar a atividade de água dos filmes, produz-se um inchamento excessivo da matriz polimérica, que leva a um incremento na difusão das

moléculas de água e, conseqüentemente, diminui as propriedades de barreira destes materiais (DANTAS et al., 2015). A Figura 2 apresenta fotos dos filmes ativos obtidos.

Figura 2 – Foto dos filmes ativos obtidos. Em (A), Formulação controle F1; em (B), formulação controle F2; em (C) filme adicionado de óleo essencial de orégano, formulação F3; em (D) filme com extrato alcoólico de própolis vermelha, formulação F4; em (E) filme com mel, formulação F5; em (F) filme com mel, formulação F6; e em (G) filme com mel, formulação F6.



Fonte: Autora, 2022.

Perante os resultados obtidos através das extrações dos amidos (mandioca e inhame), é possível afirmar que ambos possuem um bom rendimento e apresenta características desejáveis para a formação dos filmes biodegradáveis que posteriormente podem ser utilizados para o acondicionamento de alimentos.

Os filmes produzidos a base de amido de mandioca com a utilização de própolis vermelha e orégano, demonstram uma coloração mais “amarelada”, isso devido a concentração de extrato utilizado, que além de alterar a coloração podem evitar que o filme seja rapidamente contaminado com a presença de bolores e leveduras.

Os filmes elaborados a base de amido de inhame, demonstram coloração variável de acordo com cada formulação elaborada; o que caracteriza esta mudança é a quantidade de mel empregada (2%, 4% 6%), em cada filme produzido.

Deste modo, a formulação (3), visível na Figura 2G, demonstra a alteração de cor (onde o filme apresenta-se “amarelado”), isto, devido a coloração do próprio mel empregado na sua elaboração, tanto para a alteração de cor quanto para evitar ações microbianas indesejáveis nos filmes.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que os filmes biodegradáveis a base de amido de mandioca e inhame podem ser uma alternativa competitiva para redução no uso de filmes sintéticos no acondicionamento de alimentos. O amido de inhame, pelo seu elevado teor de amilose e elevado rendimento, apresenta-se com uma fonte promissora para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis, que ainda não foi amplamente estudada. A adição do óleo essencial de orégano, mel e o extrato de própolis vermelha, demonstrou potencial de transformação desses filmes em embalagens ativas, que podem exercer controle do crescimento microbiológico em alimentos.

Os resultados obtidos são promissores, principalmente, devido à grande oferta de fontes de amido e de produtos naturais com atividade biológica no Brasil. É necessário o aprofundamento das pesquisas, com maior caracterização dos filmes, analisando suas propriedades mecânicas e de barreira, fundamentais para o acondicionamento de alimentos. Além disso, é necessário realizar a aplicação de diferentes compostos naturais e verificação da atividade antimicrobiana dos filmes nos alimentos, para se obter conclusões mais seguras.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) por conceder bolsa de Iniciação Científica para a graduanda Pamela Vitoria Cezar Costa.

6. REFERÊNCIAS

ABRAMO, M.A. Taioba. In: ABRAMO, M. A. **Taioba, cará, inhame: o grande potencial inexplorado**. Campinas: Ícone Editora, 1990. Série II, p.57-63.

ALVES-SILVA, J. M.; DIAS DOS SANTOS, S. M.; PINTADO, M. E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; VIUDA-MARTOS, M.; 2013. **Chemical composition and in vitro antimicrobial: antifungal and antioxidante properties of essential oils obtained from some herbs widely used in Portugal**. Food Control, 2013. v. 32, p. 371–378.

BODINI, R. B. **Desenvolvimento de materiais poliméricos bioativos a base de gelatina e própolis**. 2011. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, São Paulo. 2011.

BOSCHETTO, D. L.; LERIN, L.; CANSIAN, R.; PERGHER, S. B. C.; DI LUCCIO, M. **Preparation and antimicrobial activity of polyethylene composite films with silver exchanged zeolite-Y**. Chemical Engineering Journal, 2012. v. 204-205, p. 210-216.

BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAUJO, E. M.; MELO, T. J. A. **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, 2011. v. 62, p. 127-139.

BURT, S. **Essential oils: their antibacterial properties and potential application in foods: a review**. International Journal of Food Microbiology, 2004. v. 94, p. 223–253.

CARDOSO, L. G.; SOUZA, C. A.; GUIMARÃES, A. G. **Prospecção tecnológica de patentes sobre a utilização de embalagens antimicrobianas em alimentos**. Salvador: Caderno de Prospecção Tecnológica, 2017. v. 10, n. 1, p.14-23.

CAVALCANTE, D. R. R.; OLIVEIRA, P. S.; GÓIS, S. M.; SOARES, A. F.; CARDOSO, J. C.; PADILHA, F. F.; JUNIOR, R. L. C. A. **Effect of green propolis on oral epithelial dysplasia in rats**. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology, 2011. v. 77, n. 3, p. 278-84.

CHISTÉ, Renan Campos. **Estudo do processo de fabricação de farinha de mandioca**. EMBRAPA, Amazonas Oriental, 2006.

CLSI. CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. **Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: Twenty-First informational supplement**. CLSI document M100-S21, 2011 v. 31, n. 1.

CONCEIÇÃO, M. M.; CONCEIÇÃO, J. T. P.; DALMAS, F. B.; AROSINI, A. M. **O Plástico como vilão do meio ambiente**. Guarulhos: Revista Geociências UNG-Ser, 2019. v. 18, n. 1.

COSTA, D. M. A.; SANTOS, A. F.; SILVA, E. D.; SILVA, I. A. **Desenvolvimento e caracterização de filmes à base de amido de feijão macaçar (*Vigna unguiculata*).** HOLOS, 2017. v. 07, n. 33.

COSTA, S. S.; DRUZIAN, J. I.; MACHADO, B. A. S.; SOUZA, C. O.; GUIMARAES, A. G. **Bi-Functional biobased packing of the cassava starch, glycerol, licuri nanocellulose and red própolis.** Plos one, 2014. v. 9, p. 1-10.

CRANK, W. M. **The mathematics of diffusion.** London: Oxford University Press, 1975.

DANTAS, E. A.; COSTA, S. S.; CRUZ, L. S.; BRAMONT, W. B.; COSTA, A. S.; PADILHA, F. F.; DRUZIAN, J. I.; MACHADO, B. A. S. **Caracterização e avaliação das propriedades antioxidantes de filmes biodegradáveis incorporados com polpas de frutas tropicais.** Santa Maria: Ciência Rural, 2015. v.45, n.1, p.142-148.

ELLIS, R. P.; COCHRANE, M. P.; DALE, M. F. B.; DUFFUS, C. M.; LYNN, A.; MORRISON, I. M.; PRENTICE, R. D. M.; SWANSTON, J. S.; TILLER, S. A. **Starch production and industrial use (Review).** Londres: Journal of Science Food and Agriculture, 1998. v.77, n. 3, p. 289-311.

GARCIA, M. A. **Desarrollo de recubrimientos de matriz amilósica para vegetales.** 1999. 221 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Química, Facultad de Ciências Exactas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina, 1999.

GELINSKI, J. M. L. N.; ROSA, J. C. D.; DUQUESNE, E. F. A. P.; BARATO, C. M. **Atividade antibacteriana do óleo essencial de *Baccharis dracunculifolia* DC. e de seu composto ativo nerolidol em combinação ao EDTA ou lisozima.** Evidência, 2007. v. 7, n. 2, p. 131-144.

GOUIN, S. (2004). **Microencapsulation: Industrial appraisal of existing technologies and trends.** Trends in Food Science & Technology, 15, 330–347. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.10.005>.

GUELBERT, T. F.; GUELBERT, M.; CORREA, M.; LESZCZYNSKI, S. A. C.; GUERRA, J. C. C. (2007). **A embalagem PET e a reciclagem: uma visão econômica sustentável para o planeta.** In: Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007, p. 1-11. Foz do Iguaçu: ANPAD.

LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B.; MELO, N. R. **Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil.** São Carlos: Polímeros, 2016. v. 26, p. 1-11.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. **Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas.** Campinas: Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2002. v. 22, n. 1, p. 65-69.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; JAQUEY, S. **Processamento industrial de fécula de mandioca e batata-doce – um estudo de caso.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1998.v. 18, n. 3, p.343-345.

MAGERA, M. **Os caminhos do lixo.** 2. ed. Campinas: Editora Átomo Alinea, 2015. 83p.
MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. **Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização.** Londrina: Semina: Ciências Agrárias, 2010. v. 31, n. 1, p. 137-156.

MALI, S.; SAKANAKA, L.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M. V. E. **Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect.** Carbohydrate Polymer, 2005. v. 60, p. 283-289.

MESQUITA, A. S. **Inhame- Dioscorea cayennensis Lam. e taro Colocassia esculenta (L) Schott - Cenários dos mercados brasileiros e internacional.** In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO,2., 2002. João Pessoa. Anais... João Pessoa: EMEPA-PB, 2002. v.1, p. 215-238.

MOURA, R. M.; OLIVEIRA, I. S.; TORRES, G. R. C. **Fitonematoides associados ao inhame da costa em seis Municípios produtores da Zona da Mata do Estado de Pernambuco, Brasil.** Nematologia Brasileira, v. 29, n. 2, p. 299-302, 2005.

Nelson, D. L.; Cox, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 5o ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 244-249 p.

NORONHA, A.M. **Principais Doenças do Inhame (*Dioscorea cayennensis*) nos Tabuleiros Costeiros do Nordeste**. COMUNICADO TÉCNICO 150 EMBRAPA, Aracaju – SE, 2014.

PAES, Maria Cristina Dias. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnologias de Grão de Milho**. Circular Técnica. EMBRAPA, Sete Lagoas, 2006.

PARK, H. J.; CHINNAN, M. S. **Gas and water vapor barrier properties of edible films from protein and cellulosic materials**. Journal of Food Engineering, 1995. v. 25, p. 497-507.

PÉREZ, E.; LARES, M.; GONZÁLEZ, Z. **Some characteristics of sagu (*Canna edulis*) and zulu (*Maranta sp*) rhizomes**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1997. v. 45, p. 2546-2549.

ROCHA, G. O. **Obtenção e caracterização biodegradáveis a partir de misturas de amido de mandioca e extrato proteico de soja**. 2009. 119 f. Dissertação (Mestrado de Ciência e Tecnologia em Alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

RODRIGUES, M. V. N.; RODRIGUES, R. A. F.; SERRA, G. E.; ANDRIETTA, S. R.; FRANCO, T. T. **Produção de xarope de açúcar invertido obtido por hidrólise heterogênea, através de planejamento experimental**. Campinas: Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2000. v. 20, n. 1.

ROONEY, M. L. Active packaging in polymer films. *In*: ROONEY, M. L. **Active food packaging**. Glasgow: Chapman & Hall, 1995. p. 74-110.

SOBRAL, P. J. A. **Propriedades funcionais de biofilmes de gelatina em função da espessura**. Uberlândia: Ciência & Engenharia, 1999. v. 8, n. 1, p. 60-67.

SOUSA, G. M.; YAMASHITA, F.; SOARES JUNIOR, M. S. **Application of biodegradable films made from rice flour, poly(butylene adipate-co-terphthalate), glycerol and potassium sorbate in the preservation of fresh food pastas.** LWT – Food Science and Technology, 2016. v. 65, p. 39–45.

SUPPAKUL, P.; MILTZ, J.; SONNEVELD, K.; BIGGER, S. W. **Active Packaging Technologies with an Emphasis on Antimicrobial Concise Reviews in Food Science.** Journal of Food Science, 2003. v. 68, n. 2, p. 408–420.

TAGLIAPIETRA, B. L.; RUCHEL, F.; SILVA, M. N.; ALVES, A. F.; MARCKS, P.; ZANON, A. J.; RICHARD, N. S. P. S. **Avaliação físico-química de raízes de mandioca com diferentes tipos de manejo cultivadas no Rio Grande do Sul, Brasil.** Itapetininga: Revista Brasileira de Iniciação Científica (RBIC), 2019. v. 6, n. 6, p. 20-30.

VNA SOEST, J. J. G.; HULLEMAN, S. H. D.; WIT, D.; VLIEGENTHART, J. F. G. **Cristallinity in starch bioplastics.** Amsterdam: Industrial Crops and Products, 1996. v. 5, n. 1, p. 11-22.

YAO, S. K. L.; BHADA-TATA, P.; WOERDEN, F. V. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.** Washington: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2018.