Escola Secundária da Maia

Projeto Anual 12º Ano – Ciências e Tecnologias

Biologia

HydroFee

Matilde Nunes Viegas Antunes

Nuno Henrique Linhas e Marques

Sílvia Alexandra Marques de Magalhães

2023/2024

Resumo

As cápsulas convencionais de café são feitas geralmente de plástico ou alumínio podendo levar centenas de anos para se decompor naturalmente no meio ambiente contribuindo para a poluição terrestre e marinha. Com cada vez mais consumo de café, milhões de cápsulas são consumidas diariamente. E por isso, neste projeto, vamos tentar obter uma pastilha de café completamente biodegradável e hidrossolúvel, de tal forma que, no fim da sua utilização numa máquina comum, todos os resíduos se desfaçam sem alterar nem o sabor nem o aroma do café. Este projeto assenta na questão problema do número de cápsulas que não se conseguem degradar naturalmente. Pela nossa pesquisa nos repositórios, ainda não existe este estilo de cápsulas, somente existindo biodegradáveis (mas não hidrossolúveis).

Pretendemos criar um filme biodegradável através de amido e glicerol. O procedimento consiste na gelatinização do amido e secagem da solução numa estufa. Esta secagem é realizada em formas de silicone com a finalidade de ser mais fácil a respetiva descolagem (por experiência nossa). Com os filmes sintetizados, vamos utilizar uma máquina de selar/vácuo criando, assim, uma pastilha compatível com as máquinas existentes.

Esta procura exige ultrapassar problemas parcelares nomeadamente associados à sua fabricação e utilização, à hidrossolubilidade e à resistência. Já obtivemos alguns filmes biodegradáveis e já temos um protótipo. Falta realizar testes para a caracterização do filme. Para além disso, utilizaremos pequenas quantidades de café para camuflar o possível sabor do amido/glicerol.

Palavras-Chave: Amido, Filme biodegradável, Hidrossolubilidade, Pastilha de café

Abstract

Conventional coffee capsules are generally made of plastic or aluminum and can take hundreds of years to decompose naturally in the environment, leading to land and marine pollution. With the increasing of the coffee consumption, millions of capsules are consumed daily. And so, in this project, we will try to acquire a completely biodegradable and water-soluble coffee pod, in such a way that, at the end of its use in a common machine, all residues are dissolved without changing either the flavor or the aroma of the coffee. This project is based on the problem of the number of capsules that cannot be degraded naturally. From our research in the repositories, this style of capsules does not exist yet, only biodegradable ones (but not water-soluble).

We intend to create a biodegradable film using starch and glycerol. The procedure involves gelatinizing the starch and drying the solution in a stove. This drying is carried out in silicone molds to make detaching easier (from our experience). With the synthesized films, we will use a sealing/vacuum machine, thus creating a compatible pod with existing machines.

This search requires overcoming partial problems associated with its manufacture and use, water solubility, and resistance. We have already some acquired biodegradable films and we already have a prototype. Tests remain to be carried out to characterize the film. Furthermore, we will use small amounts of coffee to camouflage the possible taste of starch/glycerol.

Keywords: Starch, Biodegradable film, Water solubility, Coffee pod

Introdução/Revisão bibliográfica

O projeto HydroFee consiste na síntese de pastilhas de café biodegradáveis através de amido extraído da batata, com a finalidade de minimizar o impacto ambiental causado pelos resíduos das cápsulas tradicionais de café. As cápsulas convencionais, feitas geralmente de plástico ou alumínio, podem levar centenas de anos para se decompor naturalmente no meio ambiente (Felizardo P., Haidar S. (2020)), contribuindo para a poluição quer marinha quer terrestre. Assim, dentro dos muitos motivos que levam ao desenvolvimento deste projeto, destacamos:

- O volume de cápsulas de café descartadas: atualmente, milhões de cápsulas de café de uso único são consumidas diariamente em todo o mundo, sendo que mais de 60 biliões de cápsulas de café de uso único foram vendidas e utilizadas em 2020. (Cumming E. (2020))
- Consumidores: os consumidores têm cada vez mais consciência das questões ambientais e buscam muitas vezes por produtos mais sustentáveis. Pesquisas, como a de Silva M. (2021), revelam que cápsulas de café biodegradáveis estão cada vez mais a ser privilegiadas pelos consumidores.

Atualmente, ainda não existe este estilo de pastilhas de café inovadoras, existindo somente biodegradáveis, mas não hidrossolúveis. A ideia do projeto assenta na dissolução completa da pastilha de tal forma que no fim da sua utilização, todos os resíduos se dissolvam sem alterar nem o sabor nem o aroma do café. Esta procura exige ultrapassar alguns problemas detetados à priori, nomeadamente, associados à solubilidade da pastilha, à garantia do sabor e aroma final do café, à compatibilidade com as máquinas existentes e à resistência do produto antes da sua utilização.

O procedimento utilizado para se obter este bio-plástico consiste na gelatinização do amido utilizando o método casting, conforme Martins (2014), no entanto apresenta algumas diferenças que são exploradas no segmento seguinte. Esta hipótese de criar pastilhas de café a partir de amido e glicerol surgiu apartir das atuais películas das pastilhas para as máquinas de lavar, o que levou a se pensar se é possível utilizar o amido e o glicerol e a consequente gelatinização e secagem da solução com visa à obtenção de pastilhas de café solúveis.

Material e métodos

O ponto de partida do procedimento laboratorial partiu do documento "Filmes hidrossolúveis de amido e glicerina residual para embalagem de sabão em barra" de Isadora Pires (2014), no entanto foi alterado em alguns parâmetros, nomeadamente associados à secagem do filme e às quantidades do material inicial. O procedimento utilizado para obtenção das soluções que, depois de secas, darão origem aos filmes consiste na gelatinização do amido. Utilizamos 2,5 gramas de amido (extraído de milho, comprado no supermercado) para 1 grama de glicerol (fornecido pelo ISEP, no entanto é possível obtê-lo em algumas lojas) juntamente com 100 mililitros de água destilada. Ainda colocamos uma pequena quantidade (cerca de uma colher de café) de café (previamente moído num almofariz) com vista à camuflagem do possível sabor do amido e do glicerol. Esta solução é vertida para um gobelé que é posto numa manta de aquecimento a 80/85ºC durante um período de 40/45 minutos, agitando de 5 em 5 minutos com o auxílio de uma vareta, até à completa gelatinização da solução. Para finalizar, adicionamos água destilada até à marca inicial da solução. Após este processo a solução é transferida para uma placa de Petri (ou formas de silicone) e é deixada a secar numa estufa, com ventilação, a 50°C por aproximadamente 24 horas, ou até completa secagem do filme. Este processo usado para fazer os filmes biodegradáveis é chamado de método de casting, em que a solução do polímero é colocada numa placa de Petri e seca por evaporação.

Depois dos filmes se apresentarem secos, deixa-se repousar dentro da caixa de petri (ou da forma de silicone) e retira-se com cuidado depois de 24/48h. Para a criação da pastilha de café propriamente dita, utiliza-se uma máquina de vácuo/selar sobre os filmes biodegradáveis, de acordo com as medidas E.S.E. das pastilhas de café, ou seja, cerca de 4,4 centímetros de diâmetro e 0,8-1 centímetro de espessura. Mas, antes de selar completamente deixa-se um dos lados abertos para se colocar o café (no caso do projeto, café solúvel).

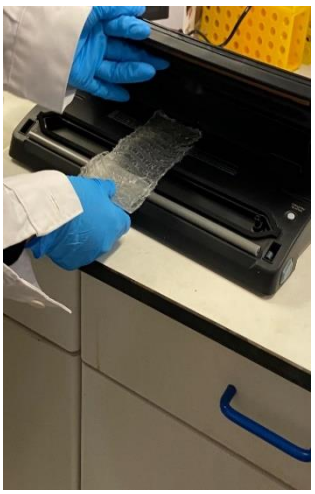


Imagem 1 – Máquina de selar/vácuo

Imagem 2 – Preparação da solução

Resultados

Preparação das soluções					Resultados		
	Massa de amido (gramas)	Massa de glicerina (gramas)	Tempo de aquecimento (minutos)	Observações	Após 24h (Estufa a 25ºC)	Após 48h (Estufa a 25ºC)	Testes de Solubilidade em água
Caixa de Petri 1	2,14 ± 0,01	1,04 ± 0,01	7:00	Ficou com um leve depósito de amido	Solução com depósito na superfície	Muito aguado, não se obteve plástico	Não foi possível verificar esta característica do filme tendo em conta que não se obteve um filme sólido
Caixa de Petri 2	2,09 ± 0,01	2,01 ± 0,01	7:00	Entrou em ebulição ao fim de 5 minutos	Solução levemente opaca, viscoso	Um pouco mais viscoso que todos os outros, mas muito aguado	
Caixa de Petri 3	3,01 ± 0,01	1,02 ± 0,01	7:00	----	Solução com depósito na superfície	Muito aguado, não se obteve plástico	

Tabela 1 – Variação da massa de glicerina e amido

Preparação das soluções					Resultados		
	Massa de amido (gramas)	Massa de glicerina (gramas)	Tempo de aquecimento (minutos)	Observações	Após 24h (Estufa a 50ºC)	Após 48h (Estufa a 50ºC)	Testes de Hidrossolubilidade
Solução 1	2,55 ± 0,01	1,04 ± 0,01	7:31	Heterógeno (possui grumos) e entrou em ebulição.	Solução com depósito na superfície	Filme maleável, apesar de não estar completamente seco. Fragmentava-se com facilidade	Pedaços do filme quando misturados com água tornam-se mais frágeis, desagregando-se. Este processo é acelerado na presença de água quente
Solução 2	2,51 ± 0,01	1,00 ± 0,01	9:00	Mais homogéneo, mais transparente. Mais viscoso.	Solução levemente opaca	Filmes húmidos, difícil descolagem do vidro	

Tabela 2 – Variação do tempo de aquecimento

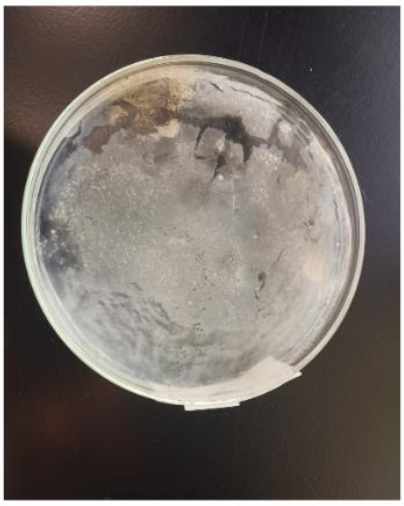


Imagem 3 – Filme resultante da solução 1

Imagem 4 – Filme resultante da solução 2

Preparação das soluções						Resultados	
	Massa de amido (gramas)	Massa de glicerol (gramas)	Tempo de aquecimento (minutos)	Espessura de solução por recipiente (milímetros)	Tipo de recipiente	Após 24h (Estufa a 50ºC)	Fotografia do filme biodegradável
Solução 1	2,55 ± 0,01	1,04 ± 0,01	45:00	10 ± 1	Caixa de Petri	Filme húmido, pouco espesso e fragmentava-se aquando da descolagem	
					Forma de silicone com irregularidades na base	Filme biodegradável pouco maleável, duro e espesso	
Solução 2	2,53 ± 0,01	1,00 ± 0,01	45:00	7 ± 1	Caixa de Petri	Difícil descolagem, filme fino e bastante flexivel	
					Forma de silicone com irregularidades na base	Filme apresenta as irregularidades da forma. É fino e maleável	

Tabela 3 – Variação do volume de solução por recipiente

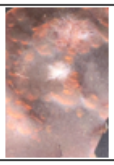
	Preparação das soluções						Resultados	
	Massa de amido (gramas)	Massa de glicerol (gramas)	Tempo de aquecimento (minutos)	Espessura de solução por recipiente (milímetros)	Quantidade de café	Tipo de recipiente	Após 24h (Estufa a 50ºC)	Fotografia do filme biodegradável
Solução 1	2,51 ± 0,01	1,09 ± 0,01	45:00	7 ± 1	1 colher de café	Forma de silicone redonda sem irregularidades na base	Filmes maleáveis, flexíveis e finos. Resistentes e apresentam a cor desejada.	
Solução 2	2,48 ± 0,01	1,01 ± 0,01	45:00	7 ± 1	1 colher de café	Forma de silicone dividida em reservatórios redondos	Filmes maleáveis apesar de pequenos, e apresentam a cor pretendida	
					2 colheres de café		Filmes com bolhas de ar, escuros e com bolor	

Tabela 4 – Variação da quantidade de café adicionada à solução

Os testes de hidrossolubilidade realizados nos ensaios retratados nas tabelas 1 e 2 baseiam-se em métodos arcaicos de deixar repousar num recipiente com água os filmes e respetiva anotação do estado de detereorização do filme. No entanto, em Maio e Junho de 2024, o projeto fez todos os testes de caracterização dos filmes usados das pastilhas de café nomeadamente os de

humidade, solubilidade, propriedades mecânicas e óticas no ISEP. Todo o fundamento científico e todos os procedimentos e resultados estão presentes no ebook do projeto e também no site do mesmo.

Espessura (mm)	Absorvência 600 nm	Transparência	Humidade (%)	Solubilidade (%)
0,221	0,45	2,04	27,21	57,57

Tabela 5 – Resultados dos testes de Caracterização do filme biodegradável

Imagem 5 – Primeiro Protótipo (sem medidas E.S.E)

Imagem 5 – Segundo Protótipo (compatível com as máquinas tradicionais)

Discussão/Conclusão

Como se afirmou na Introdução, o nosso procedimento foi sendo modificado aquando dos ensaios laboratoriais que o grupo realizava. Começou-se com quantidades de amido e de glicerol que não eram as ideais e também se alterou o tempo de aquecimento para a consequente gelatinização completa do amido. Como se pode observar na Tabela 2, apesar da diferença de tempo ser pequena, notou-se que efetivamente surgia um filme biodegradável muito melhor. Assim, com a pesquisa relativa à gelatinização deste polímero e acima de tudo com a ajuda da Doutora Elsa Viera (ISEP), alterou-se o tempo de aquecimento da solução, passando para 45 minutos sensivelmente.

Como se pode verificar pela análise da Tabela 1, inicialmente a estufa apresentava-se a 25ºC mas, quer devido ao tempo necessário para a secagem completa do filme, quer devido ao aparecimento de pequenos bolores, concluiu-se que se devia aumentar a temperatura da estufa para 50ºC, tornando a secagem mais eficaz e rápida. Também se concluiu, a partir dos vários ensaios, que a melhor espessura inicial da solução na forma era 0,7 centímetros (Tabela 2), estabelecendo-se assim um compromisso entre a resistência do filme, a sua hidrossolubilidade e as dimensões de uma pastilha tradicional.

Também se alterou a glicerina por glicerol, dada a possível presença de compostos que tenham consequências na saúde humana visto que o próprio material da pastilha se dissolve no café.

Como é visível na Tabela 4, na segunda solução, ao colocar-se 2 colheres de café nas soluções, o filme ganhou bolor, logo só se deve utilizar cerca meia colher de café por 100ml de solução; no entanto, poderá ter ocorrido alguns erros aleatórios que resultaram em bolhas de ar e que consequentemente levaram ao aparecimento deste bolor, assim o grupo pretende realizar novos ensaios avaliando somente a variação da quantidade de café com vista à apuração desta relação café-bolor.

Outra questão que foi modelando o procedimento foi o recipiente final no qual depositávamos a solução com visa à evaporação da água destilada presente na solução. Inicialmente começou-se em caixas de Petri mas era muito difícil a extração dos filmes do vidro, que recorrentemente resultava na fragmentação do mesmo. De entre as várias formas usadas concluiu-se que as formas de silicone com espaços individuais com cerca de 8cm de diâmetro são as indicadas, não compromentendo a uniformidade do filme nem a sua resistência/flexibilidade, sendo fácil a extração dos filmes da mesma.

O projeto já experimentou o protótipo numa máquina tradicional de café a pastilhas e efetivamente obteve-se um café e, no interior da máquina, não estava a pastilha, indicando portanto a sua completa dissolução. Não se provou a solução final dado o facto de todas as condições de saúde alimentar não estarem garantidas (por exemplo, os filmes não cumpriram todas as condições de higienização) e assim não pudemos avaliar o efeito do glicerol e amido no sabor final; no entanto, demonstramos que efetivamente era possível obter esta pastilha solúvel.

O projeto ainda deixa margem para se tornar ainda mais sustentável caso alguma equipa queira aproveitar o trabalho realizado pelo HydroFee, na medida em que o glicerol é um dos produtos resultantes da síntese de biodiesel e o amido pode ser extraído de restos vegetais, como cascas de batata (objetivo inicial do trabalho), no entanto esta extração tem um rendimento extremamente baixo (exige muitas filtrações e centrifugações) e é muito difícil obter amido com um grau de pureza elevado.

Agradecimentos/Contribuições do trabalho

Não seria possível termos obtido resultados tão bons sem a ajuda, colaboração e carinho de certas pessoas, como a Professora Luísa Santos (ESM), Professora Andreia Peixoto (FCUP) e a doutora Elsa Vieira (ISEP). Ainda queremos agradecer às assistentes operacionais da escola que sempre se mostraram disponíveis para nos ajudar, nomeadamente a D. Ana Azevedo e a D. Alice Jesus.

Referências bibliográficas

O nosso procedimento foi elaborado tendo em conta alguns estudos/teses de mestrado, no entanto foi altamente alterado pelos professores universitários que nos ajudaram na etapa da elaboração do filme biodegradável. Deixamos as referências:

[1] Machado M. (2014) in https://hdl.handle.net/1822/65232

[2] Costa L. (2022) in “A reciclagem do alumínio: Caminho para o desenvolvimento sustentável”

[3] Pires I. (2014) in “ "Filmes hidrossolúveis de amido e glicerina residual para embalagem de sabão em barra"

[4] Silva M. (2021) in “A Perceção do Consumidor e a Logística Inversa de cápsulas de café”

Contactos

O projeto HydroFee possui um website onde expõe as novidades associadas aos avanços do mesmo, bem como a exploração de outros conceitos teóricos fundamentais da investigação.

https://sites.google.com/aemaia.com/hydrofee