



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(21) BR 102025002390-3 A2

(22) Data do Depósito: 06/02/2025

(43) Data da Publicação Nacional:
02/12/2025

(54) Título: FILME BIODEGRADÁVEL, SEU PROCESSO DE OBTENÇÃO E USO COMO REMOVEDOR DE MANCHAS DE ÓLEOS VEGETAIS EM FIBRAS TÊXTEIS

(51) Int. Cl.: D06L 1/01; C11D 17/04; C11D 17/06; B29D 7/01; C08J 5/18; (...).

(52) CPC: D06L 1/01; C11D 17/041; C11D 17/06; B29D 7/01; C08J 5/18; (...).

(71) Depositante(es): UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ; UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO - UNESP.

(72) Inventor(es): ALESSANDRA MACHADO BARON; PATRÍCIA SALOMÃO GARCIA; THANDARA CRISTINA AGUIAR; MAYCON FLORE FIDELIS; LUCAS RODRIGUES OLIVEIRA; VALÉRIA MARTA GOMES DO NASCIMENTO.

(57) Resumo: FILME BIODEGRADÁVEL, SEU PROCESSO DE OBTENÇÃO E USO COMO REMOVEDOR DE MANCHAS DE ÓLEOS VEGETAIS EM FIBRAS TÊXTEIS. A presente invenção refere-se a formulações sólidas, na forma de filme, para remover óleos vegetais em tecido de algodão. O filme foi produzido a partir de materiais biodegradáveis e contém uma enzima denominada lipase, que auxilia na remoção das manchas de triacilgliceróis do tipo óleos/gorduras. O objetivo da invenção foi preparar um removedor de manchas de triacilgliceróis prático, que pode ser transportado como um item de higiene pessoal, de baixo custo e atóxico. A forma de remover a mancha consiste em colocar o filme em contato com o tecido manchado com óleo, por um determinado tempo e na sequência enxaguar a região afetada. Os resultados mostraram que o produto tem potencial como removedor de óleos vegetais em fibras têxteis, mais especificamente de algodão, podendo ser estendido o uso para outras fibras como as sintéticas, compostas por poliéster. A inovação está no material biodegradável utilizado e na forma que o removedor foi produzido (filme).

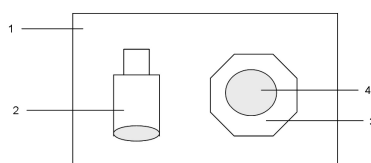


Figura 4

FILME BIODEGRADÁVEL, SEU PROCESSO DE OBTENÇÃO E USO COMO REMOVEDOR DE MANCHAS DE ÓLEOS VEGETAIS EM FIBRAS TÊXTEIS

Campo da Invenção

[1] A presente invenção refere-se a formulações sólidas, na forma de filmes biodegradáveis, contendo amido (AM), álcool polivinílico (PV-OH), k-carragena (k-car), montmorilonita (MMT), glicerol como plastificante e lipases incorporadas (Lip), compreendendo em uma formulação geral (Filme) e pelo menos um tipo de lipase ou enzima lipolítica (Lip). O produto (Filme-Lip) tem potencial para aplicação na indústria química e biotecnológica, com objetivo de remover manchas de óleos/gorduras de tecidos têxteis, à temperatura ambiente 25°C, anterior à lavagem ou pré-lavagem.

Descrição do Estado da Técnica

[2] A presente solicitação de Patente de Invenção insere-se mais especificamente no campo da indústria química e biotecnológica, na área de produtos de limpeza e produtos de higiene pessoal, e descreve a produção de um biocatalisador heterogêneo na forma de filmes biodegradáveis a partir de amido (AM), álcool polivinílico (PV-OH), k-carragena (k-car), montmorilonita (MMT), glicerol como plastificante e lipases (Lip). O invento pode ser aplicado para remoção de manchas de óleos/gorduras anterior à lavagem ou pré-lavagem de tecidos têxteis.

[3] O termo “anterior à lavagem” ou “pré-lavagem” refere-se ao procedimento doméstico e significa o processo de tratamento de artigos têxteis com um filme contendo uma formulação para a remoção da mancha.

[4] O termo “formulação geral (Filme)” compreende um material polimérico, produzido a partir de componentes biodegradáveis, sendo um deles sintético e os demais, naturais.

[5] Classifica-se como material polimérico biodegradável aquele que pode ser degradado por microorganismos, sendo de origem natural como os presentes em plantas, vegetais, e os de base biológica ou origem sintética.

Para os polímeros naturais destacam-se o algodão, a seda, a celulose, o amido, entre outros. Em relação aos polímeros de base biológica, são obtidos a partir dos naturais, porém requerem mais processos durante sua produção e obtenção, além de poderem ser sintetizados por microrganismos como fungos e bactérias. Para os polímeros sintéticos biodegradáveis, destaca-se a utilização do policaprolactona (PCL), álcool polivinílico (PV-OH), polibutileno succinato (PBS) e poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT).

[6] O emprego destes componentes para a produção de filmes biodegradáveis e incorporação de enzimas através do processo de imobilização enzimática, se justifica devido ao valor agregado ao produto final e a minimização do uso de materiais tóxicos ao meio ambiente. Além disso, o desenvolvimento e aplicação de materiais biodegradáveis contribuem para o alcance de alguns objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), tais como os ODS 3 (Saúde e bem-estar), 9 (Indústria, inovação e infraestrutura), 11 (Cidades e comunidades sustentáveis), 12 (Consumo e produção responsáveis), 13 (Ação contra a mudança global do clima), 14 (vida na água) e 15 (vida terrestre).

[7] O termo “fibras têxteis” inclui o tecido de algodão (fibras naturais), tecido voil (tecido sintético, 100% poliéster), tecido Oxford (100% poliéster, com cor) e vestuários e panos produzidos com tais materiais têxteis.

[8] O termo “lipase” ou “enzima lipolítica”, se refere a uma enzima que recebe classificação EC 3.1.1.3, conforme a Comissão de Enzimas (número E. C., do inglês *Enzyme Commission*, <http://www.sbcs.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/> e que a caracteriza como uma enzima que atua em ligações ésteres e na degradação de lipídeos, com capacidade de degradação de triacilgliceróis, produzindo glicerol e ácidos graxos.

[9] O termo “triacilgliceróis”, refere-se a um triéster, composto por cadeias alquílicas de 4 a 22 carbonos, sendo de origem vegetal ou animal, podendo ser saturados ou insaturados, sólidos, semi sólidos ou líquidos à temperatura ambiente.

[10] Embora a aplicação da presente invenção tenha ocorrido com a remoção de óleos vegetais, a invenção provê que o desempenho do produto possa ser estendido para manchas de outros tipos de triacilgliceróis, conforme definição acima, como gordura por exemplo.

[11] Enzimas suportadas em filmes biodegradáveis, ainda são pouco citadas na literatura. É possível que a falta desses estudos possa estar associada a baixa estabilidade mecânica dos biomateriais. Assim, os estudos mais atuais abordam formas de mitigar tal desvantagem, utilizando misturas de biopolímeros com materiais inorgânicos e orgânicos, como a montmorilonita e a k-carragena, para aumentar a resistência mecânica destes filmes, mantendo a biodegradabilidade.

[12] Nesta invenção o produto (Filme-Lip) pode ser aplicado com as mãos sobre as fibras têxteis contendo a mancha com óleo/gordura, umedecendo o filme ou a fibra, desta forma a lipase presente no filme atuaria na degradação do óleo/gordura, produzindo ácidos graxos e glicerol. Estes últimos são menos tóxicos ao meio ambiente e mais solúveis em água. Como consequência, o produto contribuiu para biorremediação do óleo e na diminuição de produtos detergentes no processo de lavagem. Para remoção completa da mancha, considera-se utilizar um detergente preferencial em uma máquina de lavar doméstica ou industrial, ou realizar o procedimento de lavagem manualmente.

[13] Para a busca por anterioridade bases nacionais e internacionais foram investigadas, como INPI, Google, Google patents, PubMed, Scielo, Periódicos Capes, Web of Science e Spacenet.

[14] A inclusão de lipases em composição de detergentes líquidos e em pó, para o aperfeiçoamento de remoção de triglicerídeos é bastante conhecida e relatada em patentes, artigos científicos e trabalhos acadêmicos. Assim também, há alguns trabalhos relatados na literatura, onde filmes biodegradáveis foram produzidos a fim de imobilizar lipases para fins biocatalíticos distintos do proposto neste pedido de invenção. Por exemplo:

[15] Os documentos de patentes (PI 8907007A, BR 112012017062-7 A2, PI 0009396-3 B1, PI 8907007A, PI 9509729-5 A), todos do INPI e artigos publicados por Kalantzi et al. (2010), Gurkok e Ozdal (2021); Alabdalall et al. (2021), na base Google Acadêmico, Science Direct e PubMed respectivamente, descrevem formulações de detergentes líquidos ou em pó. Possuem em sua composição lipases (PI 8907007A, BR 112012017062-7 A2, PI 0009396-3 B1; Gurkok e Ozdal 2021; Alabdalall et al., 2021) ou outras enzimas como proteases (PI 8907007A, PI 9509729-5 A; Kalantzi et al., 2010). Além da(s) enzima(s), as formulações líquidas podem trazer um ou mais componentes, como agentes alvejantes, ativadores de agentes alvejantes, hidrótropos, cargas, perfumes, agentes de coloração, germicidas, agentes de suspensão de sujidade, ácidos amino-polifosfônicos e seus sais de metal alcalino ou alcalino terroso, tais com ácidos graxos, benzotriazol e semelhantes (PI 8907007A; PI 9509729-5 A; BR 112020012133-9 A2; Gurkok e Ozdal 2021; Alabdalall et al., 2021).

[16] O principal inconveniente nas formulações líquidas contendo enzimas, incluindo lipases, é a suscetibilidade à diminuição da atividade catalítica com o passar do tempo. Como consequência, essas formulações possuem um tempo de prateleira menor, em relação às sólidas, levando a uma perda na eficiência de remoção da mancha.

[17] Para os pedidos de invenção onde há mais de um tipo de enzima (sejam elas sólidas ou líquidas) (PI 9509729-5 A, INPI), há o inconveniente de uma enzima inativar a outra, o que também reduziria a eficiência do produto e ineficácia na aplicação. Além disso, aditivos adicionais como os citados acima, também podem inativar a(s) enzima(s).

[18] Para minimizar estes inconvenientes, as invenções propõem o melhoramento da estabilidade das enzimas, o que pode ocorrer através do melhoramento genético, mutações e clonagens dos microrganismos produtores das enzimas para que as enzimas oriundas dos microrganismos modificados, possam ser mais estáveis que as oriundas de cepa selvagem (BR

112018003925-0 A8; BR 112012017062-7 A2; PI 0009396-3 B1, INPI). Entretanto, o custo e os reagentes utilizados para o processo encarecem o produto final.

[19] Outra possibilidade para aumentar a estabilidade de enzimas em detergentes líquidos, é a utilização de enzimas cristalizadas (US2002/0137156, Google Patents) ou imobilizadas (US6030933-A, Google Patents). Para o primeiro caso, o preço final do produto é maior em relação à enzima não cristalizada. Para o segundo, a imobilização precisa ser através de ligação química, para que a enzima não seja lixiviada para a solução. Tal procedimento aumenta os custos do produto final, além de haver a possibilidade de inativação enzimática após o procedimento, já que há modificações químicas mais severas.

[20] Além da forma em pó, encontrou-se ainda um removedor sólido, denominado bastão tira manchas, comercializado pela Amazon. Auxilia na pré-lavagem, foi projetado para qualquer tipo de tecido branco ou colorido (ex: seda, linho, poliéster, algodão e etc.). É indicado para remoção de manchas de batom, vinho, café, frutas, ketchup, caneta esferográfica e manchas amareladas. Em sua composição foram descritos compostos como terpenos, emoliente, diluente, tensoativo não iônico, umectante, espessante e veículo. Não foi identificada a adição de enzima(s) e tão pouco a remoção de óleos/gorduras.

[21] Neste ponto, destacam-se algumas vantagens para a presente invenção, o produto desenvolvido trata-se de um removedor de manchas de óleo/gordura produzido com matérias de baixo custo e renováveis, eco-amigável e sólido, o que aumenta o tempo de prateleira da enzima. Há a presença de um tipo de enzima, lipase, e portanto não há a possibilidade de inativação por outras enzimas. A lipase está imobilizada no filme por adsorção física, um método simples, mais barato em relação aos demais, que em geral não causam inativação enzimática após o processo. Além disso, manchas de óleo/gorduras poderiam ser minimizadas sequencialmente após sua formação,

melhorando o aspecto de quem está usando uma peça de roupa e não pode trocá-la imediatamente. O produto pode ser usado também como produto de pré-lavagem.

[22] Filmes biodegradáveis têm sido produzidos com o objetivo de imobilizar lipases e aplicá-las em reações biocatalíticas como produção de ésteres (Castro et al., 2021; Santana et al., 2018; Badgujar e Bhanage, 2014); reações para produção de amidas (Kirtikumar et al., 2013) e produção de biodiesel (Dhake e Krishna, 2011). Entretanto, comparações entre esses trabalhos precisam ser realizadas com cautela, já que há diferenças no tipo de material biodegradável produzido, na lipase empregada, no microrganismo que produziu a lipase e na aplicação biocatalítica.

[23] Na base PubMed, na Revista *Biotechnology and Applied Biochemistry*, o artigo intitulado: *Lipase immobilization on biodegradable film with sericin* foi publicado por Castro et al. (2021). Os autores imobilizaram lipase de *Botryosphaeria ribis*, uma lipase de fonte fúngica, que catalisa reações de hidrólise e esterificação (formação de éster), enquanto na presente invenção, a fonte é bacteriana e no caso específico, a lipase tem especificidade maior para reações de hidrólise (Oliveira et al., 2015). Há diferenças na formulação do filme, Castro et al. (2021) produziram um filme contendo sericina (proteína obtida do casulo do bicho da seda). A vantagem deste filme é a manutenção da biodegradação do material e aproveitamento de resíduos da indústria têxtil, proveniente da sericina. A sericina é um resíduo gerado do processo de degomagem, para a produção dos fios de seda. Porém, a desvantagem foi a diminuição da resistência à tração, em relação ao filme sem sericina. Destaca-se ainda que as lipases imobilizadas foram aplicadas em reações para produção do oleato de etila, um éster que é aditivo em biocombustíveis.

[24] Na base Google acadêmico, Santana et al. (2018) publicaram o artigo: *Immobilized lipases in sericin–dimethylolurea films as biocatalysts in esterification*. Os autores imobilizaram lipase de *Bukholderia cepacia*, uma lipase de fonte bacteriana. O artigo se distingue da presente invenção em

relação à formulação do filme, com alguns componentes como sericina e dimetilolureia, e a aplicação em reações para produção de um éster, o oleato de etila, que é aditivo em biocombustíveis. Para a produção do filme utilizaram a sericina, possibilitando agregar valor ao produto final, porém utiliza como um dos componentes a dimetilolureia, que possui alta toxicidade.

[25] Na base Sciencedirect encontrou-se um artigo com título Synthesis of geranyl acetate in non-aqueous media using immobilized *Pseudomonas cepacia* lipase on biodegradable polymer film: Kinetic modelling and chain length effect study. Badgujar e Bhanage (2014) imobilizaram lipase de *Bukholderia cepacia*, uma lipase de fonte bacteriana. O artigo se distingue da presente invenção em relação à formulação do filme, quando utilizou alguns componentes como ácido polilático (PLA) e quitosana (CH). Além disso, a aplicação da lipase imobilizada no filme foi para produção do acetato de geranila, um éster empregado em alimentos, fragrâncias, aditivos, cosméticos, produtos farmacêuticos e cuidados pessoais. A presença de quitosana ao filme é vista de forma atrativa para imobilização devido à sua característica, como a ausência de toxicidade, inércia à reatividade química e natureza eco-amigável.

[26] Para os demais artigos citados no item [21], as distinções em relação ao referido pedido são semelhantes às relatadas entre os itens [22-24] e dizem respeito à fonte da lipase, filme produzido e aplicação.

[27] Portanto, se observa que em relação aos documentos citados, todos são distintos da invenção aqui proposta, justificando o potencial para a proteção do produto.

Objetivos da Invenção

[28] A presente invenção tem por objetivo a remoção de manchas de óleos/gorduras em tecidos têxteis utilizando um filme produzido com componentes biodegradáveis e contendo lipase incorporada sobre a superfície do filme.

Breve descrição da invenção

[29] Os objetivos da presente invenção são alcançados por serem filmes compostos de amido de milho e álcool polivinílico, contendo k-carragena, nanoargila montmorilonita, lipase de *Burkholderia lata* e glicerol como aditivo plastificante, onde as concentrações de amido variam de 59 a 80%, do álcool polivinílico de 20%, da k-carragena de 20% e do glicerol de 20% e na lipase de *Burkholderia lata*, com concentração de proteína de 15 mg/g de filme.

[30] Os objetivos da presente invenção também são alcançados por utilizar filme biodegradável à base de amido e álcool polivinílico com lipases imobilizadas sobre o filme, para hidrólise de triacilgliceróis compostos por cadeias alquílicas de 4 a 22 carbonos, sendo de origem vegetal ou animal, podendo ser saturados ou insaturados, sólidos, semi sólidos ou líquidos à temperatura ambiente, em meio aquoso.

Descrição resumida dos desenhos

[31] Segue uma breve descrição de um exemplo de execução da presente invenção. As figuras revelam:

Figura 1 – Imagem do biofilme AM-PVOH.

Figura 2 – Imagem do biofilme AM-PVOH-k-Car.

Figura 3 – Imagem dos biofilmes AM-PVOH-k-Car-MMT.

Figura 4 – Protótipo de como a invenção poderia ser comercializada. 1- *necessaire*; 2 - frasco vazio (borrifador) para colocar água e auxiliar na remoção da mancha; 3 - porta filmes com uma tampa abre-fecha e 4 unidades dos filmes individuais.

Descrição detalhada da invenção

[32] Etapa I - Para a produção dos filmes poliméricos foram utilizados amido (AM), álcool polivinílico (PV-OH), k-carragena (k-car), nanoargila montmorilonita e glicerol como plastificante.

[33] Os filmes foram produzidos por *casting* seguindo a metodologia de Barizão et al. (2020) e Simões et al. (2020), com 3 formulações distintas, sendo: Filme de Amido de milho (AM) e álcool polivinílico (PVOH), Filme de AM, PVOH e k-Carragena (k-Car) e AM-PVOH-k-Car e montmorilonita (MMT).

Sendo a porcentagem (% m/m) dos polímeros e MMT: AM-PVOH (80:20); AM-PVOH- κ -Car (60:20:20); MMT 0.6 g 100 g⁻¹ polímero. Glicerol foi utilizado como plastificante (20%, m/m). Para todos os casos, o glicerol foi dissolvido em água destilada sob agitação mecânica, à parte, misturou-se os polímeros e MMT (para o filme AM-PVOH- κ -Car-MMT), em seguida todos os materiais secos foram adicionados à solução inicial. Após completa dissolução, iniciou-se o aquecimento até atingir a temperatura de 90°C, a qual foi mantida por 30 min. Após, a solução foi transferida para 2 placas de Petri plásticas de 150 mm de diâmetro e encaminhada à estufa com circulação de ar à 40°C por 16 horas. Após este período, os filmes secos foram armazenados em um dessecador. Vale ressaltar, que embora filmes semelhantes tenham sido produzidos em trabalhos anteriores, as aplicações estão relacionadas essencialmente para a área de alimentos, na produção de embalagens biodegradáveis. Além disso, não há referências, até o momento da produção do filme com nanoargila e os demais componentes empregados.

[34] As Figuras 1, 2 e 3 apresentam as amostras dos filmes fotografadas usando uma câmera de smartphone (Poco X5, Xiaomi Inc., China). Sendo a Figura 1 o filme contendo AM-PVOH, Figura 2 o filme contendo AM-PVOH- κ -Car e Figura 3 o filme contendo AM-PVOH- κ -Car-MMT. Observou-se que os filmes apresentaram excelente processabilidade, manipulação e homogeneidade.

[35] Etapa II - Inserção da enzima denominada lipase, nos filmes. Após a formação dos filmes, inicia-se a etapa de incorporação da lipase sobre a superfície do filme, também denominada etapa de imobilização enzimática. A imobilização foi realizada por adsorção conforme o método denominado sanduíche, descrito por Santana et al. (2018), com adaptações. Os filmes produzidos foram recortados sobre placas de Petri de 90 mm de diâmetro. Sobre os filmes recortados, foram depositados 4 mL da solução enzimática (preparada em tampão citrato-fosfato pH 5, 0,05 mol/L e isopropanol, 70:30 v/v) em um dos lados do filme, em seguida levados para evaporação do solvente,

em estufa com circulação a 28°C durante 1 hora e 30 minutos. O filme foi então invertido e outros 4 mL da solução enzimática foram depositados no filme, retornando-o à estufa para evaporação do solvente com o mesmo período. Em seguida, o filme foi enxaguado com 3 mL de *n*-hexano para remover as lipases não adsorvidas. Após secagem à temperatura ambiente por 2 h, o filme foi cortado em quadrados de 0,5 x 0,5 cm e armazenados a 4°C. Estudos relacionados à manutenção da ação catalítica da enzima foram realizados, através do rendimento de imobilização e retenção da atividade lipolítica. Os produtos obtidos desta etapa foram denominados AM-PVOH-Lip, AM-PVOH-k-Car-Lip e AM-PVOH-k-Car-MMT-Lip. O termo “Lip” refere-se a lipase de *B. lata*.

[36] Etapa III) Testes para a remoção de manchas de óleo em tecidos de algodão. Após a forma dos filmes contendo lipases na superfície, realizou-se os testes para verificação da remoção das manchas de óleo de soja em fibras têxteis. Como citado anteriormente, lipases são enzimas que catalisam reações de hidrólise de ésteres. Dentro desta classe de compostos, encontram-se triacilgliceróis, como por exemplo, os óleos vegetais e gorduras animais. Quando estas enzimas estão em contato com estes compostos, desde que tenha uma quantidade de água mínima, elas catalisam a reação de degradação, para formação de compostos mais simples, ou seja, ácidos carboxílicos e glicerol, que são mais solúveis em água, quando comparados aos compostos iniciais. Partindo deste princípio, tecidos e roupas com manchas de óleos/gorduras ou alimentos que contenham estes compostos, podem ter a remoção da mancha ou minimização antes do processo de lavagem, pela ação destas enzimas. Desta forma, aplicou-se o produto desenvolvido nesta presente invenção, que se trata de filmes biodegradáveis contendo lipase na superfície do filme, e inicialmente analisou-se a remoção de óleos vegetais em tecido de algodão. Para tal, o tecido 100% algodão e liso (1,5 x 1 m) foi previamente lavado com detergente neutro e seco a temperatura ambiente. Em seguida, foram cortadas peças do tecido com dimensão de 5 x 5 cm, pesadas para anotação da massa inicial e cada peça recebeu 100 µg (1

gota) de óleo de soja de fritura. Para a completa absorção das manchas, os tecidos permaneceram em uma caixa sem tampa, por aproximadamente 12 h à temperatura ambiente. Após, cada peça foi pesada novamente e o tecido foi molhado com auxílio de um borrifador. Em seguida, os filmes contendo as lipases imobilizadas (Filme-Lip), recortados em quadrados de 4 cm² de área, foram posicionados sobre a mancha de óleo presente no tecido durante 3 min. Após este tempo, dois procedimentos foram realizados: 1) O tecido foi enxaguado em 100 mL de água por 15 minutos, seco por 24 h à temperatura ambiente e pesado novamente; 2) O tecido foi enxaguado juntamente com o Filme-Lip em 100 mL de água por 15 minutos, seco por 24 h à temperatura ambiente e pesado. Para este procedimento e a fim de comparar a eficiência do produto Filme-Lip, a avaliação da remoção de óleo do tecido foi realizada também com a adição somente da lipase, tanto na forma liofilizada (pó), como em solução, utilizando quantidades equivalentes de enzima. Esta etapa foi registrada através de fotografias e para melhor visualização, o óleo foi misturado com aproximadamente 1% (m/v) de clorofila em pó para intensificar a cor da mancha no tecido. Os ensaios foram realizados em triplicata e a porcentagem de remoção de óleo (RO) foi calculada usando a Equação 1 (GURKOK e OZDAL 2021, com adaptações).

$$RO = \frac{(M_o - M_L).100}{M_o} \quad (1)$$

Onde:

M_o: massa do tecido contendo óleo (g)

M_L: massa do tecido após aplicação do filme e/ou enxague em água (g)

[37] Os seguintes controles foram realizados, (a) tecido contendo óleo sem a presença do Filme-Lip, (b) tecido contendo óleo com Filme (sem enzima) e (c) o tecido com mancha de óleo foi enxaguado em presença do Filme, após o filme sem enzima ser aplicado no tecido.

[38] Em relação a aplicação do produto para remoção de óleos vegetais, a Tabela 1 apresenta os dados quantitativos do percentual de óleo que permaneceu no tecido. Para o tratamento 1, os filmes com a lipase imobilizada apresentaram remoção de 63 a 70% do óleo presente no tecido. Para os controles: (a) o tecido com mancha de óleo foi apenas enxaguado, (b) o tecido com mancha de óleo foi enxaguado após o filme sem enzima ser aplicado no tecido e (c) o tecido com mancha de óleo foi enxaguado em presença do filme, após o filme sem enzima ser aplicado no tecido, observou-se remoção de aproximadamente $50 \pm 5\%$ do óleo no tecido para os três casos.

Tabela 1 – Porcentagem de remoção de óleo de soja no tecido (RO, %), após tratamento com a lipase de *Burkholderia lata* livre e imobilizada em filmes biodegradáveis.

Formulação	Tratamento 1 (RO%)	Tratamento 2 (RO%)
AM-PVOH-Lip	$64,3 \pm 4,7$	$24,6 \pm 8,8$
AM-PVOH-k-Car-Lip	$62,3 \pm 0,8$	$58,1 \pm 9,3$
AM-PVOH-k-Car-MMT-Lip	$68,6 \pm 4,6$	$76,2 \pm 7,2$
Solução Enzimática		$45,8 \pm 5,6$
Enzima liofilizada		$39 \pm 1,5$

Tratamento 1: o tecido ficou em contato com o filme por 3 min e em seguida foi enxaguado; Tratamento 2: o tecido ficou em contato com o filme por 3 min e em seguida foi enxaguado com a presença da enzima livre ou em biofilme-Lip. Em ambos o enxágue foi por 15 min, com 100 mL de água, o tecido foi seco à temperatura ambiente e pesado após por 24 h.

Fonte: Autoria própria (2023).

[39] Em relação ao tratamento 2 (Tabela 1), o filme AM-PVOH-k-Car-MMT-Lip apresentou maior percentual de remoção de óleo do tecido (76,2%) e o filme AM-PVOH-Lip, menor percentual de remoção do óleo no tecido (24,6%). A baixa porcentagem para o filme AM-PVOH-Lip pode estar associada à forma como é calculado o teor de óleo residual. Observou-se para este caso específico, que o tecido após secagem, ficou com aspecto de “engomado”, possivelmente por conta da alta solubilidade deste filme em água, os polímeros

podem ter aderido ao tecido, contribuindo para o aumento da massa final do tecido, após secagem.

[40] Os tecidos onde se utilizou a enzima liofilizada e a solução enzimática apresentaram eficiência de remoção de óleo semelhante e menores quando comparados aos produtos AM-PVOH-k-Car-MMT-Lip e AM-PVOH-k-Car-Lip.

[41] Com os resultados observados, nota-se que o tratamento para a remoção de óleos utilizando o biofilme AM-PVOH-k-Car-MMT-Lip foi o mais eficaz, por isso, este produto teria maior potencial para ser aplicado como removedor de óleos e/ou tratamento pré-lavagem em tecidos manchados com óleo. Levando em consideração apenas os componentes principais para a produção do produto com maior eficácia de remoção (AM-PVOH-k-Car-MMT-Lip) em escala laboratorial, 20 filmes (2x2cm) custaria R\$ 1,8957 (Tabela 2).

[42] Vale ressaltar ainda que em relação às outras formulações, o filme AM-PVOH-k-Car-MMT-Lip foi menos solúvel em água, favorecendo a utilização do produto no tecido úmido, não aderindo ao tecido, foi também mais homogêneo e com melhores propriedades mecânicas (dados não mostrados).

Tabela 2 – Custo de produção do filme com maior potencial de remoção de óleo em tecidos, AM-PVOH-k-Car-MMT-Lip

Formulação	AM (R\$/g)	Glicerol (R\$/mL)	PVOH (R\$/g)	k-Car (R\$/g)	MMT (R\$/g)	Enzima (R\$/mL)	Custo final
AM-PVOH-k-Car-MMT	0,1584	0,1019	0,1952	1,12	0,00024	0,32	1,8957

Fonte: Autoria própria (2023).

[43] Em relação à enzima livre, a imobilização da lipase em filmes biodegradáveis se justifica para além da praticidade de transporte (filme seria mais prático que solução ou pó) pois, a eficácia de remoção de óleo foi superior a 30% para a solução enzimática e superior a 37% para a lipase liofilizada (pó).

[44] Pelos motivos apontados, resta evidente que a presente invenção alcança os objetivos a que se propõe alcançar, revelando um produto capaz de

remover óleos vegetais de forma prática, de baixo custo e atóxico. Atualmente os removedores de manchas de óleos/gorduras em tecido são comercializados principalmente na forma líquida, em frascos de aproximadamente 500 mL, há ainda produtos em pó e em bastão. A presente invenção trata-se de um removedor de manchas de óleos/gorduras em roupas na forma de um filme (removedor sólido) e será útil como item que auxilia na pré-lavagem, na remoção das referidas manchas e como item de higiene pessoal que pode ser transportado em bolsas, malas de viagem, em embalagens pequenas, com unidades específicas, como representa o protótipo na Figura 4. Por exemplo, caso ocorra algum incidente durante refeições em horários de trabalho, viagens, festas e afins, o produto poderia ser usado imediatamente ao ocorrido. Dependendo da mancha, após a aplicação do produto, já seria possível verificar visualmente a diminuição. Além disso, em manchas maiores, a aplicação do produto poderia ser considerada como um pré-tratamento, o que facilitaria no processo de lavagem. Em adição, o produto é eco-amigável, pois todos os materiais utilizados são biodegradáveis.

[45] Tendo sido revelados alguns exemplos de execução preferenciais e alternativos à presente invenção, resta claro que nenhum dos exemplos prestados é limitativo ao escopo de proteção da presente invenção, sendo este definido e limitado tão somente pelo quadro reivindicatório apenso e pelas reivindicações nele contidas.

Referência Bibliográficas

- [1] ALNOCH, R. C., *et al.* Recent Trends in Biomaterials for Immobilization of lipases for application in nonconventional media. **Catalysts**, v. 10, p. 697–726, 2020.
- [2] BARIZÃO, DE L.C., *et al.* Biodegradable films based on commercial κ-carrageenan and cassava starch to achieve low production costs. **Int. J. Biol. Macromol.**, p. 165: 582–590, 2020.
- [3] BADGUJAR, K. C., BHANAGE, B. M. Synthesis of geranyl acetate in non-aqueous media using immobilized *Pseudomonas cepacia* lipase on

biodegradable polymer film: Kinetic modelling and chain length effect study. **Process Biochemistry**, v. 49(8), p. 1304–1313, 2014.

[4] BARON, A.M., *et al.* Metal-organic framework based on iron and terephthalic acid as a multiporous support for lipase *Burkholderia lata* LBBIO-BL02 and its potential for biocatalysis. **Biocatal. and Biotrans.**, v. 41, p. 332–343, 2023.

[5] BAUER, Frederic; ESPER, Claudia; SPANGENBERG, Oliver. **Formulação para lavagem de roupa, usos de componentes, de pelo menos um composto da fórmula gerla (I), de uma mistura de tensoativo, de pelo menos uma lipase de triacilglicerol fúngica, e, métodos para remover depósitos de gordura, para reduzir a redeposição de compostos gordurosos em artigo têxtil e para limpar artigos têxteis.** Depositante: BASF SE. BR 112020012133-9 A2. Depósito: 07 dez. 2018.

[6] BRADFORD, M.M. A rapid sensitive method for a quantitation of microgramquantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, 1976.

[7] CASTRO, M.DA.C., *et al.* Lipase immobilization on biodegradable film with sericin. **Biotechnol. Appl. Biochem.**, v. 69, p. 660–667, 2021.

[8] CHRISTIAN ADAMS; BRIAN SCHMIDT. **Composições detergentes contendo lipase de *Geobacillus stearothermophilus* e métodos para uso das mesmas.** Depositante: DANISCO US INC. BR 112012017062-7 A2. Depósito: 14 dez. 2010.

[9] DE ROSE, Simone Antonio; *et al.* **Composição líquida de detergentia compreendendo uma protease e uma lipase.** Depositante: UNILEVER IP HOLDINGS B.V. BR 112018003925-0 A8. Depósito: 25 ago. 2016.

[10] DHAKE K. P., *et al.* Improved activity and stability of *Rhizopus oryzae* lipase via immobilization for citronellol ester synthesis in supercritical carbon dioxide. **Biotechnology**, v. 156, n. 1, p.46–51, 2011.

[11] DINTCHEVA, N. TZ. Overview of polymers and biopolymers degradation and stabilization towards sustainability and materials circularity. **Polymer**, v. 306, 127136, 2024.

- [12] HERBOTS, Ivan Maurice Alfons Jan; *et al.* Detergent compositions comprising immobilized enzymes. Depositante: Procter and Gamble Co. US6030933-A. Depósito: 29 fev. 2000.
- [13] MARGOLIN, Alexey L. ; *et al.* **Controlled dissolution crosslinked protein crystals**. Depositante: Altus Biologics Inc. US2002/0137156. Depósito: 26 set. 2002.
- [14] OLIVEIRA, B. H.; *et al.* Overproduction and properties of lipase by a wild strain of Burkholderia lata LBBIO-BL02 using chicken fat. **Annals of Microbiology**, v. 65, n. 2, p. 865–877, 2015.
- [15] SANTANA, T.A.C., *et al.* Immobilized Lipases in Sericin–Dimethylolurea Films as Biocatalysts in Esterification. **Chem. Pap.**, v. 73, p. 645–652, 2018.
- [16] SIMÕES, B.M., *et al.* Production of starch-polyester bio-support for lipases immobilization: synergistic action of itaconic acid and nanoclay. Prep. **Biochem. Biotechnol.**, v. 51, p. 580–588, 2020.
- [17] VAN DIJK, Willem Roben. **Composição para enxaguar ou lavar pratos e processo para lavagem de pratos**. Depositante: Unilever N.V. (NL). PI 8907007 A. Depósito: 09 jun. 1989.
- [18] VIND, Jesper; *et al.* **Lipase, e, composição detergente**. Depositante: NOVOZYMES A/S. PI 0009396-3 B1. Depósito: 03 ma. 2000. Concessão: 05 jan. 2001.
- [19] WINKLER, U.K., STUCKMANN, M. Glycogen, Hyaluronate, and sme other polysaccharides greatly enhance the formation of exolipase by *Serratia marcescens*. **J. Bacteriol.**, v. 138, p. 663–670, 1979.
- [20] WOLFF , Ann Margaret; KASTURI, Chandrika; BAECK, Andre. **Composições detergentes contendo lipase e proteases**. Depositante: The Procter & Gamble Company (US). PI 9509729-5 A. Depósito: 03 nov. 1995.
- [21] XIE, Y., *et al.*; Bio-based polymeric materials synthesized from renewable resources: A mini-review. **Resources Chemicals and Materials**, 2(3), 223–230, 2023.

[22] YADAV, G.D., JADHAV, S.R. Synthesis of reusable lipases by immobilization on hexagonal mesoporous silica and encapsulation in calcium alginate: transesterification in non-aqueous medium. **Microporous Mesoporous Mat.** v. 86, p. 215–222. 2005.

[23] ZHU, X., *et al.* Accelerated hydrolysis and degradation of polylactide nanocomposites using loaded silica nanocarriers. **Chemical Engineering Journal**, 491, v. 151903, 2024.

REIVINDICAÇÕES

1. **FILME BIODEGRADÁVEL** caracterizado por serem filmes compostos de 59 a 80% de amido de milho, 20% de álcool polivinílico, podendo conter até 20% de k-carragena e 0,6% de nanoargila montmorilonita; utiliza-se 20% de glicerol como plastificante para a formação do filme; e lipase de *Burkholderia lata*, com concentração de proteína de 15 mg/g de filme, incorporada ao filme na forma de solução enzimática preparada em tampão citrato-fosfato pH 5, 0,05 mol/L e isopropanol, 70:30 v/v.

2. **PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FILME BIODEGRADÁVEL** de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por utilizar solução aquosa, com aquecimento gradual de 40 a 90 °C, sob a agitação magnética constante, por 30 minutos a partir de 90 °C, sendo confeccionados pela técnica de casting, utilizando placas de Petri plástica com diâmetro de 150 mm, e secagem com circulação de ar a uma temperatura de 40 °C por um período de tempo de 16 a 24 horas.

3. **PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FILME BIODEGRADÁVEL PARA DESENGORDURAMENTO DE FIBRAS TÊXTEIS** de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por utilizar filme biodegradável descrito na reivindicação 1, para remoção de manchas de óleos de origem vegetal ou animal, podendo ser saturados ou insaturados, sólidos, semi sólidos ou líquidos à temperatura ambiente, em algodão (fibras naturais), tecido voil (tecido sintético, 100% poliéster), tecido Oxford (100% poliéster, com cor) e vestuários e panos produzidos com tais materiais têxteis,

4. **MÉTODO PARA REDUZIR MANCHAS DE COMPOSTOS GORDUROSOS EM FIBRAS TÊXTEIS**, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por como processo de pré lavagem ao utilizar as etapas de colocar um artigo têxtil contendo composto gorduroso depositado, em contato com o filme biodegradável, molhando o tecido com borrifador, posicionando e pressionando o filme sobre a mancha gordurosa de 3 a 5 min, e enxaguando em água por 15 minutos, com a presença do filme biodegradável.

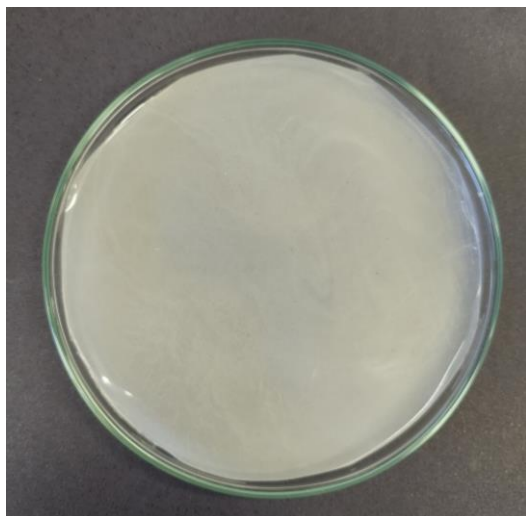


Figura 1

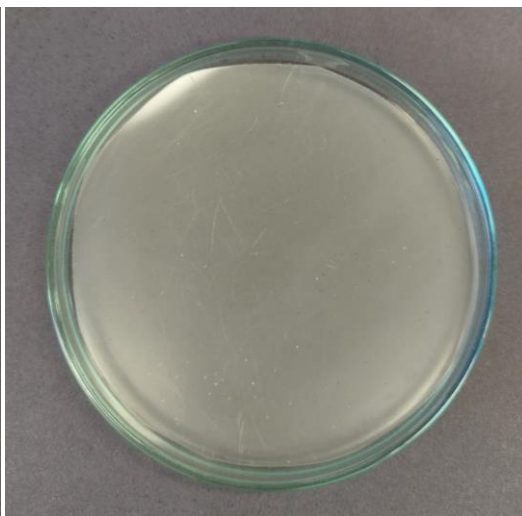


Figura 2

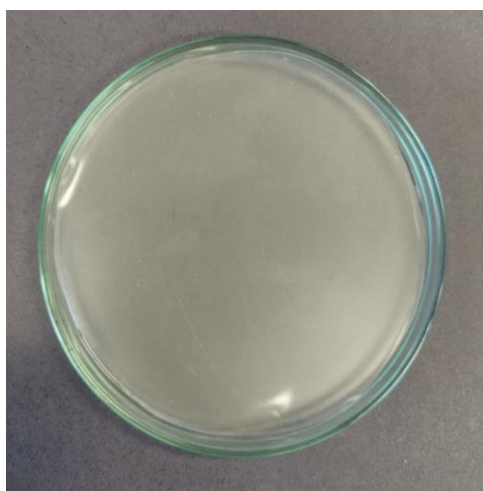


Figura 3

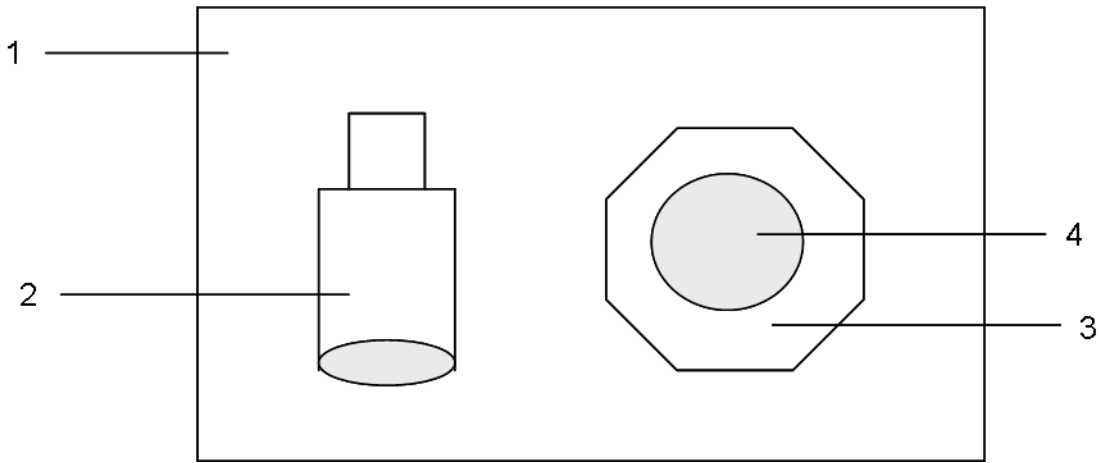


Figura 4

RESUMO**“FILME BIODEGRADÁVEL, SEU PROCESSO DE OBTENÇÃO E
USO COMO REMOVEDOR DE MANCHAS DE ÓLEOS VEGETAIS
EM FIBRAS TÊXTEIS”**

A presente invenção refere-se a formulações sólidas, na forma de filme, para remover óleos vegetais em tecido de algodão. O filme foi produzido a partir de materiais biodegradáveis e contém uma enzima denominada lipase, que auxilia na remoção das manchas de triacilgliceróis do tipo óleos/gorduras. O objetivo da invenção foi preparar um removedor de manchas de triacilgliceróis prático, que pode ser transportado como um item de higiene pessoal, de baixo custo e atóxico. A forma de remover a mancha consiste em colocar o filme em contato com o tecido manchado com óleo, por um determinado tempo e na sequência enxaguar a região afetada. Os resultados mostraram que o produto tem potencial como removedor de óleos vegetais em fibras têxteis, mais especificamente de algodão, podendo ser estendido o uso para outras fibras como as sintéticas, compostas por poliéster. A inovação está no material biodegradável utilizado e na forma que o removedor foi produzido (filme).