



PROPRIEDADES DE FILMES COM SURFACTANTES PARA SEREM APLICADOS NO REVESTIMENTO DE ALIMENTOS

Films' properties with surfactants to be applied in food coating

Camila da Silva VENANCIO^{1}, Flávia Aparecida Reitz CARDOSO², Adriana Aparecida DROVAL³, Renata Hernandes Barros FUCHS⁴, Leila Larisa Medeiros MARQUES⁵*

RESUMO: A indústria de alimentos sofre elevadas perdas com a frutas e hortaliças ao longo de toda cadeia produtiva, tal fato a instiga a buscar alternativas como o desenvolvimento de filmes para revestir alimentos e prolongar sua vida de prateleira. Se faz necessário um estudo principalmente das propriedades mecânicas e de barreira dos filmes, as quais comprovem a eficiência de sua aplicação. Portanto, objetivou-se neste trabalho foi elaborar um filme com base de gelatina extraída da pele de tilápia do Nilo e adição de surfactantes como o Tween 80 e o dodecil sulfato de sódio (SDS) para investigação dessas propriedades. Encontrou-se valores de resistência a tração, módulo de Young e alongação de 3,49 a 38,78 MPa; 1,97 a 14,16 MPa; e 16,40 a 120,49%, respectivamente. Quanto a propriedade de barreira de permeabilidade a vapor de água encontrou-se faixa de baixo valor de 5,90 a 10,12 g.mm.h⁻¹.m².kPa⁻¹. A espessura variou conforme a adição de surfactante, sendo de 0,10 a 0,25 mm. O tratamento com a menor concentração de surfactante (SDS e Tween 80) foi o mais eficiente, pois apresentou as melhores propriedades de barreira e foi o menos espesso, o que o classifica como sendo uma boa opção para ser utilizado como uma embalagem com intuito de revestir alimentos para sua preservação.

Palavras-chave: Aproveitamento. Vida de prateleira. Resíduos. Conservação. Surfactante.

ABSTRACT: The food industry suffers high losses from fruits and vegetables throughout the entire production chain, which encourages it to look for alternatives such as the development of films to coat food and prolong its shelf life. It is necessary to study mainly the mechanical and barrier properties of the films, which prove the efficiency of their application, which is the objective of the present work, so a film based on gelatin extracted from the Nile tilapia skin was elaborated. and addition of surfactants such as Tween 80 and sodium dodecyl sulfate (SDS) to investigate these properties. Tensile strength, Young's modulus and elongation values were found from 3.49 to 38.78 MPa, 1.97 to 14.16 MPa and 16.40 to 120.49%, respectively. As for the water vapor permeability barrier property, a low value of 5.90 to 10.12 g.mm.h⁻¹.m².kPa⁻¹ was found. The thickness varied according to the addition of surfactant, ranging from 0.10 to 0.25 mm. The treatment with the lowest concentration of surfactant (SDS and Tween 80) was the most efficient because it had the best properties and barrier and was the least thick, which classifies it as being a good option to be used as a packaging with the intention of coating food for their preservation.

Key words: Use. Shelf-life. Waste. Conservation. Surfactant

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/04/2021, aprovado em 05/06/2021

¹ Graduanda do curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão; (44) 991809044, E-mail. camilavenancio@alunos.utfpr.edu.br

² Professora Doutora do Departamento de Matemática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão; (44) 35181431, E-mail. flaviareitz@gmail.com

³ Professora Doutora do Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão; (44) 35181431, E-mail. adrianadroval@gmail.com

⁴ Professora Doutora do Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão; (44) 35181431, E-mail. renatahbfuchs@gmail.com

⁵ Professora Doutora do Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão; (44) 35181431, E-mail. leilamasques@utfpr.edu.br

INTRODUÇÃO

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie de peixe que auxilia na economia brasileira. Segundo Dellova et al. (2019) a tilápia é considerada a espécie que está em primeiro lugar no ranking de peixes de água doce mais produzidos no Brasil pelo anuário de piscicultura brasileira PeixeBR, representada no ano de 2018 por uma produção superior a 400 mil toneladas, sendo esse valor 11,9% a mais do que o registrado no ano anterior. O estado do Paraná é o primeiro colocado no ranking de produção dessa espécie de peixe de água doce, representando juntamente com os estados de São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais e Bahia, 70% de toda produção nacional (ZHANG et al., 2016).

A operação de filetagem do pescado é responsável pela geração de uma quantidade significativa de resíduos orgânicos como carcaças, vísceras, peles e escamas, fazendo-se necessário a reutilização deles. Uma alternativa para a o aproveitamento dos resíduos seria conversão dos mesmos em produtos de maior valor agregado como a gelatina por exemplo (HAN et al., 2019).

Para Silva et al. (2018), o aproveitamento de resíduos na industrialização do pescado é baixo se comparado com os demais setores da indústria cárnea. Justen et al. (2017) afirmam que ocorre primordialmente a transformação de resíduos em farinha de pescado. Souza Filho et al. (2017) complementam afirmando que ocorre também a conversão deles em ração animal ou em fertilizantes e óleos, por conta da elevada quantidade de lipídeos presente na matéria-prima, e as vísceras podem ser convertidas em biodiesel.

Existem outros fins para os resíduos gerados por essa indústria. As peles, por exemplo, podem ser utilizadas para obtenção de um colágeno hidrolisado, ou seja, gelatina, produto este de altíssima aplicabilidade tanto na indústria de alimentos, quanto na farmacêutica (NUNES, 2014).

A conversão do colágeno em gelatina solúvel, pode ser obtida por meio do aquecimento da proteína em meio ácido ou alcalino. A solubilização térmica do colágeno ocorre devido à clivagem de uma série de ligações covalentes intra e intermoleculares que estão presentes na molécula (MOLINARI, 2014).

Quando as gelatinas são acrescidas de solvente, plastificantes, surfactantes e ácidos, obtêm-se um filme, uma espécie de cobertura que apresenta propriedades mecânicas e de barreiras as quais têm intuito de promover o aumento da qualidade do produto onde serão aplicados, de forma a prolongar a vida de prateleira dos mesmos (PAPALIA; LONDERO, 2015).

Os filmes são utilizados como embalagens e isso os torna promissores para indústria que está à procura de novas alternativas com enfoque em materiais sustentáveis que consigam proporcionar boas propriedades de barreira básicas a seus alimentos quando acondicionados. Como exemplo de tais propriedades têm-se o retardamento de migração de umidade, gases, óleo ou gordura e de soluto e promoção de uma integridade estrutural adicional (VARTIAINEN et al., 2017; WILLIAMSON et al., 2018).

Na indústria de alimentos essas coberturas têm um apelo significativo por serem biodegradáveis e não auxiliarem no aumento de lixo produzido, além de que podem ser direcionadas a alimentos que apresentem uma baixa vida de prateleira como ocorre com o mamão (DELLOVA et al. 2019).

Alguns alimentos são mais propícios à aplicação dessa cobertura, como no caso das frutas, hortaliças, produtos minimamente processados e os demais alimentos perecíveis. Apesar disso, é de conhecimento público que os produtos hortícolas frescos e as frutas apresentam uma contribuição aos micronutrientes das dietas humanas em todo o mundo (FULLANA-PERICÀS et al., 2019).

Sendo assim, no presente estudo objetivou-se caracterizar um filme quanto às suas propriedades mecânicas, de barreira e físico-químicas, para a averiguação da possibilidade de seu uso como uma embalagem capaz de prolongar a vida de prateleira quando aplicado a um alimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento dos filmes inicialmente requer-se a obtenção de uma gelatina. O desenvolvimento da gelatina a partir da pele da tilápia ocorreu segundo Menezes et al. (2019) com modificações no tempo de gelatinização (12 h) e secagem (24 h). Os novos períodos de gelatinização em geladeira comercial e secagem em estufa com circulação de ar a 65 °C foram de 12 h e 24 h, respectivamente.

Para a elaboração do filme seguiu-se a metodologia proposta por Venancio et al. (2019) com modificações, no caso, não foi realizada adição de pó de fibra de colágeno e sim a adição de surfactantes para averiguação de uma possível melhora nas propriedades mecânicas de barreira.

Em relação à massa de gelatina seca hidratada (6 g), fez-se a adição de 15% (m/m) de sorbitol anidro (Inlab Confiança), glicerina (99,5% P.A. Alphatec), 10% (m/m) de ácido cítrico P.A. (Dinâmica) e surfactantes, no caso, Tween 80 P.A. (Nuclear) e Dodecil Sulfato de Sódio (SDS) P.A. (Isofar), ao invés da adição de pó de fibra de colágeno, como sugere a metodologia de referência.

A solução posteriormente foi resfriada à temperatura de 25 °C e teve seu pH ajustado para 7,5 com solução de NaOH 0,1 M (Isofar), com consequente secagem em estufa por 48 h a 35 °C.

Um delineamento experimental simplex centroide foi proposto. A análise de uma mistura de q componentes foi feita por meio de $2^q - 1$ ensaios que correspondem a cada uma das q permutações de substâncias simples. Ou seja, neste estudo foram variadas as proporções das substâncias SDS e Tween 80 ($q = 2$) na formulação dos filmes. Assim foram necessários $2^q - 1 = 3$ ensaios distintos.

Deste ponto em diante, foi adotado que as proporções do SDS e Tween 80 foram representadas como x_1 e x_2 , respectivamente. O teor de surfactante (%) adicionado à mistura foi considerado uma variável de processo (z_1), sendo que o mesmo não faz parte dos componentes da mistura, mas influencia nas propriedades da mesma. Esta mistura foi avaliada em três níveis (40%, 60% e 80%). A Tabela 1 mostra o delineamento proposto.

Posterior ao preparo dos filmes realizou-se a análise das propriedades mecânicas, englobando resistência à tração, alongação e módulo de Young conforme a *American Society for Testing and Material* (ASTM D 882-02, 2002).

Em relação as propriedades de barreira, optou-se pela análise de permeabilidade a vapor de água para análise do comportamento do filme, conforme a *American Society for Testing and Material* (ASTM E 23-96, 1996).

Também foi realizado a análise de espessura dos filmes conforme metodologia proposta por Ramos et al. (2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na formação do filme foram utilizadas diferentes quantidades de surfactantes que possibilitaram a obtenção das respostas pertinentes as análises propostas (Tabela 2).

Os teores máximos de surfactante utilizados foram determinados com base na massa de gelatina seca (6 g) utilizada nas formulações propostas por Venancio et al. (2019) e com testes prévios. Desta forma, os teores de surfactantes utilizados foram de 40, 60 e 80%, valores estes que representam uma massa total de 2,4; 3,6; e 4,8 g, respectivamente.

Comparando as respostas da Tabela 2 e o delineamento proposto na Tabela 1 é possível observar que somente os tratamentos que contaram com a mistura dos dois tipos de surfactantes (tratamentos 2, 5, 8, 10 e 11) foram os que se apresentaram adequados para as posteriores análises, ou seja, formaram um filme classificável quanto a sua metodologia ("casting"), sendo uma película de fácil manuseio. Segundo Davanço, Tanada-Palmu e Grosso (2007) a adição demasiada de SDS gera filmes com baixas propriedades mecânicas, o que os caracteriza como quebradiços, não permitindo sua aplicação em uma superfície ou corte para análise. O mesmo conjunto de autores, assim como Oliveira et al. (2012) afirmam que o Tween 80 é um agente tensoativo hidrofóbico, e que sua adição em soluções filmogênicas gera películas de proteção oleosas e consequentemente, amolecidas, incapazes de serem cortadas e analisadas. Da mesma forma aconteceu com as formulações do presente estudo, as quais contaram exclusivamente com a adição deste surfactante.

A alongação, resistência à tração e módulo de Young são exemplos de propriedades mecânicas (BENBETTAÏEB et al., 2016). A resistência à tração é a máxima tensão suportada pelo filme até o momento de sua ruptura quando traçado. A alongação é considerada como sendo a medida de maleabilidade do filme ou sua capacidade de se deformar ao longo do processo, antes de se romper. Já o módulo de Young (MY) é a razão entre a tensão aplicada e a deformação elástica do material (ARAÚJO et al., 2019).

Segundo a Tabela 2, para a resistência à tração encontrou-se valores de 3,49 e 38,78MPa para filmes com 80 e 40% de surfactantes adicionados na formulação, respectivamente. Averigua-se que não houve diferença significativa entre os filmes de 40 e 60% de surfactante nessa análise. Nota-se que o aumento da concentração de surfactante é inversamente proporcional à resistência à tração. Tal premissa foi também constatada por Ferreira (2006), o qual afirma que frente a adição de compostos hidrofóbicos há a redução das interações intermoleculares, entre as cadeias adjacentes na solução filmogênica, o que de fato tornam os filmes enfraquecidos.

Os valores obtidos para a alongação foram de 16,40 e 120,49% para filmes elaborados com 80 e 40% de surfactantes, respectivamente. Pode ser constatado ainda que cada adição distinta de surfactante proporcionou a obtenção de valores de alongação, os quais diferem-se significativamente entre si. Pereira (2015) reportou uma alongação similar ao do presente estudo, de 11 a 199,60% para filmes biodegradáveis com proteínas miofibrilares, a partir de subprodutos de pescada amarela (*Cynoscion acoupa*).

Para o módulo de Young encontrou-se de 1,97 e 14,16MPa para filmes com 60 e 40% de surfactante, respectivamente, todavia a formulação contendo 80% de agentes tensoativos não se diferiu significativamente das formulações com 80%. Observa-se que não houve diferença significativa entre filmes acrescidos de 60 ou 80% de agentes tensoativos. Autores como Liang et al. (2017) dispensam tal análise pelo fato de a considerarem apenas uma extensão das demais propriedades mecânicas (resistência à tração e alongação), uma vez que seja calculado a partir da inclinação inicial (região de deformação elástica) da curva obtida no gráfico tensão-deformação obtida pelo ensaio mecânico.

Os autores Davanço, Tanada-Palmu e Grosso (2007) ainda explicam que essa redução nas propriedades mecânicas dos filmes com a adição de surfactantes está relacionada com a formação de estruturas mais fracas devido à falta de interações hidrofóbicas nas proximidades das cadeias moleculares de proteína, favorecendo interações hidrofóbicas SDS-proteína.

A permeabilidade a vapor de água (PVA) dos filmes é um exemplo de uma propriedade de barreira. Ela é representada pelo ganho de massa do sistema perante a absorção de umidade. Os parâmetros de umidade relativa do ambiente de acondicionamento, temperatura e pressão devem ser considerados, já que a alteração da massa do sistema será proveniente da passagem de umidade por meio do filme (FULLANA-PERICÀS et al., 2019).

Encontrou-se na Tabela 2 valores de PVA entre 5,90 a 10,89 g.m⁻².h⁻¹.mm⁻¹.kPa⁻¹. Maiores valores foram atribuídos às formulações filmogênicas que contaram com a máxima adição de surfactantes (80%), confirmando a proposição de Brandelero, Yamashita e Grossmann (2010) e Pinheiro et al. (2010), os quais afirmam que o Tween 80 é responsável pelo aumento da permeabilidade a vapor de água em filmes.

Os autores Brandelero, Yamashita e Grossmann (2010) alegam que há uma correlação entre PVA e a razão surfactante/hidrocoloide. A PVA aumenta quando essa razão é insuficiente para superar o efeito do aumento da capacidade de absorção de água. Este fato acontece quando há muito mais surfactante na formulação do que hidrocoloide, de forma com que haja um aumento na permeabilidade a vapor de água. Isto ocorre devido à presença de uma região polar do surfactante. No caso de excesso de surfactante, os filmes se tornam mais permeáveis à água devido ao aumento no volume livre entre as cadeias adjacentes hidrocoloides (gelatina), favorecendo a permeação do vapor de água. Este comportamento pode explicar a PVA observada em filmes com diferentes conteúdos de surfactantes. A Figura 1 é capaz de representar o comportamento dos filmes de acordo com a concentração de surfactante presente neles.

Filmes com uma menor concentração de Tween 80 e SDS (40%) diferiram significativamente de filmes com 60 e 80% dos mesmos, mas entre 60 e 80% não houve diferença significativa da espessura. A variação dos filmes foi entre 0,10 a 0,25mm, valores estes que dependendo da forma, volume a ser seco, tempo de secagem, quantidade de material usado em cada formulação e principalmente dos pontos de medições, variam. As formulações filmogênicas secas tendem a tornarem-se não uniformes devido aos fatores anteriormente citados e pelo nivelamento da estufa onde ocorreu a secagem. A Figura 1 apresenta o comportamento do teor do surfactante em relação às quatro variáveis envolvidas na função desejabilidade.

Tabela 1- Planejamento simplex-centroide repetido para cada nível da variável de processo quanto ao teor de surfactante aplicado na elaboração dos filmes

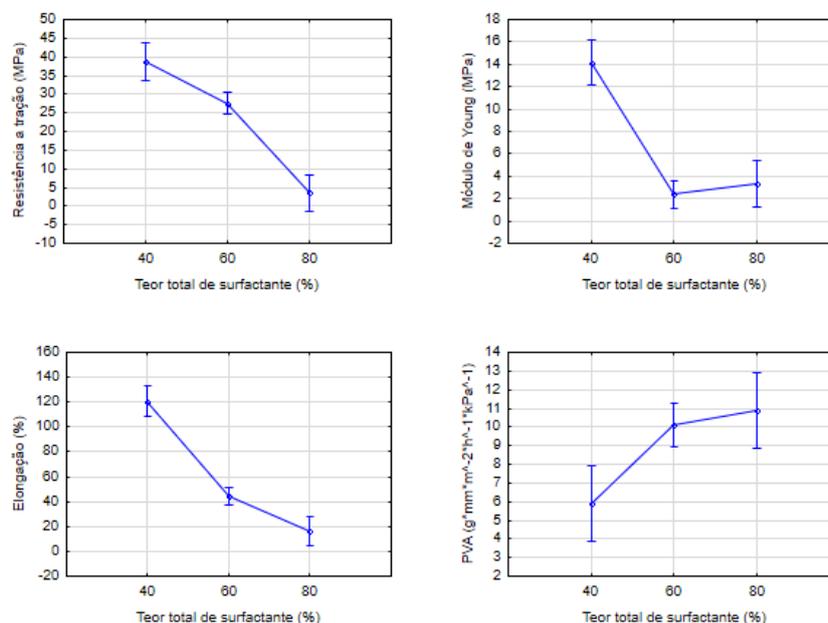
Tratamentos	Variáveis da mistura				Variáveis do processo	
	Variáveis originais		Variáveis Codificadas		Variáveis originais	Variáveis codificadas
	SDS (%)	Tween 80 (%)	x_1	x_2	Teor de surfactante (%)	z_1
1	0	100	0,0	1,0	40	-1
2	50	50	0,5	0,5	40	-1
3	100	0	1,0	0,0	40	-1
4	0	100	0,0	1,0	60	0
5	50	50	0,5	0,5	60	0
6	100	0	1,0	0,0	60	0
7	0	100	0,0	1,0	80	1
8	50	50	0,5	0,5	80	1
9	100	0	1,0	0,0	80	1
10	50	50	0,5	0,5	60	0
11	50	50	0,5	0,5	60	0

Tabela 2 – Comportamento do teor total de surfactante na obtenção de resistência à tração, módulo e Young, alongação e PVA

Tratamento	Teor de surfactante (%)	Resistência à tração (MPa)	Módulo de Young (MPa)	Elongação (%)	PVA (g.mm.h ⁻¹ .m ⁻² .kPa ⁻¹)	Espessura (mm)
2	40	38,78 ^a ±4,61	14,16 ^a ±1,92	120,49 ^a ±12,89	5,90 ^c ±1,81	0,10 ^b ±0,04
5	60	27,52 ^a ±1,99	3,07 ^b ±1,03	47,26 ^b ±2,01	9,97 ^{ab} ±0,88	0,25 ^a ±0,03
8	80	3,49 ^b ±0,52	3,33 ^b ±0,33	16,40 ^c ±0,78	10,89 ^a ±0,24	0,25 ^a ±0,01
10	60	27,45 ^a ±1,81	1,97 ^b ±0,30	44,38 ^b ±2,86	10,12 ^{ab} ±0,44	0,21 ^a ±0,02
11	60	27,65 ^a ±1,72	2,05 ^b ±0,30	42,22 ^b ±0,65	10,12 ^{ab} ±0,94	0,23 ^a ±0,02

* Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

Figura 1. Comportamento do teor total de surfactante na obtenção de resistência à tração, módulo e Young, alongação e PVA



A influência do teor total de surfactante fez com que houvesse um aumento de 100% na alongação, quando se passou de 80% para 40% na sua proporção, e uma diminuição de 5 g.mm/m²h.kPa na permeabilidade ao vapor de água nas mesmas condições. Com relação ao módulo de Young, o teor de 80% provocou um discreto aumento (0,9711 MPa) em relação ao teor total de surfactante de 60%. Para a resistência à

tração, o teor de 40% provocou um aumento de 35,293 MPa em relação ao teor de 80%.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a adição de surfactantes nos filmes altera suas propriedades mecânicas e de barreira, sendo que é necessária uma combinação entre ambos os surfactantes para

que se consiga a formação efetiva de um filme do tipo ‘casting’ pois o uso restrito de apenas um deles pode causar uma mudança indesejada na estrutura filmogênica, conferindo ao filme um aspecto quebradiço e a cobertura, amolecida. Conforme ocorre o aumento na concentração de agentes tensoativos, há uma diminuição nas propriedades mecânicas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G. R. DE S. et al. The mechanical properties of microbial surfaces and biofilms. **The Cell Surface**, v. 5, n. 8, p. 100–108, 2019.
- ASTM D 882-02. American Society for Testing and Materials. **Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting**, v. 14, p. 1–10, 2002.
- ASTM E 23-96. American Society for Testing and Materials. **Standard Test Method For Saturated Water Permeability Of Granular Drainage Media [Falling-Head Method] For Vegetative (Green) Roof Systems**, v. 14, p. 1–3, 1996.
- FULLANA-PERICÀS, M. et al. Tomato landraces as a source to minimize yield losses and improve fruit quality under water deficit conditions. **Agricultural Water Management**, v. 223, n. January, p. 105–112, 2019.
- BENBETTAÏEB, N. et al. Impact of electron beam irradiation on fish gelatin film properties. **Food Chemistry**, v. 195, n. 2016, p. 11–18, 2016.
- BRANDELERO, R. P. H.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M. V. E. The effect of surfactant Tween 80 on the hydrophilicity, water vapor permeation, and the mechanical properties of cassava starch and poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT) blend films. **Carbohydrate Polymers**, v. 82, n. 4, p. 1102–1109, 11 nov. 2010.
- DAVANÇO, T.; TANADA-PALMU, P.; GROSSO, C. Filmes compostos de gelatina, triacetina, ácido esteárico ou capríico: Efeito do pH e da adição de surfactantes sobre a funcionalidade dos filmes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 408–416, 2007.
- DELLOVA, D. et al. Piscicultura Brasileira: uma atividade de constante expansão. **Anuário PeixeBR da Piscicultura**, p. 1–149, 2019.
- FERREIRA, A. H. **Efeito da adição de surfactantes e do ajuste de pH sobre filmes a base de gelatina, triacetina, ácidos graxos e ceras de carnaúba e de cana-de-açúcar**. [s.l.] UNICAMP, 2006.
- HAN, S.-L. et al. Inhibited autophagy impairs systemic nutrient metabolism in Nile tilapia. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 236, p. 110–121, 2019.
- JUSTEN, A. P. et al. Preparation of Extruded Snacks with Flavored Flour Obtained from the Carcasses of Nile Tilapia: Physicochemical, Sensory, and Microbiological Analysis. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 26, n. 3, p. 258–266, 16 mar. 2017.
- LIANG, C. et al. Edible sturgeon skin gelatine films: Tensile strength and UV light-barrier as enhanced by blending with esculine. **Journal of Functional Foods**, 2017.
- MENEZES, B. DE S. N. et al. Caracterização da gelatina obtida da pele da Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: **O Meio Ambiente e a Sociedade**. [s.l.: s.n.]. v. 24p. 127–136.
- MOLINARI, M. C. **Extração e Caracterização de Gelatina a partir de Subprodutos de Tilápia**. [s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão-PR, 2014.
- NUNES, Y. L. **Preparação e caracterização de bioblendas poliméricas a partir de gelatina bovina e de tilápia com amido de milho**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Norte- RN, 2014.
- OLIVEIRA, T. A. DE et al. Biofilmes de gelatina: Efeito da adição de surfactante e ácidos graxos de óleo de coco na permeabilidade ao vapor de água Biofilms gelatin : Effect of addition surfactant and fatty acids from coconut oil in permeability to water vapor. **Revista Verde Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 76–80, 2012.
- PAPALIA, Í. DA S.; LONDERO, P. M. G. Extração de zeína e sua aplicação na conservação dos alimentos. **Ciência Rural**, v. 45, n. 3, p. 552–559, mar. 2015.
- PEREIRA, G. V. DA S. **Otimização do processo de obtenção de filmes biodegradáveis com proteínas miofibrilares a partir de subprodutos de pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) Otimização do processo de obtenção de filmes biodegradáveis com proteínas miofibrilares a partir de sub**. [s.l.] Universidade Federal do Pará. instituto de Tecnologia, 2015.
- RAMOS, W. R. S. et al. Efeito da adição dos surfactantes em biofilmes compostos de ácido esteárico e proteínas de peixe. **Revista Higiene Alimentar**, v. 30, n. 262, p. 127–130, 2016.
- SILVA, G. C. DE O. DA et al. Obtenção e caracterização físico-química e microbiológica da gelatina de resíduos de matrinxã (*Brycon amazonicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) Physicochemical and microbiological characterization of gelatin from matrinxã (Brycon). **Acta of Fishing and Aquatic Resources**, v. 6, p. 74–84, 2018.
- SOUZA FILHO, M. DE S. M. DE et al. Obtenção e Caracterização de Gelatina de Pele de Tilápia-do-nilo em Escala Piloto. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 144, p. 1–19, 2017.

VARTIAINEN, J. et al. Biobased mineral-oil barrier-coated food-packaging films. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 134, n. 9, p. 1–7, 2017.

VENANCIO, C. DA S. et al. Caracterização de filmes com adição de fibras desenvolvidos a partir de coproduto da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: **Higiene Alimentar**. [s.l.: s.n.]. v. 33, p. 3571–3574.

WILLIAMSON, K. et al. Microbial evaluation of automated sorting systems in stone fruit packinghouses during peach packing. **International Journal of Food Microbiology**, v. 285, n. January, p. 98–102, 2018.

ZHANG, Q. et al. Comparison of collagen and gelatin extracted from the skins of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Food Bioscience**, v. 27, n. 2, p. 25–31, 2016.