

## Efeito dos plastificantes sorbitol e glicerol em filmes de gelatina de pele de tambaqui (*Colossoma macropomum*)

### RESUMO

**Paula Josielen Santos Moia**

[paulamoia@yahoo.com.br](mailto:paulamoia@yahoo.com.br)  
[orcid.org/0000-0002-8590-9891](https://orcid.org/0000-0002-8590-9891)

Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.

**Lúcia de Fátima Henriques Lourenço**

[luciahl@ufpa.br](mailto:luciahl@ufpa.br)  
[orcid.org/0000-0001-5009-8235](https://orcid.org/0000-0001-5009-8235)

Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.

**Consuelo Lúcia Lima Sousa**

[sousa@ufpa.br](mailto:sousa@ufpa.br)  
[orcid.org/0000-0001-9432-8637](https://orcid.org/0000-0001-9432-8637)

Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.

**Jáira Thayse Souza Batista**

[jairathayse@hotmail.com](mailto:jairathayse@hotmail.com)  
[orcid.org/0000-0002-7865-7841](https://orcid.org/0000-0002-7865-7841)

Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil

**Maria Regina Sarkis Peixoto Joelle**

[reginajoelle@hotmail.com](mailto:reginajoelle@hotmail.com)  
[orcid.org/0000-0001-5442-0615](https://orcid.org/0000-0001-5442-0615)

Universidade Federal do Pará, Castanhal, Pará, Brasil.

**Eder Augusto Furtado Araujo**

[earaujo@ufpa.br](mailto:earaujo@ufpa.br)  
[orcid.org/0000-0002-8909-2110](https://orcid.org/0000-0002-8909-2110)

Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil

O objetivo deste estudo foi elaborar e analisar as propriedades tecnológicas de filmes de gelatina extraída da pele de tambaqui (*Colossoma macropomum*) com adição de glicerol e sorbitol. Os filmes de gelatina de peixe com a adição dos plastificantes sorbitol e glicerol foram produzidos com diferentes volumes da solução formadora de filmes (20, 30 e 40 mL), e avaliada a influência nas suas características. Os filmes foram caracterizados quanto a espessura, propriedades mecânicas (resistência a tração e alongação), permeabilidade ao vapor de água (PVA) e cor. A espessura dos filmes variou de 0,092 a 0,138 mm mas, apenas o filme produzido com 40 mL de solução apresentou diferença ( $p < 0,05$ ), entre os plastificantes. A resistência à tração e alongação foram mais elevadas nos filmes com 30 mL de solução com sorbitol e glicerol, respectivamente. Os filmes com sorbitol e glicerol não apresentaram diferença na permeabilidade ao vapor de água (PVA), entre os plastificantes e os diferentes volumes da solução formadora de filme. O filme com sorbitol apresentou as melhores propriedades tecnológicas: menor espessura, maior resistência a tração e menor PVA. Todos os filmes apresentaram alta luminosidade e a coordenada  $a^*$  não influenciou na cor mas, o parâmetro  $b^*$  mostrou tendência ao amarelo pálido. O  $\Delta E$  (diferença total de cor) e a WI (brancura), foram diferentes ( $p < 0,05$ ) apenas para os filmes com glicerol. A pele de tambaqui pode ser uma alternativa para a elaboração de filmes biodegradáveis que podem começar a substituir as embalagens sintéticas e minimizar a deposição de resíduos no meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Filmes Biodegradáveis. Resíduos. Pele de peixe. Transformação.

## INTRODUÇÃO

Resíduos orgânicos são gerados em grande quantidade nas diferentes etapas da cadeia produtiva da pesca, principalmente durante o processo de filetagem, causando grande impacto ao meio ambiente, sendo um problema para o produtor e para a indústria (BUENO et al., 2011). A alternativa para minimizar o descarte desses resíduos ricos em proteínas é a transformação tecnológica na elaboração de novos produtos, como gelatina (OLIVEIRA et al., 2019), cápsulas duras (NURILMALA et al., 2020), filmes biodegradáveis (SILVA et al., 2018).

Os subprodutos do processamento de peixe são boas fontes de gelatina e os hidrolisados de gelatina de peixe possuem várias funcionalidades biológicas, como atividades antioxidantes, anti-hipertensivas, crioprotetoras, anticâncer e antidiabéticas (KARAYANNAKIDIS e ZOTOS, 2016). A utilização da gelatina extraída da pele de peixes pode ser uma alternativa viável para o aproveitamento desse subproduto. É um biopolímero natural obtido por degradação térmica do colágeno que pode se misturar com vários biopolímeros, devido à sua grande compatibilidade (BORDIGNON et al., 2012).

A gelatina é uma mistura heterogênea de elevado peso molecular de proteínas solúveis em água derivadas da hidrólise de colágeno (AHMAD e BENJAKUL, 2011). Contêm na sua estrutura os aminoácidos glicina, prolina, hidroxiprolina e alanina e apresenta natureza anfótera, estrutura helicoidal de cadeia tripla específica e a sua interação com a água é diferente da encontrada em polímeros sintéticos hidrofílicos (KASANKALA et al., 2007; AHMAD e BENJAKUL, 2011).

Pesquisa realizada por Sawan et al. (2018) ao extraírem gelatina da pele da espécie de peixe *Cynoglossus macrostomus*, concluíram que esta proteína apresentou propriedades funcionais superiores podendo ser usada na indústria alimentícia como alternativa à gelatina de mamíferos. Silva et al. (2017a) ao analisarem a gelatina da pele de kumakuma (*Brachyplatystoma filamentosum*) verificaram que suas propriedades químicas e funcionais são semelhantes às da gelatina comercial. Com base nestes resultados, concluíram que a gelatina da pele de kumakuma pode ser usada como mais uma alternativa nas indústrias e áreas alimentícias.

Muitas pesquisas têm sido realizadas utilizando a gelatina de peixe para elaboração de filmes biodegradáveis com boas propriedades tecnológicas (SILVA et al., 2018). Os filmes biodegradáveis são películas flexíveis formados por macromoléculas biológicas, como proteínas, polissacarídeos e/ou lipídeos capazes de formar uma matriz coesa e contínua. Estes filmes podem manter a qualidade dos alimentos, servindo como barreira seletiva para transferência de umidade, consumo de oxigênio, oxidação lipídica e perdas de compostos aromáticos voláteis. Também podem proteger o produto embalado de danos físicos, e/ou biológicos, contaminações por micro-organismos, aumentando o prazo de validade do alimento, sendo importante no armazenamento e na comercialização (SILVA et al., 2019).

As propriedades físicas e mecânicas dos filmes tais como a barreira ao vapor de água, barreira a gases, solubilidade em água, capacidade de alongamento e resistência à tração são muito importantes devido sua influência sobre o desempenho do produto e aceitação do consumidor. As propriedades funcionais, a termo estabilidade e capacidade de formação de filme de gelatina são dependentes de suas características e estão relacionadas com a origem: mamíferos, peixes de água fria e/ou peixes de água quente (RAFE e RAZAVI, 2017). As propriedades mecânicas dos filmes biodegradáveis podem ser melhoradas quando são incorporados aditivos plastificantes, tornando-os mais elásticos, tornando-os compatíveis com os biopolímeros sintéticos (ZAVAREZE et al., 2012).

As proteínas de pescado apresentam algumas propriedades vantajosas na elaboração de filmes, como habilidade de formar redes, plasticidade, elasticidade e uma boa barreira ao oxigênio. Porém, apresentam baixa barreira ao vapor de água que pode ser modificada pela adição de plastificantes e/ou aditivos (ZAVAREZE et al., 2012). Os plastificantes são componentes de baixo peso molecular que podem ser adicionados às películas para reduzir a fragilidade, através do aumento do espaço entre as cadeias de polímero e, conseqüentemente, diminuir as forças intermoleculares e aumentar a flexibilidade e extensibilidade do material (VANIN et al., 2005).

Pesquisas envolvendo a extração de gelatina a partir da pele de peixe, de diferentes espécies da Amazônia foram realizadas por Silva et al. (2017a), Silva et al. (2018) e Xavier Neves et al. (2019), no entanto, poucas pesquisas têm sido

realizadas com peixes de cativeiro e de água doce da região Amazônica. O tambaqui (*Colossoma macropomum*) tem grande importância comercial, além de que parte de sua produção já é proveniente de piscicultura, atividade que ameniza os impactos que a pesca extrativa vem provocando no meio ambiente.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi elaborar filmes biodegradáveis a partir da gelatina da pele de tambaqui, com adição dos plastificantes glicerol e sorbitol e analisar suas propriedades tecnológicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas peles oriundas da filetagem de tambaqui (*Colossoma macropomum*) criados em tanque de piscicultura familiar no município de Terra Alta - Pará, região amazônica brasileira. Da pele foram removidas as escamas, e em seguida, cortadas nas dimensões de 4 cm x 4 cm e com cerca de 100 g, embaladas em filmes plásticos de policloreto de vinil (PVC), seladas a vácuo e congeladas a -22°C, até a extração.

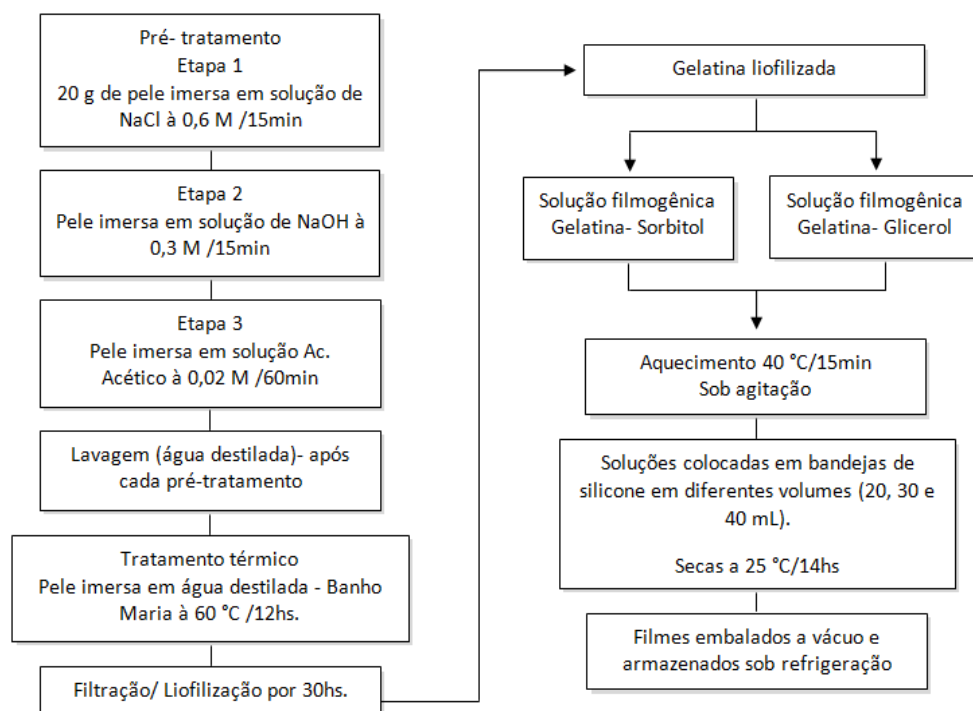
## PROCESSO DE EXTRAÇÃO DA GELATINA

O processo de extração da gelatina da pele de tambaqui foi realizada conforme metodologia proposta por Bueno et al. (2011) com modificações. Foram realizados três pré-tratamentos utilizando cerca de 20 g de pele: 1) inicialmente foram adicionados à pele 100 mL de solução de NaCl 0,6 M, agitada em incubadora Shaker (Cielanb, modelo CE-725B) a 85 rpm a 25 °C ± por 15 minutos, drenada e lavada em água corrente; 2) e em seguida, foi adicionada uma solução de NaOH 0,3 M (1:5 m/v) agitada a 85 rpm a 25 °C ± por 15 minutos, drenada e lavada em água corrente; 3) foi colocado ácido acético 0,02 M na proporção 1:5 (m/v) sob agitação por 1 hora, drenada e lavada em água corrente. Finalmente foi adicionada água destilada à pele na proporção 1:5 (m/v), levada a banho-maria (TECNAL, TE-057) por 12 horas à 50 °C e filtrada em tecido de faillet. A solução obtida foi adicionada em bandejas de aço inox, congelada a -26 °C por aproximadamente 48 horas, liofilizada a -60 °C por cerca de 36 horas, obtendo-se a gelatina liofilizada de tambaqui (Figura 1).

## OBTENÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS

Os filmes foram elaborados de acordo com o método proposto por Gómez-Estaca et al. (2009). A gelatina liofilizada foi dissolvida em água destilada (4 g/100 mL) e posteriormente adicionou-se o plastificante. Foram utilizados dois plastificantes, sorbitol (0,15 g/g de gelatina) (Êxodo científica, Sorbitol, Peso molecular de 182,17 g/mol) e glicerol (0,15 g/g de gelatina) (Isofar, Glicerina PA com 99,5% de pureza), para a obtenção de duas soluções formadoras de filmes distintas. As soluções foram aquecidas a 40 °C e agitadas por 15 minutos para que o plastificante pudesse se misturar de maneira uniforme na solução. Posteriormente cada solução foi distribuída em bandejas circulares de silicone (22 cm de diâmetro x 3cm de altura) em quantidades de 20, 30 e 40 mL para realizar o processo de secagem em estufa DBO (Quimis - Q315M16, Diadema-SP) a 25 °C por 14 horas. Após a secagem os filmes foram embalados em sacos de policloreto de vinil (PVC), seladas a vácuo e mantidos sob refrigeração. A Figura 1 mostra o fluxograma do processo de extração de gelatina da pele de tambaqui e obtenção dos filmes biodegradáveis e a Figura 2 mostra a gelatina líquida, liofilizada e o filme biodegradável pronto.

Figura 1 - Fluxograma do processo de obtenção da gelatina e dos filmes biodegradáveis



Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

Figura 2 – A) Gelatina líquida; B) Solução formadora de filme e C) Filme biodegradável.



Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

### ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA PELE E DA GELATINA DE PEIXE

Foram realizadas as análises físico-químicas de acidez total, pH, umidade, proteínas totais, e resíduo mineral fixo segundo metodologia da AOAC (2005). Os lipídeos totais foram analisados segundo Bligh e Dyer (1959). A atividade de água foi determinada em higrômetro eletrônico Aqualab, 3TE - Decagon Devices Inc.USA. Todas as análises foram realizadas em triplicata. O rendimento do processo de extração foi calculado através da Equação 1, expresso em g de gelatina/100g de pele (HADDAR et al., 2012).

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{peso da gelatina em pó (g)}}{\text{peso úmido da pele fresca (g)}} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

### PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E FÍSICAS DOS FILMES

A espessura foi medida utilizando-se micrômetro digital com resolução de 0,001 mm (Insize, modelo IP54), sendo selecionados oito locais aleatórios em cada filme com afastamento da borda de 60 mm. A resistência à tração (RT) e alongação (%E) dos filmes foram determinadas empregando-se metodologia ASTM D882-91 (ASTM, 2009) utilizando texturômetro (QTS, Brookfield) em temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C). A separação inicial das garras e a velocidade da probe foram de 50 mm e 1 mm s<sup>-1</sup>, respectivamente. As amostras foram cortadas em pedaços de 100 mm x 25 mm (comprimento x largura) (ZAVAREZE et al., 2012). A resistência à tração (RT) e alongação (%E) foram calculadas pelas Equações 2 e 3, respectivamente.

$$RT = \frac{Fm}{A} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: RT: resistência à tração (MPa); Fm: força máxima no momento da ruptura do filme (N); A: área da seção transversal do filme (m<sup>2</sup>).

$$E = \frac{d_T}{d_i \cdot 100} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde: E: alongação (%); d<sub>T</sub>: distância total no momento da ruptura (mm); d<sub>i</sub>: distância inicial de separação das garras (50 mm).

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi determinada utilizando-se o método modificado ASTM D882-95 descrito segundo metodologia proposta por Arfat et al. (2014). As amostras dos filmes foram seladas com adesivo de silicone em recipiente de vidro de 4,5 cm x 7,0 cm (diâmetro x altura), contendo 10 g de sílica gel (0% UR; 0 Pa de pressão de vapor de água a 30 °C). Os frascos foram colocados em dessecador com água destilada e mantidos a 30 °C (99% de UR e 4.244,9 de pressão de vapor) em estufa incubadora (Quimis, Q315M) e pesados a cada uma hora, por 10 h. As análises de PVA foram feitas em triplicata e o cálculo realizado utilizando a Equação 4.

$$WVP = \frac{W \cdot X}{A \cdot t \cdot \Delta P} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde: PVA: permeabilidade ao vapor de água (g. m<sup>-2</sup>. s<sup>-1</sup>. Pa<sup>-1</sup>); W: ganho de peso pelo dessecante (g); X: espessura do filme (m); A: área da superfície do biofilme exposto (m<sup>2</sup>) t: tempo de incubação (horas); ΔP: diferença de pressão parcial (Pa).

Os parâmetros de cor dos filmes foram determinados utilizando colorímetro MINOLTA (modelo CR 310), obtendo-se os valores de L\* (luminosidade), a\* (intensidade do vermelho), b\* (intensidade do amarelo), a diferença total de cor (ΔE\*) e brancura (WI) foram calculadas de acordo com as Equações 5 e 6, respectivamente.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad \text{Eq. 5}$$

Onde: Δ é a diferença dos parâmetros de cor das amostras dos filmes biodegradáveis em relação ao padrão branco (L: 95,59; a: -5,56; b: 8,16).

$$WI=100-\sqrt{100-L^2+a^2+b^2}$$

Eq. 6

Onde: L, a, e b - são os valores dos parâmetros de cor da amostra.

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos nas análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ao nível de significância de 5%, utilizando o programa Statistica® versão 7.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA PELE E DA GELATINA DE PEIXE

A composição centesimal da gelatina extraída da pele de tambaqui (Tabela 1) foi semelhante ao resultado obtido por Bueno et al. (2011) para a gelatina de tilápia do Nilo, no entanto, os teores de lipídeos encontrados foram superiores, o que pode ser justificado por se tratar de espécie diferente ao presente estudo. Foi observada diminuição dos teores de lipídeos de  $26,56 \pm 0,80$  para  $1,23 \pm 0,17$  da pele para a gelatina, respectivamente (Tabela 1), estando relacionado ao processo de extração, no qual as peles são submetidas a vários processos de lavagem. Resultado semelhante foi encontrado em gelatina extraída da pele de *Scoliodon sorrakowah* que obteve 0,42% (SHYNI et al., 2014), o que segundo os autores, é consequência do pré-tratamento ácido/básico, responsáveis pela redução em 25% do teor de lipídeos da pele para a gelatina. Os resultados de proteínas encontrados na pele e gelatina são próximos aos relatados para as espécies Cobia e Croaker (SILVA et al., 2014). Silva et al. (2017a) e Silva et al. (2017b) encontraram valores de proteínas de 38,01% e 28,68% para a pele e 72,76% e 70,93% para a gelatina de Piramutaba e de Filhote, respectivamente. Estes resultados são muito diferentes aos do presente trabalho podendo ser atribuído a espécies ou processos de extração diferentes.

Os parâmetros pH e acidez da gelatina se apresentam bem próximos aos presentes na pele. Alguns valores de pH relatados na literatura para gelatina da pele de peixes variavam entre 4,17 a 4,34, para as espécies atum, tubarão e carpa (SHYNI et al., 2014). Silva et al. (2017a) observaram que o pH da gelatina (9,06) era



mais alto que na pele (6,72) o que pode ser devido ao tratamento químico com NaOH empregado na etapa de extração de colágeno.

O rendimento da extração de gelatina da pele de tambaqui foi de 23,35% semelhante ao encontrado por Haddar et al. (2012) em pele de atum (24,78%) e superior aos valores encontrados por Kasankala et al. (2007) e Bueno et al. (2011) e Silva et al. (2017a) em peles de outras espécies como de carpa capim (10,5%), tilápia-do-nilo (14,5%) e filhote (18,3%), respectivamente.

Silva et al. (2017b) encontraram valores de rendimentos para a dourada (*Brachyplathystoma rousseauxii*) de 30,60% e de 23,33% ao extraírem a gelatina com NaOH e Ca(OH)<sub>2</sub>, respectivamente. Segundo os mesmos autores, a gelatina extraída com NaOH apresentou maior potencial tecnológico devido ao seu maior rendimento, maior teor de iminoácidos e melhores propriedades (força do gel, viscosidade, ponto de fusão e poder emulsificante) e pode ser usado em uma ampla gama de produtos. A gelatina extraída com Ca(OH)<sub>2</sub> apresentaram géis fracos e menor ponto de fusão, características apropriadas para produtos refrigerados que requerem baixas temperaturas de gelificação. O rendimento pode variar com o método de extração empregado, com a idade e a espécie do peixe utilizado.

Tabela 1 - Análises físico-químicas da pele e da gelatina de tambaqui

Componentes	Pele <sup>1</sup>	Gelatina <sup>1</sup>	Gelatina de tilápia <sup>1*</sup>
Umidade (%)	38,11 ±0,73	9,43 ±0,06	9,30 ± 0,10
Lipídeos (%)	26,56 ±0,80	1,23 ±0,17	0,30 ± 0,00
Proteínas (%)	30,39 ±0,67	85,99 ±1,10	88,9 ± 0,40
Cinzas (RMF) (%)	1,37 ±0,11	2,99 ±0,27	1,80 ± 0,00
pH	6,35 ±0,01	6,12 ±0,08	-
Acidez (mL NaOH 100 g <sup>-1</sup> )	2,28 ±0,06	2,94 ±0,05	-
Atividade de água (aw)	-	0,436 ±0,03	-

<sup>1</sup>Média ± desvio padrão. \*Bueno et al. (2011)

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E FÍSICAS DOS FILMES

A gelatina utilizada para a elaboração das soluções formadoras de filmes não apresentou separação de fases, indicando boa homogeneização e interação com os plastificantes. Os filmes após 14 horas de secagem, apresentaram estruturas firmes e coesas, com aw média de 0,484 e 0,466, para os filmes adicionados de sorbitol e glicerol, respectivamente.

Os filmes adicionados de sorbitol elaborados com 20 mL e 40 mL de solução formadora de filme apresentaram diferença ( $p \leq 0,05$ ) na espessura (Tabela 2).

Tabela 2 - Análises físicas e mecânicas dos filmes contendo sorbitol e glicerol com diferentes volumes de solução formadora de filme

	Volumes/Análises		
	20 mL	30 mL	40 mL
<b>Espessura (mm)<sup>1</sup></b>			
FS	0,095 ± 0,012 <sup>aA</sup>	0,100 ± 0,026 <sup>abB</sup>	0,121 ± 0,000 <sup>bA</sup>
FG	0,092 ± 0,003 <sup>aA</sup>	0,138 ± 0,046 <sup>bA</sup>	0,129 ± 0,009 <sup>bA</sup>
<b>Resistencia à tração (RT)<sup>1</sup></b>			
FS	1,93±0,74 <sup>bA</sup>	4,12±1,99 <sup>aA</sup>	1,60±1,13 <sup>bA</sup>
FG	1,50±5,34 <sup>aA</sup>	1,24±1,76 <sup>abB</sup>	1,48±1,62 <sup>aA</sup>
<b>Elongação (%E)<sup>1</sup></b>			
FS	3,92±1,12 <sup>aA</sup>	3,88±0,03 <sup>abB</sup>	5,77±2,95 <sup>aA</sup>
FG	3,26±1,03 <sup>bA</sup>	6,67±3,95 <sup>aA</sup>	3,75±0,63 <sup>bA</sup>
<b>=PVA (gm<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> Pa<sup>-1</sup>)</b>			
FS	1,46x10 <sup>-12aA</sup>	1,50x10 <sup>-12aA</sup>	1,87x10 <sup>-12aA</sup>
FG	1,49x10 <sup>-12bA</sup>	2,53x10 <sup>-12aA</sup>	2,18x10 <sup>-12abA</sup>
<b>Parâmetros de Cor<sup>1</sup></b>			
<b>L*</b>			
FS	93,66±0,17 <sup>bA</sup>	93,50±0,32 <sup>abA</sup>	93,35±0,32 <sup>bA</sup>
FG	93,39±0,24 <sup>aA</sup>	92,82±0,11 <sup>bB</sup>	92,75±0,38 <sup>bB</sup>
<b>a*</b>			
FS	-5,62±0,03 <sup>aA</sup>	-5,63±0,01 <sup>aA</sup>	-5,62±0,12 <sup>aA</sup>
FG	-5,47±0,06 <sup>bB</sup>	-5,47±0,08 <sup>bB</sup>	-5,48±0,04 <sup>bB</sup>
<b>b*</b>			
FS	10,48±0,5 <sup>aA</sup>	10,77±0,57 <sup>aA</sup>	10,78±0,94 <sup>aA</sup>
FG	10,20±0,55 <sup>bA</sup>	10,73±0,26 <sup>aA</sup>	11,04±0,65 <sup>aA</sup>
<b>ΔE</b>			
FS	7,51 ± 2,16 <sup>aA</sup>	9,23 ± 3,03 <sup>aA</sup>	9,38 ± 4,84 <sup>aA</sup>
FG	6,53 ± 2,66 <sup>aA</sup>	9,84 ± 2,59 <sup>bA</sup>	11,36 ± 4,46 <sup>bA</sup>
<b>WI</b>			
FS	86,51 ± 0,48 <sup>aA</sup>	86,21 ± 0,61 <sup>aA</sup>	86,14 ± 0,93 <sup>aA</sup>
FG	86,66 ± 0,56 <sup>aA</sup>	85,94 ± 0,29 <sup>bA</sup>	85,69 ± 0,71 <sup>bA</sup>

Média ± desvio padrão. FS: filme com sorbitol; FG: filme com glicerol. Letras minúsculas iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ). Letras maiúsculas iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quanto aos filmes com glicerol somente o filme com 20 mL da solução formadora de filme diferiu significativamente dos demais. Comparando-se os diferentes plastificantes utilizados, apenas a formulação com 30 mL apresentou diferença significativa. A interação da matriz principal com o plastificante pode formar filmes com menor espessura, porém outros fatores influenciam positiva ou negativamente na espessura, como o tempo, a temperatura e superfície de secagem, bem como outros fatores externos durante a elaboração dos filmes (ARFAT et al., 2014).

Hoque et al. (2011), Tongnuanchan et al. (2011) e Nagarajan et al. (2012) obtiveram filmes com espessuras bem menores se comparadas a este estudo ao utilizarem gelatina de choco (*Sepia pharaonis*) (0,037 a 0,040 mm), isolado proteico de tilápia (0,028 a 0,036 mm) e gelatina de pele de lula (*Loligo formosana*) (0,033 a 0,038 mm), respectivamente. A espessura do filme é um parâmetro importante, sendo que, uma maior ou menor espessura será determinante para a sua aplicação.

A maior resistência à tração (RT) e alongação (R%) foram encontradas nos filmes com 30 mL da solução formadora de filme adicionados de sorbitol e glicerol ( $p < 0,05$ ), respectivamente (Tabela 2). Arfat et al. (2014) ao elaborarem filmes com isolado de proteína e gelatina de peixe, obtiveram resultados de RT e de E% entre 7,53 a 27,24 MPa e 25,64% a 98,83%, respectivamente. Segundo Chiumarelli e Hubinger (2012), o glicerol é utilizado em revestimentos ou filmes comestíveis para aumentar a flexibilidade e alongamento. Fakhouri et al. (2012), observaram que a presença de sorbitol em filmes biodegradáveis tornou-os mais resistentes quanto comparado com o glicerol. As características da resistência à tração e alongação estão altamente associadas à quantidade de plastificante, natureza do material formador de filme e coesão da estrutura da matriz polimérica (Arfat et al., 2014). Segundo Silva *et al.* (2018) a redução das concentrações da gelatina e do glicerol produz uma permeabilidade ao vapor de água mais baixa, aumentando a resistência à tração.

Os filmes adicionados de sorbitol e glicerol não apresentaram diferença ( $p \leq 0,05$ ) na permeabilidade ao vapor de água (PVA), entre os plastificantes e os diferentes volumes da solução formadora de filme. No entanto Kowalczyk e Baraniak (2011), verificaram melhores propriedades de barreira ao vapor de água em filmes comestíveis contendo sorbitol como agente plastificante em comparação com o glicerol, devido ao sorbitol ser menos higroscópico.

Os resultados da PVA encontrados nos filmes de gelatina da pele do tambaqui foram menores que os reportados por Hoque et al. (2011), Nagarajan et al. (2012) e Arfat et al. (2014), em filmes de gelatina da pele de *Sepia pharaonis* ( $0,66 \times 10^{-10}$  a  $1,18 \times 10^{-10}$ ), em isolado de proteína de peixe e gelatina de peixe ( $2,64 \times 10^{-11}$  a  $5,34 \times 10^{-11}$ ) e em gelatina da pele de *Loligo* ( $3,34 \times 10^{-11}$  a  $3,86 \times 10^{-11}$ ), respectivamente. Segundo Arfat et al. (2014) filmes obtidos a partir de gelatina de

peixe apresentam menor permeabilidade ao vapor de água que os elaborados com as proteínas miofibrilares.

Os filmes adicionados de sorbitol apresentaram diferença ( $p \leq 0,05$ ) na luminosidade ( $L^*$ ) entre os filmes produzidos com 20 mL e 40 mL da solução formadora de filme. Por outro lado, os adicionados com glicerol somente os filmes produzidos com 20 mL apresentaram diferença, em relação aos volumes de 30 e 40 mL. Todos os filmes apresentaram valores de  $L^*$  positivos e próximos de 100, caracterizando filmes como claros. A  $L^*$  dos filmes foi influenciada ( $p \leq 0,05$ ) pelos diferentes plastificantes nas concentrações de 30 e 40 mL de solução. Os parâmetros de cor são importantes para definição da aparência global, consumo e aceitação de embalagens de alimentos (AKHTAR et al., 2013).

Os valores de  $a^*$  foram pouco influenciados pelos tratamentos, pois apresentaram valores negativos e próximos do zero. Já os de  $b^*$  foram positivos, indicando que os filmes apresentaram uma tendência à cor amarela. Os valores de  $L^*$  (luminosidade) foram superiores aos encontrados por Hoque et al. (2011) e Nagarajan et al. (2012), em filmes obtidos com gelatina de pele de choco (*Sepia pharaonis*) e gelatina de pele de lula (*Loligo formosana*) e assim como no presente estudo somente o parâmetro  $b^*$  apresentou influência na cor do filme.

Para os valores da cromaticidade  $b^*$ ,  $\Delta E$  e WI os filmes com glicerol com 20 ml de solução apresentaram diferença ( $p < 0,05$ ) em relação aos demais (Tabela 2). Vanin et al. (2005) relataram que nenhum tipo e concentração de plastificante (glicerol, polietileno glicol e/ou sorbitol) apresentaram efeito sobre a diferença de cor em filmes de gelatina, porém o volume da solução formadora de filme influenciou na variação de cor ( $\Delta E$ ) e na brancura (WI) nos filmes adicionados de glicerol. A combinação dos eixos  $L^*$   $a^*$   $b^*$  correspondeu de forma adequada à cor perceptível da gelatina da pele de tambaqui, esbranquiçada e levemente cinza.

## CONCLUSÃO

A gelatina extraída da pele de tambaqui apresentou bom rendimento sendo adequada para a formação de filmes biodegradáveis. As propriedades tecnológicas e físicas analisadas (espessura, resistência à tração e alongação) dos filmes biodegradáveis elaborados apresentaram diferença significativa ao utilizar 30mL

de plastificante. A adição dos plastificantes não mostrou influência significativa nos parâmetros de cor. As melhores características tecnológicas foram obtidas nos biofilmes adicionados de sorbitol por apresentar menor espessura, maior resistência a tração e menor permeabilidade ao vapor de água. A utilização de peles de tabaqui (*Colossoma macropomum*) pode ser uma alternativa para a elaboração de filmes biodegradáveis de grande importância por evitar a deposição de resíduos no meio ambiente e diminuir o uso de plásticos sintéticos.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de Mestrado ao primeiro autor e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento desta pesquisa.

## Effect of sorbitol and glycerol plasticizers on tambaqui skin gelatin films (*Colossoma macropomum*)

### ABSTRACT

The objectives of the present work were to develop and analyze assess the technological properties of gelatin films extracted from the skin of tambaqui (*Colossoma macropomum*) with the addition of glycerol and sorbitol. Fish gelatin films with the increment of sorbitol and glycerol plasticizers were produced with different volumes of film-forming solution with 20, 30 and 40 mL, and the influence on their characteristics of each of these film types, was evaluated. The films were characterized for thickness, mechanical properties (tensile strength and elongation), water vapor permeability (WVP) and color. The thickness of the films ranged from 0.092 to 0.138 mm, but only the film produced with 40 mL of solution showed a difference ( $p < 0.05$ ) between the plasticizers. Tensile strength and elongation were higher in films with 30 mL of solution with sorbitol and glycerol, respectively. Films with sorbitol and glycerol showed no difference in water vapor permeability (PVA) between plasticizers and different volumes of film-forming solution. The film with sorbitol presented the best technological properties: smaller thickness, greater tensile strength and lower PVA. All films showed high luminosity and the  $a^*$  coordinate did not influence the color, but the  $b^*$  parameter showed a tendency to pale yellow. The  $\Delta E$  (total color difference) and WI (whiteness) were different ( $p < 0.05$ ) only for the films with glycerol. Tambaqui skin can be an alternative for the elaboration of biodegradable films that can begin to replace synthetic packaging and minimize the deposition of residues in the environment.

**KEYWORDS:** Biodegradable films. Waste. Fish skin. Tambaqui. Transformation.

## REFERÊNCIAS

AKHTAR, M. J. et al. Fabrication and physicochemical characterization of HPMC films with commercial plant extract: Influence of light and film composition. **Food Hydrocolloids**, v.31, n.2, p.420-427, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.10.008>

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the AOAC International**. Arlington: AOAC, 2005.

AHMAD, M.; BENJAKUL, S. Characteristics of gelatin from the skin of unicorn leatherjacket (*Aluterus monoceros*) as influenced by acid pretreatment and extraction time. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 2, p. 381-388, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.07.004>

ARFAT, Y. A. et al. Development and characterization of blend films based on fish protein isolate and fish skin gelatin. **Food Hydrocolloids**, v. 39, n. 2, p. 58-67, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.12.028>

ASTM. American Society for Testing and Materials. ASTM D882: **Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting**. Philadelphia: ASTM, 2009.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 389-395, 1959. <https://doi.org/10.1139/o59-099>

BORDIGNON, A. C. et al. Aproveitamento de peles de tilápia-do-nilo congeladas e salgadas para extração de gelatina em processo batelada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 473-478, 2012.

BUENO, C. M. et al. Produção de gelatina de pele de tilápia e sua utilização para obtenção de micropartículas contendo óleo de salmão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n.1, p. 65-73, 2011. <https://doi.org/10.4260/BJFT2011140100009>

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M.D. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch e Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. **Food Hydrocolloids**, v. 28, n. 1, p. 59-67, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.006>

FAKHOURI, F. M. et al. Edible films made from blends of manioc starch and gelatin e Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 49, n. 3, p. 149-154, 2012.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.04.017>

FENG, X.; FU, C.; YANG, H. Gelatin addition improves the nutrient retention, texture and mass transfer of fish balls without altering their nanostructure during boiling. **LWT - Food Science and Technology**, v. 77, n. 2, p. 142-151, 2017.

GÓMEZ-ESTACA, Joaquín et al. Physical and chemical properties of tuna-skin and bovine-hide gelatin films with added aqueous oregano and rosemary extracts. *Food Hydrocolloids*, v. 23, n. 5, p. 1334-1341, 2009.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.09.013>

HADDAR, A. et al. Functional, antioxidant and film-forming properties of tuna-skin gelatin with brown algae extract. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 51, n. 3, p. 477-483, 2012.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.06.016>

HOQUE, M.D.S.; BENJAKUL, S.; PRODPRAN, T. 2011. Effects of partial hydrolysis and plasticizer content on the properties of film from cuttlefish. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 1, p. 82-90, 2011.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.05.008>

KARAYANNAKIDIS, P.D.; ZOTOS, A. Fish processing by-products as a potential source of gelatin: a review. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 25, n.1, p. 65-92, 2016.

<https://doi.org/10.1080/10498850.2013.827767>

KASANKALA, L.M. Optimization of gelatine extraction from grass carp (*Catenopharyngodon idella*) fish skin by response surface methodology. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 3338-3343, 2007.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.03.019>

KOWALCZYK, D.; BARANIAK, B. Effects of plasticizers, pH and heating of film-forming solution on the properties of pea protein isolate films. **Journal of Food Engineering**, v. 105, n. 3, p. 295-305, 2011.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.02.037>

NAGARAJAN, M. et al. Properties of film from splendid squid (*Loligo formosana*) skin gelatin with various extraction temperatures.



**International Journal of Biological Macromolecules**, v. 51, n. 3, p. 489-496, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.06.017>

NURILMALA, M. et al. Evaluation of the properties of tuna skin gelatin as a hard capsule material. **Food Science and Technology**, 2020. <https://doi.org/10.1007/s12562-020-01457-7>

OLIVEIRA, L. C. et al. Improvement of the characteristics of fish gelatin–gum arabic through the formation of the polyelectrolyte complex. **Carbohydrate Polymers**, v. 223, p. 115068, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115068>

RAFE, A.; RAZAVI, S. M. A. Scaling law, fractal analysis and rheological characteristics of physical gels cross-linked with sodium trimetaphosphate. **Food Hydrocolloids**, v. 62, n.2, p. 58-65, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.07.021>

SAWANT, R. R. et al. Functional properties of gelatin extracted from skin of sole fish (*Cynoglossus macrostomus*) (Norman, 1928). **Fishery Technology**, v. 55, p. 34-40, 2018.

SHYNI, K. et al. Isolation and characterization of gelatin from the skins of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), dog shark (*Scoliodon sorrakowah*), and rohu (*Labeo rohita*). **Food Hydrocolloids**, v. 39, p. 68-76, 2014. <https://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.12.008>

SILVA, E. V. C.; PENA, R. S.; LOURENÇO, L. F. H. Optimization and characterization of gelatin from kumakuma (*Brachyplatystoma filamentosum*) skin. **CyTA - Journal of Food**, v. 15, n. 3, p. 361-368. <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2016.1266391> 2017a

SILVA, E. V. C.; PENA, R. S.; LOURENÇO, L. F. H. Obtaining gelatin from the skin of gilthead bream (*Brachyplatystoma rousseauxii*) using two pre-treatment. **Advance Journal of Food Science and Technology**, v. 13, p. 182-189, 2017b.

SILVA, N. S. et al. Development and optimization of biodegradable fish gelatin composite film added with buriti oil. **CyTA-Journal of Food**, v. 16, p. 340-349, 2018.

SILVA, R. S. G.; BANDEIRA, S. F.; PINTO, L. A. A. Characteristics, and chemical composition of skins gelatin from cobia (*Rachycentron*

canadum). **LWT - Food Science and Technology**, v. 57, n. 2, p. 580-585, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.026>

SILVA, W. B. S. et al. Propriedades tecnológicas e antimicrobiana de biofilmes de proteínas de peixe com óleo essencial de cravo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, p. 1-9, 2019. <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i2a5642>

TONGNUANCHAN, P. et al. Characteristics of film based on protein isolate from red tilapia muscle with negligible yellow discoloration. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 48, n. 2, p. 758-767, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2011.02.017>

VANIN, F. M. et al. Effects of plasticizers and their concentrations on thermal and functional properties of gelatin-based films. **Food Hydrocolloids**, v. 19, n.1, p. 899-907, 2005.

XAVIER NEVES, E.M.P. et al. Effect of polymer mixture on bioplastic development from fish waste. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 45, n. 4, p. 1-10, 2019. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2019.45.4.518>

ZAVAREZE, E. R. et al. Biodegradable films based on myofibrillar proteins of fish. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n.2, p. 53-55, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232012005000038>

**Recebido:** 11 jun. 2020

**Aprovado:** 13 jun. 2021.

**Publicado:** 18 set. 2021

**DOI:** 10.3895/rbta.v15n1.12556

**Como citar:**

MOIA, P. J. S. et a. Efeito dos plastificantes sorbitol e glicerol em filmes de gelatina de pele de tambaqui (*Colossoma macropomum*) **R. bras. Tecnol. Agroindustr.**, Francisco Beltrão, v. 15, n. 2, p. 3573-3590, jul./dez. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Lúcia de Fátima Henriques Lourenço

Avenida Generalíssimo Deodoro, 2037, apto 2108, Belém, Pará, Brasil. CEP 66040-255

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

