



Recebido: 14/04/2024 | Revisado: 15/05/2024 | Aceito: 14/06/2024 | Publicado: 16/09/2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 Unported License.

DOI: 10.31416/rsdv.v12i3.1059

Avaliação de soluções filmogênicas bioativas em filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*)

Evaluation of bioactive filmogenic solutions in tilapia fillets (Oreochromis niloticus)

FERREIRA, David de Sousa. Discente/Tecnologia em Alimentos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Sobral. Avenida Dr. Guarany, 317, Jocely Dantas de Andrade Torres - Sobral Ceará - Brasil. CEP: 62.042-030/ Telefone: (88) 3112.8100/ E-mail: davi.26sf@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5483-5387>.

CARNEIRO, Lucas Teixeira. Mestrando/Ciência de Alimentos

Faculdade de Engenharia de Alimentos - UNICAMP. Rua Monteiro Lobato, 80 - Cidade Universitária, Campinas - SP- Brasil. CEP: 13083-862/Telefone: (19) 3521-0202/ Email: lucatteixeira@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5678-3409>.

PAZ, Maria Eduarda Alves da. Graduada/Tecnologia em Alimentos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - campus Limoeiro do Norte. Rua Estevão Remígio de Freitas, 1145, Monsenhor Otávio - Limoeiro do Norte - CE - Brasil. CEP: 62.930-000 / Telefone: (85) 3401.2290 / Email: maria.eduarda.alves07@aluno.ifce.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3227-7269>.

MENDES, João Bruno Guilherme. Discente/Tecnologia em Alimentos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - campus Sobral. Avenida Dr. Guarany, 317, Jocely Dantas de Andrade Torres - Sobral - CE - Brasil. CEP: 62042-030/Telefone: (88) 3112.8100/ Email: brunoguilhermemendes246@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6580-3571>.

FARIAS, Mirla Dayanny Pinto. Doutorado/Tecnologia em Alimentos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - campus Sobral. Avenida Dr. Guarany, 317, Jocely Dantas de Andrade Torres - Sobral - CE - Brasil. CEP: 62042-030/Telefone: (88) 3112.8100/ Email: mirla@ifce.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7818-700X>.

RESUMO

O pescado é um alimento nutricionalmente rico em proteínas, mas apresenta rápida degradação, motivando diversas pesquisas voltadas ao aumento de sua vida útil. O presente estudo objetivou elaborar soluções filmogênicas à base de xiloglucana com ácido ascórbico e avaliar sua aplicabilidade em filés de tilápia. Para isso, foram realizadas análises de pH, ácido ascórbico, cocção (perda de peso e capacidade de retenção de água) e cor (sistemas RGB e CIE $L^*a^*b^*$). Os valores de pH das amostras permaneceram abaixo de 7, conforme os limites estabelecidos pela legislação. Na análise de ácido ascórbico (amostra FXA), observou-se uma retenção inicial elevada, que diminuiu lentamente ao longo do armazenamento. As análises de cocção mostraram que as amostras FX e FXA não apresentaram diferença significativa na perda e retenção de água em comparação ao controle. Na análise de cor pelo sistema RGB, não foram detectadas diferenças significativas entre os dias de estudo e entre as amostras, com o vermelho sendo o pigmento predominante. Na análise de cor pelo sistema CIE $L^*a^*b^*$, os filés de tilápia, revestidos ou não, mantiveram padrões semelhantes de tons pouco brilhosos e claros, com predominância de azul e leves tonalidades esverdeadas. A análise do ΔE (Delta E) indicou que todas as amostras apresentaram níveis perceptíveis à primeira vista. Conclui-se que as soluções filmogênicas, com ou sem a adição de ácido ascórbico, são viáveis para aplicação em filés de tilápia, destacando-se a solução contendo ácido ascórbico na matriz polimérica.

Palavras-chave: antioxidante, xiloglucana, pescado, ácido ascórbico.



ABSTRACT

Fish is a nutritionally rich food in proteins, but it undergoes rapid degradation, prompting various research aimed at increasing its shelf life. The present study aimed to develop filmogenic solutions based on xyloglucan with ascorbic acid and evaluate their applicability in tilapia fillets. For this purpose, pH, ascorbic acid, cooking (weight loss and water retention capacity), and color (RGB and CIE Lab* systems) analyses were conducted. The pH values of the samples remained below 7, within the limits established by legislation. In the analysis of ascorbic acid (sample FXA), initially high retention was observed, which decreased slowly over storage time. Cooking analyses showed that samples FX and FXA did not exhibit significant differences in water loss and retention compared to the control. In the color analysis using the RGB system, no significant differences were detected between study days and among samples, with red being the predominant pigment. In the color analysis using the CIE Lab* system, tilapia fillets, whether coated or not, maintained similar patterns of slightly dull and light tones, with a predominance of blue and subtle greenish hues. ΔE (ΔE) analysis indicated that all samples exhibited perceptible levels at first sight. It is concluded that filmogenic solutions, with or without the addition of ascorbic acid, are viable for application in tilapia fillets, with the solution containing ascorbic acid in the polymeric matrix being highlighted.

Keywords: antioxidant, xyloglucan, fish, ascorbic acid.

1. Introdução

A comercialização de peixes no mercado brasileiro vem crescendo devido a crescente preocupação em adicionar alimentos que além de nutrir, agreguem saudabilidade, seu teor proteico com salientes valores biológicos e diversos outros nutrientes significativos como os ácidos graxos (Beraldo, Garcia & Marfori 2020; Gonçalves, Mituuti & Haas, 2020; Nascimento & Scalabrini, 2020; Soares et al., 2016). O elevado valor nutricional do peixe colaborou para que nos presentes anos houvesse mais procura por esse produto, principalmente para pessoas que pretendem ter uma alimentação saudável (Fao, 2020; Nascimento & Scalabrini, 2020; Silva et al., 2020; Soares et al., 2016; Wu, Pu & Sun, 2019).

O mercado brasileiro se encontra como um dos principais produtor de tilápia no mundo, sendo esta espécie a mais produzida atualmente no país, independentemente do consumo (10 kg/hab/ano) ser inferior a produção mundial (20 kg/hab/ano) (Schreiber, Zucatto & Lazzari, 2021).

Embora a carne de pescado seja rica em nutrientes, ela é altamente perecível. Isso se deve ao seu elevado teor proteico, à presença de enzimas proteolíticas, à alta atividade de água e ao pH próximo da neutralidade, fatores que aceleram o processo de degradação dos peixes (Prabhakar et al., 2020; Wu et al., 2019).

Portanto as indústrias alimentícias e pesquisadores estão cada vez adotando estratégias para impedir a perda de qualidade nutritiva, procurando processos tecnológicos com objetivo de aumentar a qualidade e conseqüentemente, ampliar a vida útil de alimentos perecíveis como os pescados (Cerqueira et al., 2010). Alguns procedimentos utilizados nas indústrias para beneficiamento dos peixes e retardar as reações oxidativas, físico-química e microbiologia são os revestimentos naturais (Neiva et al., 2007).

Os alimentos de origem animal têm alta perecibilidade, tornando-os assim, um foco para os estudos para aplicação de filmes e revestimentos comestíveis (Balti et al., 2020). Para isso, fontes



naturais têm grande potencial para substituição de conservantes químicos de maneira parcial ou total, com objetivo do aumento da vida de prateleira deles.

O emprego de revestimentos comestíveis é uma forma de contribuir na conservação de produtos minimamente processados, nos quais a *vida útil* é reduzida (Garcia et al., 2022). A literatura reporta que existe uma variedade de materiais oriundos de fontes naturais que podem ser utilizados para produzir revestimentos/filmes comestíveis (Cerqueira et al., 2010). Dentre estes, se podem mencionar os biopolímeros à base de polissacarídeos e de proteínas. Nesse âmbito, para se aplicar os revestimentos é necessário, sumariamente, avaliar as propriedades de superfícies dos revestimentos a serem empregados nos produtos alimentares, com a finalidade de conferir a estes alimentos uma maior durabilidade e uma maior manutenção dos revestimentos aplicados.

Diante disso, nesta pesquisa objetivou-se o desenvolvimento de um revestimento comestível e biodegradável, na forma de soluções filmogênicas à base de xiloglucana incorporado de ácido ascórbico, visando avaliar sua aplicabilidade em uma matriz alimentícia que neste caso são filés de peixe tilápia, para diminuir ou até substituir processos industriais como o glaciamento ou camada de gelo aplicada com intuito de proteção dos filés congelados.

2. Material e métodos

2.1 Aquisição dos matéria-prima

Os cortes dos filés de tilápias e o preparo das soluções de xiloglucana foram realizados na Planta Piloto de Carnes e Pescados no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - *Campus Sobral*.

Os filés de tilápias foram adquiridos no mercado municipal de Sobral-CE, com a temperatura de 4°C. As sementes de jatobá (*H. courbaril var. courbaril*) utilizados para extração de xiloglucana foram adquiridas na cidade de Carnaubal-CE.

2.2 Preparação dos filés para imersão nas soluções filmogênicas

Inicialmente a xiloglucana foi extraída das sementes segundo a metodologia descrita por Farias et al. (2018).

Após a extração, foram preparadas soluções filmogênicas à base de xiloglucana na concentração de 2,0% (p/v), com e sem ácido ascórbico, para o subsequente revestimento dos filés. Os filés foram cortados em pedaços de 3cm² com peso médio de 9g cada. Em seguida foram e dispostos em bandejas de poliestireno de 20x15cm, totalizando seis pedaços por bandeja, envolvidos por plástico filme de PVC (Policloreto de Vinila). As amostras foram codificadas como FC (Filé controle sem revestimento), FX (Filé com revestimento à base de xiloglucana) e FXA (Filé com revestimento à base de xiloglucana e adição de ácido ascórbico). Uma parte das amostras foi direcionada para análises no tempo 1 (0 dia), enquanto as demais foram armazenadas em um



freezer a -18°C , sem exposição à luz e aberto esporadicamente, para análises subsequentes nos tempos 2 e 3 (30 e 60 dias, respectivamente).

2.3 Análises físico-químicas

As amostras de filés, após descongelados sob refrigeração (temperatura de 0°C) foram avaliadas em triplicata no Laboratório de Biotecnologia do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará - Campus Sobral. Todas as metodologias foram executadas de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008).

O potencial Hidrogeniônico (pH) foi realizado através phmetro digital (Even, modelo PHS-3E), onde 5g de cada amostra crua diluída em 50ml de água destilada foi levada sob agitação (30 minutos) seguida de leitura após de repouso (10 minutos).

A análise de quantificação do ácido ascórbico foi realizada pelo método de Tillmans (IAL, 2008) somente no filé com revestimento que continha a biomolécula, com o objetivo de avaliar a retenção dele, desta maneira, pesou-se aproximadamente 1,0 g da amostra para um balão volumétrico de 100 mL aferido-se com ácido oxálico, retirado-se em seguida uma alíquota de 5ml para posterior diluição em água e titulação com a solução de Tillman até obtenção da coloração levemente rosa. Os resultados obtidos foram apresentados em porcentagem de retenção do composto bioativo.

2.4 Análises de Cocção: Perda de peso e Capacidade de retenção de água

2.4.1 Perda de peso durante a cocção

Os filés foram descongelados em seguida com auxílio de uma balança semi-analitica, as amostras cruas foram pesadas, e após 8 min em um forno elétrico (Forno elétrico suggar fe1001br) ou até atingir 75°C , mensurado com um termômetro espeto (Thermometer. TP 101). Os valores da perda de peso dos filés foram calculados pela diferença entre o peso da amostra crua e da cozida, como mostra a Equação 1.

$$\text{Perda de Peso (\%)} = \frac{(\text{peso da amostra crua} - \text{peso da amostra cozida}) \times 100}{\text{peso da amostra crua}} \text{ (Eq.1)}$$

2.4.2 Capacidade de retenção de água (CRA)

Para se ter o resultado da capacidade de retenção de água nas amostras, foi necessário a obtenção do teor de umidade das amostras. O percentual da capacidade de retenção de água (CRA) foi calculado de acordo com Seabra et al. (2002), como mostra a equação 2.

$$\%CRA = ((1 - A - D) / U) \times 100 \text{ (Eq. 2)}$$



Sendo, A = peso da amostra (g) por aquecimento; D = peso da amostra (g) após o aquecimento e centrifugação; U = umidade da amostra (%).

2.5 Análises de Cor através dos sistemas RGB

Os filés de tilápia com ou sem revestimentos foram inseridos individualmente em um suporte construído a partir de impressão 3D de acordo com Silva et al. (2023). As imagens foram obtidas a partir de um smartphone Android (Xiaomi Redmi Note 8) com função flash ligada, obtendo a captura das imagens de toda a área da amostra, perfazendo 15 imagens por tratamento nos respectivos tempos de análise (Tempo 0, 30 e 60 dias).

A análise de cor através do sistema RGB ocorreu através do processamento das imagens pelo programa Image J, onde é averiguado o espaço de cores, no qual é medido a intensidade de luz, nas colorações, vermelho (R), verde (G) e azul (B) (Leon et al, 2006). Em seguida, através dos 3 valores de R, G e B realizou-se a equivalência para obtenção da cor, do código (que é representado por 6 caracteres hexadecimais de 0 a F, precedido do caractere "#") e a porcentagem (%) dos pigmentos RGB de cada uma das amostras. Esta equivalência foi realizada através da plataforma Converting Colors (<http://www.convertingcolors.com/>).

2.6 Análises de Cor através do sistema CIE $L^*a^*b^*$

A análise de cor através do sistema CIE $L^* a^* b^*$ foram realizadas utilizando um Colorímetro (Colorímetro Portátil da marca Delta Color, modelo Colorium), por meio de três parâmetros de acordo com a Comissão Internacional de Iluminantes. O parâmetro L^* define a luminosidade ($L^*= 0$ preto e $L^*=100$ branco) e a^* e b^* são responsáveis pela cromaticidade ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde, $+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul) (Barcelos, 2017).

A partir dos dados do $L^*a^*b^*$ foram detectados os valores do ΔE , de acordo com a equação 3, que indicam os níveis de percepção de diferença de cor (Karma, 2020), onde ≤ 1 : não perceptível ao olho humano; 1-2: perceptível observando com atenção; 2-10: perceptível à primeira vista; 11-49: as cores são mais similares que opostas; 100: as cores são exatamente opostas. Neste sentido, para a obtenção da diferença de cor das amostras, a amostra FC (sem revestimento) foi estabelecido como padrão, logo, não possuem ΔE , pois a partir dos valores de $L^*a^*b^*$ iniciais que serão obtidos o ΔE dos demais tempos.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \text{ (Eq. 3)}$$

2.7 Análise estatística

Os resultados foram expressos como média \pm desvio padrão e analisados utilizando o software OriginPro, por meio de análise de variância (one-way ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, com um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).



3 Resultados e discussão

3.1 Análises físico-químicas

O resultado da análise de pH encontra-se na Tabela 1.

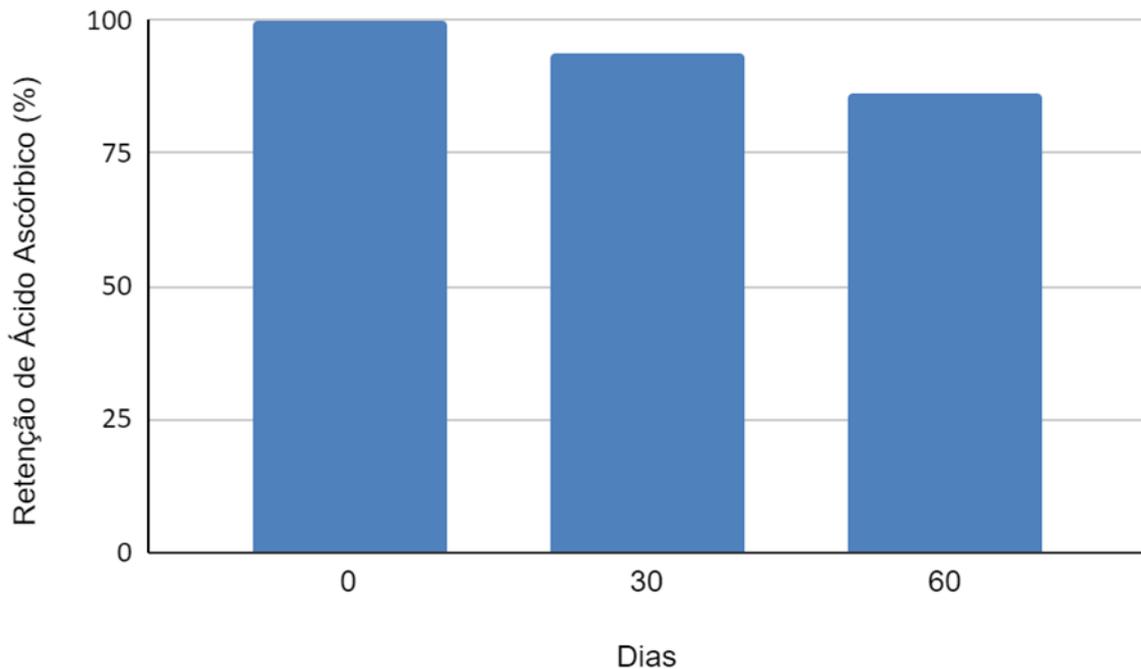
Tabela 1- Análises físico-químicas dos filés de tilápias revestidos com as soluções filmogênicas com ou sem a xiloglucana e ácido ascórbico.

Análise	Tratamentos	Tempos (Dias)		
		0	30	60
pH	FC	5,52 ± 0,03 _{ab}	6,31 ± 0,10 _{aA}	6,33 ± 0,03 _{bA}
	FX	5,40 ± 0,02 _{bc}	6,20 ± 0,09 _{ab}	6,57 ± 0,05 _{aA}
	FXA	5,55 ± 0,06 _{ab}	6,43 ± 0,25 _{aA}	6,26 ± 0,03 _{bA}

FC (Filé controle sem a solução filmogênica) FX (Filé com a solução filmogênica à base de xiloglucana). FXA (Filé com a solução filmogênica à base de xiloglucana e adição de ácido ascórbico). Valores expressos como média ± desvio padrão. Valores com letras minúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa ($p < 0,05$). Valores com letras maiúsculas diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).

Ao decorrer dos tempos de análise foi possível perceber certo aumento em relação aos valores de pH (Tabela 1) quando se compara com o tempo 0 com os demais tempos de armazenamento. Verifica-se que a presença do revestimento com ácido ascórbico (FXA) não alterou o pH durante o período de estudo, visto que se manteve estatisticamente semelhante à amostra controle (FC). Porém, todos os valores de pH apresentaram-se sempre abaixo do limite de pH 7 de acordo com a legislação (Brasil, 2017). Segundo Farias et al. (2019), o pH de alimentos à base de carne de pescados apresenta-se situado entre 6 e 7, onde o aumento considerável desse parâmetro possivelmente se dará por meio de alterações químicas que ocorrem durante o armazenamento sob congelamento (Kuroda et al., 2021). Desse modo, a incorporação do agente antioxidante (ácido ascórbico) juntamente com a xiloglucana agem de forma positiva ao demonstrar boa capacidade de impedir essas alterações, e isto pode ser observado no decorrer dos tempos, onde a amostra com ácido ascórbico apresentou melhor desempenho comparado com o revestimento sem a biomolécula.

Em relação a análise de ácido ascórbico (Figura 1), verifica-se uma retenção inicial maior na amostra FXA, e que ela vai decrescendo ao longo dos dias de armazenamento, porém lentamente. O ácido ascórbico é uma vitamina solúvel em água com propriedades antioxidantes, usualmente encontrado de forma abundante em frutos de caráter cítrico e atua como cofator em diversas reações, reduzindo espécies que apresentam reatividade ao oxigênio (Institute of medicine, 2000; Soares et al. 2019). Logo, a queda nos percentuais (Figura 1) de ácido ascórbico podem significar não apenas sua simples degradação, mas também picos de atividade antioxidante, em resposta a oxidação lipídica no produto, sugerindo-se que o revestimento utilizando a xiloglucana como matriz polimérica pode resguardar a biomolécula e liberá-la aos poucos durante os dias de estudo, corroborando com os resultados de Farias et al. (2018).

**Figura 1** - Retenção do ácido ascórbico nos filés de tilápias revestidos com as soluções filmogênicas com xiloglucana e ácido ascórbico.

Fonte: Autor, 2023.

3.2 Análise de Cocção: Rendimento e Capacidade de retenção de água

O resultado da análise de cocção, através do parâmetro de perda de peso e capacidade de retenção de água (CRA%) encontra-se na Tabela 2, onde observa-se que as amostras com as soluções filmogênicas à base de xiloglucana (FX) ou com xiloglucana e ácido ascórbico (FXA) não interferem significativamente na perda e nem na retenção de água quando comparada ao controle, ou seja, há uma manutenção do peso e ao mesmo tempo a retenção hídrica na matriz alimentar, que é o filé. A capacidade de retenção de água é referente a habilidade do filé de peixe aprisionar a água contida em sua estrutura e para o consumidor, essa característica está relacionada com o aspecto antes e durante a cocção e com a palatabilidade e succulência do produto final (Honorato et al., 2014), portanto, o revestimento a base de xiloglucana pode ser viável para manter essa característica nos filés.

Tabela 2 - Análise de perda de peso e capacidade de retenção dos filés de tilápias revestidos com as soluções filmogênicas com ou sem a xiloglucana e ácido ascórbico.

Análise	Tratamentos	Tempos		
		0	30	60
Perda de Peso (%)	FC	32,90 ± 9,14 ^{aA}	32,86 ± 1,0 ^{aA}	33,3 ± 6,51 ^{aA}
	FX	28,38 ± 9,92 ^{aA}	30,28 ± 4,28 ^{aA}	31,04 ± 1,20 ^{aA}
	FXA	32,81 ± 4,45 ^{aA}	34,81 ± 1,3 ^{aA}	34,84 ± 0,73 ^{aA}



Capacidade de Retenção de água (%)	FC	94,17 ± 1,70 ^{aA}	95,71 ± 0,17 ^{aA}	95,02 ± 1,21 ^{aA}
	FX	94,50 ± 0,73 ^{aA}	95,29 ± 0,90 ^{aA}	94,75 ± 0,21 ^{aA}
	FXA	94,34 ± 1,80 ^{aA}	95,77 ± 0,15 ^{aA}	95,24 ± 0,21 ^{aA}

FC (Filé controle sem revestimento. FX (Filé com revestimento à base de xiloglucano). FXA (Filé com revestimento à base de xiloglucana e adição de ácido ascórbico). Valores expressos como média ± desvio padrão. Valores com letras minúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa ($p < 0,05$). Valores com letras maiúsculas diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).

3.3 Análises de Cor através dos sistemas RGB e CIEL*a*b*

Os resultados de RGB se encontram na Tabela 3, onde pode-se observar que este sistema aponta as características de cor das amostras de filés revestidos com as soluções filmogênicas ou não. Nos valores referentes ao R (Red- pigmentação vermelha), não se verifica diferenças significativas entre os dias de estudo e entre as amostras, exceto no tempo 30 da FXA (revestimento com ácido ascórbico) e que este pigmento é predominante ao comparar-se com os outros (G e B). A coloração esverdeada representada pelo G (Tabela 3) comportou-se semelhante aos valores de R, assim como os valores referentes à coloração azul representada pelo B (Tabela 3) que também se comportou como as demais (Red e Green).

Tabela 3 - Análise de cor através do sistema RGB filés de tilápias revestidos com as soluções filmogênicas com ou sem a xiloglucana e ácido ascórbico.

Cor	Tratamentos	Tempos		
		0	30	60
Red (R)	FC	165,32 ± 6,51 ^{aA}	162,05 ± 5,96 ^{aA}	158,92 ± 8,93 ^{aA}
	FX	163,85 ± 6,84 ^{aA}	156,18 ± 0,54 ^{aA}	160,60 ± 7,66 ^{aA}
	FXA	168,35 ± 4,61 ^{aA}	150,19 ± 5,79 ^{bA}	164,77 ± 5,80 ^{aA}
Green (G)	FC	134,91 ± 16,21 ^{aA}	135,73 ± 8,64 ^{aA}	128,32 ± 2,67 ^{aA}
	FX	135,59 ± 12,73 ^{aA}	131,63 ± 2,31 ^{aA}	127,30 ± 12,91 ^{aA}
	FXA	137,82 ± 2,37 ^{aA}	119,05 ± 8,06 ^{bA}	136,64 ± 8,45 ^{aA}
Blue (B)	FC	114,46 ± 5,85 ^{aA}	116,27 ± 10,31 ^{aA}	105,00 ± 6,01 ^{aA}
	FX	111,62 ± 13,13 ^{aA}	105,68 ± 3,53 ^{aA}	105,33 ± 9,46 ^{aA}
	FXA	118,45 ± 0,58 ^{aA}	100,99 ± 9,84 ^{bA}	110,61 ± 6,97 ^{aA}

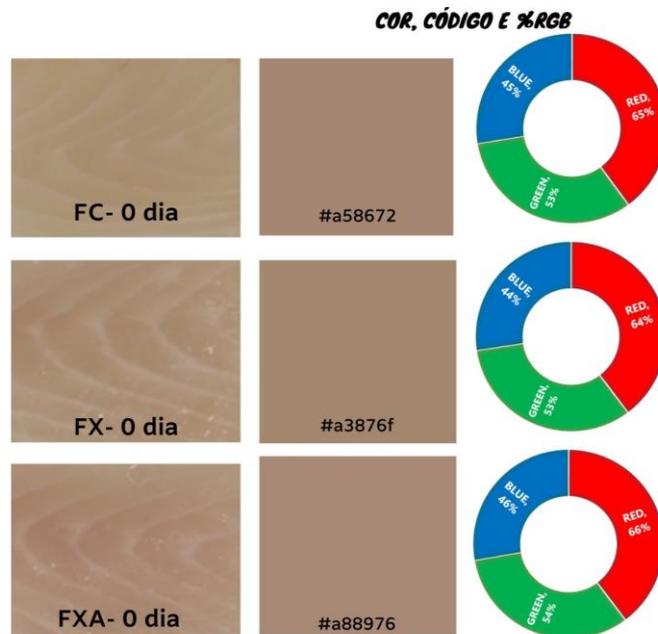
FC (Filé controle sem revestimento. FX (Filé com revestimento à base de xiloglucano). FXA (Filé com revestimento à base de xiloglucana e adição de ácido ascórbico). Valores expressos como média ± desvio padrão. Valores com letras minúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa ($p < 0,05$). Valores com letras maiúsculas diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).

Esse sistema também nos permite definir a partir dos três valores dados de R, G e B, o nome da cor e seu código para as amostras de filés, desta maneira, verifica-se que as cores

predominantes, os seus códigos e a % dos pigmentos RGB (figuras 2, 3 e 4) detectadas pela plataforma Converting Colors convergem visualmente para tons iguais ao identificado a olho nu e novamente reforça-se que o pigmento vermelho se encontra em maior porcentagem em todas as amostras. Segundo Markovic et al. (2013) o sistema de cores RGB consegue reproduzir consideravelmente o mesmo padrão de cor visto à olho nu, mesmo que as amostras sejam heterogêneas. Este sistema já foi utilizado para correlacionar a oxidação lipídica de hambúrgueres de peixe com as imagens digitais e seus respectivos valores de RGB concluindo que ele possui alto nível de confiança de predição (Marques et al., 2022). Em outro estudo ele foi utilizado para detectar se as carnes brancas de suínos e aves estavam adulteradas ou não (Rady; Adedeji; Watson, 2021).

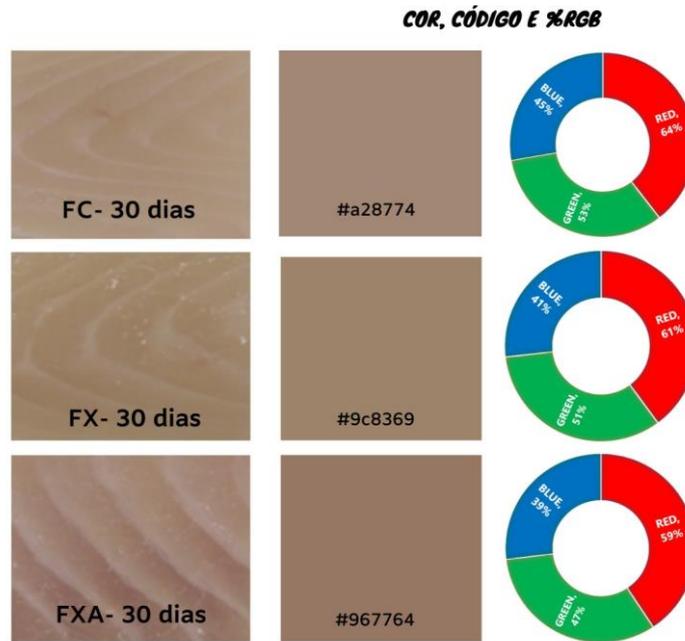
Um outro item a ser observado pelas imagens digitais das figuras 2, 3 e 4 são as estruturas que formam os filés como os miômeros (fibras musculares do peixe) e mioseptos (tecido conectivo que separa os miômeros), observando-se que não são amostras totalmente homogêneas e que a metodologia foi eficaz para o entendimento visual, onde as imagens digitais apontam nas que possuem as soluções filmogênicas um leve brilho durante os tempos de estudo.

Figura 2- Registro fotográfico dos filés de tilápias revestidos com as soluções filmogênicas com ou sem a xiloglucana e ácido ascórbico e a equivalência da cor, código hexadecimal e % dos pigmentos RGB (tempo 0 dia).



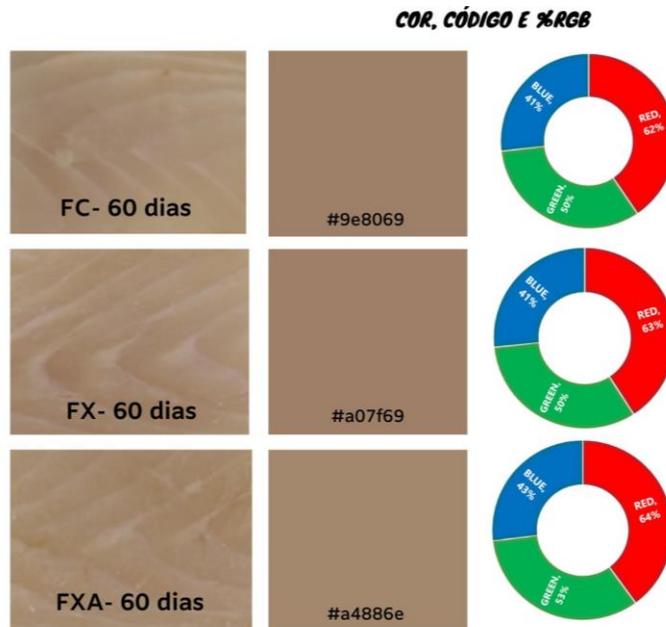
Fonte: Autores, 2024.

Figura 3- Registro fotográfico dos filés de tilápias revestidos com as soluções filmogênicas com ou sem a xiloglucana e ácido ascórbico e a equivalência da cor, código hexadecimal e % dos pigmentos RGB (tempo 30 dias).



Fonte: Autores, 2024.

Figura 4- Registro fotográfico dos filés de tilápias revestidos com as soluções filmogênicas com ou sem a xiloglucana e ácido ascórbico e a equivalência da cor, código hexadecimal e % dos pigmentos RGB (tempo 30 dias).



Fonte: Autores, 2024.

A análise de cor através do sistema CIE $L^*a^*b^*$, podem expressar o modo de assimilar os aspectos sensoriais dos alimentos em relação aos critérios utilizados no controle de qualidade (Gama, 2010). A compreensão da cor se resume a quatro fatores fundamentais tais como, distribuição espectral da energia da luz, circunstâncias sob as quais a cor está sendo observada, atributos espectrais do objeto em relação à assimilação, reflexão e transmissão, e sensibilidade do



leitor (Ital, 1981). Na tabela 4, observa-se os resultados para L^* (luminosidade), a^* (vermelho ou verde), b^* (amarelo ou azul) para as amostras de filés controle e revestidas.

Tabela 4- Análise de cor pelo sistema CIE $L^*a^*b^*$ do dos filés de tilápias revestidos com xiloglucana isolada ou com ácido ascórbico.

Análise	Tratamentos	Tempos (dias)		
		0	30	60
L^*	FC	47,59 ± 0,26 _{bb}	53,22 ± 0,79 _{ba}	53,57 ± 0,95 _{ba}
	FX	46,86 ± 0,45 _{cb}	58,91 ± 0,52 _{aa}	58,91 ± 0,52 _{aa}
	FXA	52,82 ± 0,50 _{ab}	58,27 ± 0,75 _{aa}	59,01 ± 0,59 _{aa}
a^*	FC	-0,88 ± 0,32 _{aa}	-2,68 ± 0,29 _{aa}	-2,68 ± 0,29 _{ab}
	FX	-1,31 ± 0,38 _{aa}	-3,07 ± 0,36 _{aa}	-3,07 ± 0,36 _{ab}
	FXA	-1,11 ± 0,52 _{aa}	-1,27 ± 0,78 _{ba}	-1,03 ± 0,96 _{ba}
b^*	FC	-4,24 ± 1,41 _{aa}	-4,63 ± 0,69 _{aa}	-5,38 ± 0,03 _{aa}
	FX	-4,39 ± 0,48 _{aa}	-5,13 ± 1,27 _{aa}	-4,69 ± 1,79 _{aa}
	FXA	-4,98 ± 0,46 _{aa}	-4,99 ± 0,86 _{aa}	-5,10 ± 0,35 _{aa}
ΔE	FC	Padrão	Padrão	Padrão
	FX	0,89	5,73	5,40
	FXA	5,30	5,27	5,69

FC (Filé controle sem revestimento. FX (Filé com revestimento à base de xiloglucana). FXA (Filé com revestimento à base de xiloglucana e adição de ácido ascórbico). Valores expressos como média ± desvio padrão. Valores com letras minúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa ($p < 0,05$). Valores com letras maiúsculas diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).

A luminosidade (L^*) do tratamento controle (FC), iniciou-se com tons menos brilhosos, mas que aumentam significativamente a partir do 30° dia e permanecem estáveis até o final do estudo (60° dia). No entanto, os filés submetidos ao revestimento (FX e FXA), não apresentaram diferença significativa durante os tempos avaliados, pois ambos possuíam em sua formação as soluções filmogênicas à base de xiloglucana, fazendo com que obtivessem brilhos semelhantes.

Comparando-se as amostras com revestimentos e controle no tempo 0, verifica-se diferenças significativas, porém observa-se na FXA a tendência para tons mais claros e brilhosos, sugerindo-se que o ácido ascórbico possa ter interagido positivamente e impedindo as reações de escurecimento na amostra. No decorrer dos tempos 30 e 60 dias as amostras FX e FXA demonstraram significativamente tons mais claros que a controle, porém independente do ácido ascórbico elas permanecem semelhantes. Portanto, o ácido ascórbico liberado no tempo 0 conseguiu interagir com o filé (amostra FXA) e nos outros tempos essa interação foi menor, corroborando com o resultado da retenção de ácido ascórbico descrita anteriormente (Figura 1), e levando ao entendimento que ele foi liberado gradativamente durante o armazenamento.



A cromaticidade de a^* de todas as amostras leva a cor esverdeada, verificando-se que na amostra FC no tempo 0, uma divergência significativa comparada aos tempos (30 e 60), apresentando um valor estável no decorrer do tempo de armazenamento, e a mesma situação ocorre com a amostra FX. Entretanto, observou-se que no tratamento com o ácido ascórbico (FXA) os valores apresentaram-se baixos e estatisticamente iguais durante os dias de estudo.

Ao comparar as amostras ainda no parâmetro a^* e no decorrer do tempo 0 verifica-se que não há diferenças significativas. A partir do 30° (trigésimo) dia até 60° (sexagésimo) dia a FXA que contém a biomolécula difere significativamente do controle e da amostra que possui somente o revestimento (FC e FX). Diante do exposto, observa-se que o revestimento com ácido ascórbico se mostrou no final dos dias de estudo com menos pigmentos esverdeados em relação às outras amostras.

No parâmetro b^* , observou-se que todas as amostras se encontram com cores que apontam para tons azulados, e significativamente não diferem nem nos tempos e tratamentos, supondo-se que os filés apresentam um padrão azulado que não se altera com os dias de estudo e os tratamentos aplicados. De uma maneira geral, os filés de tilápia revestidos ou não mantêm padrões semelhantes de tons pouco brilhosos e claros, azulados e pouco esverdeados.

Ao analisarmos o ΔE , todas as amostras apresentaram-se um nível de percepção à primeira vista, pois os valores encontrados estão entre 2-10, ou seja, os filés com revestimento de xiloglucana sem ou com ácido ascórbico, podem ser visualmente identificados pelos consumidores quando comparados com o padrão que são amostras sem revestimentos. Percebe-se que a FX no primeiro dia (tempo 0) apresentou um valor abaixo de 1 que nos remete a uma percepção não identificada pelo olho humano.

A cor dos alimentos é um dos primeiros parâmetros de qualidade avaliado pelos consumidores para aceitação ou não, por isso estas análises são importantes e ao compará-los nesta pesquisa dar-se destaque para o RGB, que demonstrou ser mais apropriado para estas amostras, pois o sistema CIE $L^*a^*b^*$ mede apenas uma parte do espaço que na maioria das vezes não é representativa principalmente para amostras que não são totalmente homogêneas (Markovic et al., 2013).

Conclusões

A partir dos resultados pode-se apontar vários pontos positivos na aplicação do revestimento à base de xiloglucana incorporado ou não com o agente antioxidante (ácido ascórbico), pois a ação foi de forma efetiva quando avaliou-se os parâmetros físico-químicos e de cocção, onde a amostra com ácido ascórbico revelou-se com maior atuação, pois sugere-se que o antioxidante foi liberado gradativamente, aumentando assim sua efetividade no decorrer do estudo, quando correlacionada com as outras amostras.

Nas avaliações realizadas nos dois sistemas de cores (RGB e CIE $L^*a^*b^*$) verifica-se que as amostras com os revestimentos (com e sem ácido ascórbico) não apresentam padrões modificados em relação ao controle, sugerindo-se que a xiloglucana pode ser utilizada para esta função. Já em



relação a atuação do ácido ascórbico, sugere-se que este interagiu a nível intrínseco na matriz alimentar, e ao passar do tempo de estudo conclui-se que ela possa ter impossibilitado as reações indesejáveis, visto que a amostra FXA (que continha ácido ascórbico) apresentou menos pigmentos esverdeados e uma tendência para tons mais claros e brilhosos que pode ser visualmente percebido nas imagens digitais.

Conclui-se, portanto, que as soluções filmogênicas aqui propostas são viáveis para aplicação em filés de peixe tilápia, dando-se destaque para aquele que continha o ácido ascórbico na matriz polimérica, pois a mesma pode ser utilizada para diminuir as reações de escurecimento, ao mesmo tempo que não modifica as características gerais do filé. Conclui-se também que a obtenção de imagens e análise através do sistema RGB pode ser uma ferramenta tecnológica viável, auxiliando como controle de qualidade dos filés de tilápia de forma mais econômica e rápida, já que se utiliza como instrumento smartphone para adquirir as imagens.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPQ pelos recursos dado através de bolsa de iniciação científica e ao Instituto Federal de Educação do Ceará- IFCE campus Sobral por toda a infraestrutura dada para execução do referido estudo.

Referências

ARRUDA, I. R. S.; ALBUQUERQUE, P. B. S.; SANTOS, G. R. C.; SILVA, A. G.; MOURÃO, P. A. S.; CORREIA, M. T. S.; VICENTE, A. A.; CARNEIRO DA CUNHA, M. G. Structure and rheological properties of a xyloglucan extracted from *Hymenaea courbaril* var. *courbaril* seeds. *International journal of biological macromolecules*, v. 73, p. 31-38, 2015.

BALTI, R. et al. Active exopolysaccharides based edible coatings enriched with red seaweed (*Gracilaria gracilis*) extract to improve shrimp preservation during refrigerated storage. *Food Bioscience*, v. 34, p. 100522, 2020.

BARCELOS, S. C. Desenvolvimento e caracterização de queijo tipo petit suisse caprino potencialmente prebiótico com polpa de acerola (*Malpighia emarginata* DC). 2017. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Limoeiro do Norte, 2017.

BERALDO, J.; GARCIA, L. V.; MARFORI, T. G. Impacto da dieta mediterrânea e dieta low carb sobre a síndrome metabólica: uma revisão sistemática. *Revista Ciência e Saúde On-line*, 5(3), 19-30, 2020.

BRASIL. Resolução - RDC Nº 21, de 31 de maio de 2017. Aprova o regulamento técnico que fixa a identidade e as características de qualidade que deve apresentar o peixe congelado. Regulamento Técnico Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 31 mai 2017.



CERQUEIRA, M. A.; PINHEIRO, A. C.; SOUZA, B. W. S.; LIMA, A. M. P.; RIBEIRO, C.; MIRANDA, C.; TEIXEIRA, J. A.; Moreira, R. A.; COIMBRA, M. A.; GONÇALVES, M. P.; VICENTE, A. A. Extraction, purification and characterization of galactomannans from non-traditional sources. *Carbohydr. Polym.*, 75, 408-414, 2009.

Converting Colors, 2024. Disponível em: <http://www.convertingcolors.com/>. Acessado em: 12 de dezembro de 2023.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nation. The state of world fisheries and aquaculture, 2020.

FARIAS, M. D. P. et al. Adição de quitosana em fishburger: características microbiológicas, sensoriais e de cocção. *Conexões-Ciência e Tecnologia*, v. 13, n. 5, p. 55-60, 2019.

FARIAS, Mirla DP et al. Xyloglucan from *Hymenaea courbaril* var. *courbaril* seeds as encapsulating agent of L-ascorbic acid. *International journal of biological macromolecules*, v. 107, p. 1559-1566, 2018.

GAMA, T. M. M. T. B. et al. A INFLUÊNCIA DE TRATAMENTOS TÉRMICOS NO TEOR DE AMIDO, COLORIMETRIA E MICROSCOPIA DE PINHÃO NATIVO (*Araucaria angustifolia*) E PINHÃO PROVENIENTE DE POLINIZAÇÃO CONTROLADA. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 4, n. 2, 2010.

GARCIA, D. M. et al. Uso de revestimento comestível à base de resíduo de frutas adicionado de polpa de acerola para a conservação de frutas minimamente processadas. *Brazilian Journal of Development, Curitiba*, v. 8, n. 1, p. 6301-6312, 2022.

GONÇALVES, L. F.; MITUUTI, C. T.; HAAS, P. Efetividade da alimentação na prevenção do câncer de tireoide: revisão sistemática. *Revista Brasileira de Cancerologia*, 66(4): e-101072, 2020.

HONORATO, C. A. et al. Caracterização física de filés de Surubim (*Pseudoplatystoma* sp.), Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Pirarucu (*Arapaimas gigas*). *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zootecia da UNIPAR*, v. 17, n. 4, 2014.

INSTITUTE OF MEDICINE/FOOD AND NUTRITIONAL BOARD. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, Selenium, and Carotenoids. Washington, DC: National Academies Press, 2000.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

ITAL. *Instruções Técnicas: Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos*, n. 19. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 1981.



KURODA, C. N. et al. Conservação e qualidade de filés de grumatã (*Prochilodus lineatus*) após diferentes períodos de depuração e congelamento. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, 2021.

LEON, K.; MERY, D.; PEDRESCHI, F.; LEÓN, J. Color measurement in L*a*b units from RGB digital images. **Food Research International**, Ontário, v.39, n.10, p. 1084-1092, 2006.

MARQUES, Caroline et al. Prediction of food quality parameters in fish burgers by partial least square models using RGB pattern of digital images. *Journal of Food Science and Technology*, v. 59, n. 8, p. 3312-3317, 2022.

MARKOVIC, Ivana et al. Color measurement of food products using CIE L* a* b* and RGB color space. **Journal of hygienic Engineering and Design**, v. 4, n. 1, p. 50-53, 2013.

NASCIMENTO, P. M. & SCALABRINI, H. M. Benefits of ômega 3 in cardiovascular disease prevention: integrative literature review. **International Journal of Nutrology**, 13, 95-101, 2020.

NEIVA, C. R. P. Laboratório de Tecnologia do Pescado - Instituto de Pesca. Aplicação da Tecnologia de Carne Mecanicamente Separada - CMS na Indústria de Pescado. 2007.

PEARSON, D. **Técnicas de laboratório para el análises de alimentos**. Zaragoza, Espanha: Acribia, 1976.331p.

PRABHAKAR, P. K.; VATSA, S.; SRIVASTAVI, P. P.; PATHAK, S. S. A comprehensive review on freshness of fish and assessment: Analytical methods and recent innovations. **Food Research International**, 133, 1-17, 2020.

RADY, A.M.; ADEDEJI, A.; WATSON, N.J. Feasibility of utilizing color imaging and machine learning for adulteration detection in minced meat. **Journal of Agriculture and Food Research**, 6, p.100251 2021.

SCHREIBER, F. H. R.; ZUCATTO, L. C.; LAZZARI, R. Canais de comercialização do pescado de água doce: um estudo em municípios da mesorregião Noroeste do Rio Grande do Sul. **Research, Society and Development**, 10(5), 2021.

SEABRA, L. M. J. et al. Fécula de mandioca e farinha de aveia como substitutos de gordura na formulação de hambúrguer de carne ovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v. 22, n. 3, p. 245-248, 2002.

SILVA, J. C. da; LIRA, A. M. M. de; SÁ, D. M. A. T.; SILVA, R. V.; FARIAS, M. D. P. AVALIAÇÃO COLORIMÉTRICA DE ALIMENTOS: CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO COM TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D. RECIMA21 - **Revista Científica Multidisciplinar** - ISSN 2675-6218, [S. l.], v. 4, n. 5, p. e453147,



2023. Disponível em: < <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/3147> >. Acesso em: 12 jul. 2023.

SILVA, I. C. G., DUARTE, M. T. R., LANDIM, L. A. S. R., DUARTE, C. T. T. Deficiency of vitamins and minerals: the role of technology in health prevention: an integrative review. **Research, Society and Development**, 9(10), e4129108700, 2020.

SOARES, L. A.; TAKEUTI, T. D.; VALERI, P. A. O.; SILVA, A. A.; LARA, B. H. J.; TERRA-JÚNIOR, J. A.; FREITAS, O.; CREMA, E. Impactos nutricionais da ingestão alimentar dos ácidos graxos ômega 3 de óleo de palma: uma revisão. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, 10(56), 105-114, 2016.

SOARES, T. C. et al. Efeitos da suplementação das vitaminas C e E na prática de atividade física: uma revisão sistemática. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 11, n. 7, p. e354-e354, 2019.

WU, L.; PU, H.; & SUN, D-W. Novel techniques for evaluating freshness quality attributes of fish: A review of recent developments. **Trends in Food Science & Technology**, 83, 259-273, 2019.