



KELLY LENDENGUE DE MATOS REGALADO

**REVESTIMENTO PARA FILÉ DE PEIXE SUBMETIDO À
FRITURA UTILIZANDO HIDROCOLOIDES REFORÇADOS
COM ALFA-TOCOFEROL E MICROPARTÍCULAS DE
CASCA DE OVO**

**LAVRAS - MG
2023**

KELLY LENDENGUE DE MATOS REGALADO

**REVESTIMENTO PARA FILÉ DE PEIXE SUBMETIDO À FRITURA UTILIZANDO
HIDROCOLOIDES REFORÇADOS COM ALFA-TOCOFEROL E
MICROPARTÍCULAS DE CASCA DE OVO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Marali Vilela Dias
Orientadora

Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli
Coorientadora

Profa. Dra. Soraia Vilela Borges
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Regalado, Kelly Lendengue de Matos.

Revestimento para filé de peixe submetido à fritura utilizando hidrolóides reforçados com alfa-tocoferol e micropartículas de casca de ovo / Kelly Lendengue de Matos Regalado. - 2023.

68 p. : il.

Orientador(a): Marali Vilela Dias.

Coorientador(a): Roberta Hilsdorf Piccoli, Soraia Vilela Borges.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Revestimentos comestíveis. 2. Subproduto. 3. Aplicação. I. Dias, Marali Vilela. II. Piccoli, Roberta Hilsdorf. III. Borges, Soraia

KELLY LENDENGUE DE MATOS REGALADO

**REVESTIMENTO PARA FILÉ DE PEIXE SUBMETIDO À FRITURA UTILIZANDO
HIDROCOLOIDES REFORÇADOS COM ALFA-TOCOFEROL E
MICROPARTÍCULAS DE CASCA DE OVO**

**COATING FOR FISH FILLET SUBMITTED TO FRYING USING
HYDROCOLLOIDS REINFORCED WITH ALPHA-TOCOPHEROL AND EGG
SHELL MICROPARTICULAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 19 de janeiro de 2023.

Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli

UFLA

Dra. Sandra Helena de Mesquita Pinheiro

UFPI

Dr. Mario Guimarães Junior

CEFET-MG

Profa. Dra. Marali Vilela Dias
Orientadora

Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli
Coorientadora

Profa. Dra. Soraia Vilela Borges
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar a oportunidade de lutar por meus ideais e objetivos com saúde, abençoando sempre o meu caminho.

À minha família, que sempre me apoiou e incentivou em todas as minhas escolhas ao longo da minha trajetória, em especial à minha mãe Silvia e meu pai(drasto) Newton, que sempre estiveram ao meu lado e nunca mediram esforços para me proporcionarem o melhor. Às minhas irmãs e companheiras Carol e Flávia, pelo apoio, amor e carinho. E em especial à minha inseparável irmã Karen, obrigada por nunca desgrudar de mim e por me ajudar em cada etapa da vida. Sem vocês não estaria aqui.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência de Alimentos, pela oportunidade. À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado, e à FAPEMIG, por sempre apoiarem os projetos de pesquisa.

Às minhas orientadoras, professora Dra. Marali Vilela Dia, professora Dra. Soraia Vilela Borges e professora Dra. Roberta Picoli, pela oportunidade, confiança, ensinamentos, incentivos e pela disponibilidade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos membros da banca examinadora, por gentilmente aceitarem o convite e pela contribuição a este trabalho.

A todos os colegas do Laboratório de Embalagens e Encapsulação, pelo conhecimento compartilhado durante essa jornada.

Em especial à Joyce, pelo companheirismo e amizade. Certamente fez diferença na minha caminhada.

Aos Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultraestrutural (LME) e à Central de Análise e Prospecção Química (CAPQ) da UFLA, que me possibilitaram realizar muitas análises.

A todos os meus amigos que sempre entenderam a minha ausência e àqueles que acreditam em mim.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

A todos fica aqui o meu agradecimento!

Obrigada!

RESUMO

O consumo de pescado é recomendado para a saúde humana, pois é um alimento bastante nutritivo que pode contribuir na preservação de doenças cardiovasculares. A Tilápia do Nilo está entre os peixes mais produzidos e consumidos mundialmente, pois, além das características de fácil cultivo e boa adaptação a condições ambientais, é um alimento saboroso e de baixo custo comparado a outras espécies de pescado. Muitos métodos de preparo podem ser empregados, um deles é a fritura, este pode interferir nos benefícios tornando o alimento prejudicial à saúde, devido à absorção de óleo no pescado durante o preparo, sendo a fritura é o método mais utilizado pelos consumidores. Diante disso, tem-se buscado alternativas para a redução de óleo absorvido por alimentos submetidos a fritura, como a utilização de revestimentos antes do processo de preparo. Os revestimentos podem reduzir a migração de óleos para o alimento, servindo como barreira à absorção de lipídios durante a fritura. Revestimentos de isolado de proteína de soja e pectina têm sido utilizados para aplicação em alimentos fritos por imersão; o pó de casca de ovo é promissor para a fortificação de alimentos. Diante disso, tem-se estudado a utilização de revestimentos. O presente trabalho objetivou desenvolver revestimentos poliméricos e caracterizá-los para aplicação em filés de tilápia submetidos à fritura, como uma alternativa para reduzir a migração de óleo nos filés durante o processo de fritura. Foram desenvolvidos revestimentos de isolado de proteína de Soja (SPI) e pectina (PEC) com adição de acetato de α -tocoferol (α -TOC) e pó de cascas de ovos (PCO), e denominados como controle (SPI+PEC), (SPI+PEC/PCO / α -TOC), (SPI+PEC/PCO) e (SPI+PEC/ α -TOC); pelo método *casting* foram feitas blendas para a caracterização. O experimento foi dividido em duas etapas. Na primeira, realizada a caracterização das blendas e analisadas cor, espessura, atividade antioxidante (DPPH), taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA), umidade e solubilidade, análise de termogravimétrica (TGA), espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Posteriormente, na segunda etapa, a aplicação dos revestimentos por imersão em filés de Tilápia do Nilo e em seguida submetidos à fritura. Foram realizadas análises de teor de lipídios, ácidos graxos, oxidação de lipídios, umidade e, por último, análises estatísticas. Os resultados mostraram que as blendas com adição de pó de casca de ovos e α -tocoferol apresentaram menor valor para a TPVA, sendo as blendas SPI+PEC/ESP as que obtiveram a menor permeabilidade, ou seja, a adição desses materiais proporcionou barreira ao vapor de água em blendas de SPI+PEC. Em TGA foi possível observar que o ESP reduziu a perda de massa e a degradação térmica das blendas. Na segunda etapa, como resultados da aplicação, foi possível observar que revestimentos que tiveram menores TPVA reduziram as perdas de umidade dos filés para o óleo durante a fritura. Os revestimentos funcionaram como barreira na migração de óleo nos filés durante a fritura, reduzindo o teor de lipídios nos filés revestidos. Esses resultados sugerem que os revestimentos apresentam potencial para aplicação em alimentos sujeitos a fritura.

Palavras-chave: Revestimentos comestíveis. Subproduto. Aplicação. Fritura. Pescado.

ABSTRACT

Fish consumption is recommended for human health, as it is a very nutritious food that can contribute to the preservation of cardiovascular diseases. The Nile tilapia is among the most produced and consumed fish worldwide, because, in addition to the characteristics of easy cultivation and good adaptation to environmental conditions, it is a tasty food and low cost compared to other species of fish. Many methods of preparation can be used, one of them is frying, this can interfere with the benefits making the food harmful to health, due to the absorption of oil in fish during preparation, and frying is the method most used by consumers. Therefore, alternatives have been sought for the reduction of oil absorbed by foods subjected to frying, such as the use of coatings before the preparation process. Coatings can reduce the migration of oils to food, serving as a barrier to lipid absorption during frying. Soy protein isolate and pectin coatings have been used for application in deep-fried foods; eggshell powder is promising for food fortification. Therefore, the use of coatings has been studied. This study aimed to develop polymeric coatings and characterize them for application in tilapia fillets submitted to frying, as an alternative to reduce the migration of oil in the fillets during the frying process. Soybean protein isolate (SPI) and pectin (PEC) coatings were developed with the addition of α -tocopherol acetate (α -TOC) and eggshell powder (PCO), and referred to as control (SPI+PEC), (SPI+PEC/PCO/ α +PEC), (PCO+SPI); by the casting method blends were made for characterization. The experiment was divided into two stages. In the first, the characterization of the blends and analyzed color, thickness, antioxidant activity (DPPH), rate of water vapor permeability (TPVA), moisture and solubility, thermogravimetric analysis (TGA), infrared spectroscopy with Fourier transform (FTIR) and scanning electron microscopy (SEM). Subsequently, in the second stage, the application of the coatings by immersion in Nile tilapia fillets and then subjected to frying. Analyzes of lipid content, fatty acids, lipid oxidation, moisture and, finally, statistical analyzes were performed. The results showed that the blends with the addition of eggshell powder and α -tocopherol presented lower value for TPVA, and the blends SPI + PEC/ ESP obtained the lowest permeability, that is, the addition of these materials provided a barrier to water vapor in SPI+PEC blends. In TGA it was possible to observe that ESP reduced mass loss and thermal degradation of the blends. In the second stage, as results of the application, it was possible to observe that coatings that had lower TPVA reduced the moisture losses of the fillets to the oil during frying. The coatings acted as a barrier in the migration of oil in the fillets during frying, reducing the lipid content in the coated fillets. These results suggest that the coatings have potential for application in foods subject to frying.

Keywords: Edible Coatings. By-product. Application. Frying. Fish.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação dos revestimentos comestíveis.	22
Figura 2 - Estrutura molecular da Pectina.	25
Figura 3 - A Figura mostra as estruturas químicas do tocoferol e seus homólogos (δ -, γ -, β - e α -tocoferóis), nas quais os homólogos de tocoferol mostram diferenças apenas no número e na posição dos substitutos de metila no anel aromático.	26
Figura 4 - Estrutura química do acetato de tocoferol, fórmula empírica: $C_{31}H_{52}O_3$	27
Figura 5 - Processamento das cascas de ovo para aplicação nas blendas/revestimentos.	29
Figura 6 - Sequência da preparação das soluções.	31
Figura 7 - Preparo e aplicação dos revestimentos nos filés de tilápia.	36
Figura 8 - Aspecto visual das blendas de SPI – A) Controle - SPI+PEC, B) SPI+PEC/ESP/ α -TOC, C) SPI+PEC/ESP e D) SPI+PEC/ α -TOC.	40
Figura 9 - Análise termogravimétrica de blendas de SPI e PEC com adição de ESP e acetato de α - tocoferol. Blenda controle SPI+PEC, Blenda-SPI+PEC/ESP/ α - TOC, Blenda-SPI+PEC/ESP e Blenda- SPI+PEC/ α - TOC. Curvas TG e DTG.	46
Figura 10 - Espectros FTIR de blendas de SPI e PEC com adição de ESP e acetato de α - tocoferol. Blenda controle SPI+PEC, Blenda SPI+PEC/ESP/ α - TOC, Blenda SPI+PEC/ESP e Blenda SPI+PEC/ α - TOC. Curvas TG e DTG.	48
Figura 11 - Micrografia da imagem MEV das blendas de SPI+PEC com diferentes aumentos, primeira linha de fotos referentes ao aumento 345x, segunda 512x e terceira 1500x. A) Controle- SPI+PEC, B) SPI+PEC/ESP/ α -TOC, C) SPI+PEC/ESP e D) SPI+PEC/ α -TOC.	49
Figura 12 - Micrografia da imagem MEV das seções transversais das blendas de SPI+PEC com aumento de 512x. A) Controle- SPI+PEC, B) SPI+PEC/ESP/ α -TOC, C) SPI+PEC/ESP e D) SPI+PEC/ α -TOC.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais e concentrações utilizadas.	29
Tabela 2 - Tratamentos das soluções.	31
Tabela 3 - Tratamentos das blendas.	32
Tabela 4 - Tratamento dos filés com e sem revestimentos. Foram realizadas análises em um delineamento inteiramente casualizado, em triplicadas para cada tratamento.	37
Tabela 5 - Espessura das blendas em mm; cor- parâmetros L*, b*, C* e hue.	42
Tabela 6 - Umidade, solubilidade e taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA).	44
Tabela 7 - Temperatura de início da degradação em °C (Ti), temperatura na taxa máxima de degradação em °C (Tm), perda de peso em % (Wp) e resíduo.	46
Tabela 8 - Teor lipídico das amostras, determinado pelo método de Soxhlet, expresso em percentagem.	51
Tabela 9 - Perfil de ácidos graxos dos filés de tilápia crus e fritos sem e com revestimentos (Continua).	53
Tabela 10 - Índice médio de ácido tiobarbitúrico das amostras, determinado através do TBARS expresso em mg de malonaldeído por kg de amostra com os respectivos desvios padrão presentes nas amostras.	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Atividade antioxidante
AGS	Ácidos graxos
ANOVA	Análise de variância
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
BOD	Incubadora BOD
BTH	Hidroxitolueno butilado
CAPQ	Centro de Análise e Prospecção Química
CG	Cromatografia gasosa
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazil
DSM	<i>Nutritional Products Ltd</i>
DTG	Termogravimetria Derivada
EMPRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	ácidos graxos: eicosapentaenoico
ESP	Pó de casca de ovo
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FID	<i>Flame Ionization Detector</i>
FTIR	Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier
HDL	High Density Lipoproteins (Bom colesterol)
LDL	Lipoproteínas de baixa densidade
MDA	Malonaldeído
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
OMS	Organização Mundial da Saúde
PEC	Pectina
PVA	Permeabilidade ao vapor de água
Reves	Revestimento
SF	Farinha de soja
SPC	Concentrado de proteína de soja
SPI	Isolado de Proteína de Soja
TBARS	Ácido tiobarbitúrico
TGA	Análise termogravimétrica
TPVA	Taxa de permeabilidade ao vapor de água
U%	Umidade

UFLA	Universidade Federal de Lavras
UR	Umidade relativa
UV	Ultravioleta
α -TOC	Acetato de α -tocoferol

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Produção e consumo de pescado	16
2.2	Tilápia do Nilo	17
2.3	Processo de fritura.....	18
2.4	Revestimentos para alimentos.....	20
2.5	Isolado de proteína de soja	23
2.6	Pectina	25
2.7	α-Tocoferol.....	25
2.8	Casca de ovo.....	28
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1	Preparação da casca de ovo.....	29
3.2	Preparação do revestimento	30
3.3	Preparação das blendas para a caracterização	32
3.4	Delineamento experimental.....	32
3.5	Caracterização das blendas	32
3.5.1	Medição da espessura.....	32
3.5.2	Medição de cor.....	33
3.5.3	Determinação da atividade antioxidante - Eliminação do Radical Livre Estável 1,1-Difenil-2 Picrilhidrazil (DPPH)	33
3.5.4	Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA).....	33
3.5.5	Umidade e solubilidade.....	34
3.5.6	Análise termogravimétrica - TGA	34
3.5.7	Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).....	35
3.5.8	Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	35
3.6	Aplicação do revestimento nos filés de tilápia e caracterização.....	35
3.6.1	Preparo das amostras de filés com e sem revestimentos.....	35
3.7	Caracterização dos filés de tilápia com e sem revestimento.....	37
3.7.1	Determinação do teor de lipídios totais (extrato etéreo).....	37
3.7.2	Caracterização do perfil de ácidos graxos dos filés.....	38
3.7.3	Medição da oxidação lipídica - Determinação do índice de ácido tiobarbitúrico (TBARS)	38

3.7.4	Determinação do teor de umidade.....	38
3.8	Análise estatística	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1	Preparo das blendas	40
4.2	Propriedades ópticas de cor e espessura	41
4.3	Atividade antioxidante DPPH	42
4.4	Umidade, solubilidade e taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) .	43
4.5	Análise termogravimétrica (TGA).....	45
4.6	FTIR	46
4.7	Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	48
4.8	Caracterização dos filés	50
4.8.1	Determinação do teor de lipídios e umidade.....	50
4.8.2	Ácidos graxos	52
4.8.3	Determinação do índice de ácido tiobarbitúrico (TBARS)	56
5	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

O pescado é um alimento altamente nutritivo, muito recomendado por profissionais de saúde e nutricionistas para a alimentação e a saúde humanas. É um alimento rico em proteínas de alta qualidade e aminoácidos essenciais, além de ser fonte de vitaminas A, B e D, fósforo e minerais. O consumo de pescado pode manter a saúde, possibilitando diminuir a pressão sanguínea e reduzir o risco de derrames, Alzheimer e outras doenças crônicas que podem prejudicar a saúde humana (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2022).

A produção mundial de pescado tem aumentado significativamente nos últimos sete anos, atingindo recorde histórico de produção em 2018. No entanto, a pandemia da COVID-19 afetou a produção para os anos seguintes. Os países asiáticos lideram o *ranking* de produção mundial de pescados. No Brasil, a produção de pescados de cultivo aumentou em 2022, com destaque para a tilápia, que é a espécie mais produzida (PEIXE BR, 2021, 2022).

O consumo global anual *per capita* de alimentos aquáticos aumentou significativamente nas últimas décadas, mas o Brasil ainda apresenta consumo *per capita* de pescado abaixo da média mundial e da recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (PEIXE BR, 2022). O consumo do pescado tem aumentado ao longo dos anos, pois é um alimento saboroso e importante para a saúde dos consumidores. Muitos métodos podem ser utilizados para o preparo do pescado para o consumo, como o cozimento em água, assados em fornos ou micro-ondas, e a fritura, que é um dos mais utilizados pelos consumidores, confere ao pescado formação de crosta, cor, sabor e textura característicos, consideradas as mais agradáveis ao paladar do consumidor (BRANNAN *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2007).

No entanto, o consumo de alimentos fritos com alto teor de gordura, provido do óleo usado na fritura, aumenta o teor de lipídios dos alimentos, devido a isso há grande potencial para causas de problemas de saúde devido ao alto teor de gordura na alimentação (ZULA; DESTA; WILLIS, 2021). A utilização do óleo para a fritura aumenta o teor geral de lipídios/óleos dos alimentos, e com isso o alto consumo de lipídios tem sido associado à obesidade e a outras condições, como doenças cardíacas coronárias (ANANEY-OBIRI *et al.*, 2018).

O método de fritura de alimentos envolve a transferência de calor do óleo circundante para o interior dos alimentos, ocorrendo a transferência de óleo para o alimento e troca de umidade do alimento para o óleo. Estudos indicam que a utilização de revestimentos para alimentos antes da fritura é capaz de reduzir a absorção de gordura (ANANEY-OBIRI *et al.*,

2018). Esses revestimentos podem apresentar barreira à perda de umidade, além de reduzir a absorção durante a fritura (ABDULLAH *et al.*, 2011).

O isolado de proteína de soja é um produto com alto teor de proteína (> 90%) de flocos de soja, que geralmente é comercializada desnaturada e pode ser hidrolisada para melhorar sua solubilidade (JARAMILLO; ROBERTS; COUPLAND, 2011). A proteína de soja é um subproduto agrícola da indústria do óleo de soja, e está amplamente sendo utilizada devido a suas características e capacidade de formação de filmes (GONZÁLEZ *et al.*, 2019). Os filmes e revestimentos à base de isolado de proteína de soja apresentam propriedades de barreira ao oxigênio, aromas e barreira lipídica (AMADO; SILVA; MAURO, 2019).

Alguns trabalhos mostram que a incorporação da pectina em revestimentos de isolado de proteína de soja possibilita a melhora da resistência mecânica, como também a flexibilidade (AMADO; SILVA; MAURO, 2019; LIU *et al.*, 2014). A pectina é um polissacarídeo de origem vegetal que pode ser extraído de cascas e polpas de frutas. A pectina é solúvel em água, apresenta-se como um material biocompatível, não apresenta toxicidade e é biodegradável. A pectina é de natureza hidrofílica, podendo proporcionar em revestimentos alta permeabilidade ao vapor de água (PVA), excelente barreira ao oxigênio, barreira ao óleo, além de possibilitar a preservação do aroma dos alimentos (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Nos últimos anos, tornou-se comum estudos com adição de agentes como antioxidantes, como os tocoferóis. Os tocoferóis são exemplos comumente utilizados em indústrias de alimentos, pois são conhecidos como captadores de radicais livres capazes de possibilitar o retardo da oxidação lipídica nos alimentos (KOOTENAIE *et al.*, 2016). O tocoferol é uma vitamina E que é comumente utilizada na forma esterificada, como os ésteres de acetato de α -tocopherol natural ou sintético. O acetato de α -tocopherol é insolúvel em água e é utilizado como antioxidante na fortificação de alimentos, devido à sua relativa estabilidade e ao maior tempo de vida de prateleira, podendo também reduzir a oxidação dos ácidos graxos insaturados em alimentos fritos (BATISTA; COSTA; PINHEIRO-SANT'ANA, 2007; TEO; MISRAN, 2022).

Outros materiais podem ser incorporados na produção de revestimentos e embalagens, como por exemplo a casca de ovo, que é um subproduto residual doméstico de aviários e indústrias alimentícias que pode causar impactos ambientais pelo descarte na natureza (JIANG *et al.*, 2018). Estudos mostram potencial para aplicação de cascas de ovos em filmes e revestimentos para alimentos devido a suas características e propriedades. A casca de ovo apresenta-se como fonte de cálcio e outros compostos, e tem sido utilizada para o preparo de compósitos poliméricos por ser de baixo custo e leveza, por suas vantagens econômicas e por ser renovável (JIANG *et al.*, 2018; WU *et al.*, 2020).

Seeharaj *et al.* (2019) estudaram a incorporação de casca de ovos para produzir revestimentos super-hidrofóbicos, mostrando que estes apresentam boa estabilidade ambiental. Estudos apontam que a incorporação de cascas de ovos em filmes de isolado de proteína de trigo proporciona boas propriedades mecânicas e estabilidade térmica, apresentando potencial na área de embalagens para alimentos (PRABHAKAR; REHAMAN SHAH; SONG, 2016). Entretanto, filmes e revestimentos com cascas de ovos não foram testados em alimentos fritos.

A utilização de revestimentos para alimentos antes da fritura pode reduzir a absorção de gordura (WILLIAMS; MITTAL, 1999). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um revestimento a partir de isolado de proteína de soja e pectina, com adição de cascas de ovos e acetato de α -tocoferol e caracterizá-los para aplicação em filés de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidos à fritura, e com isso avaliar se o revestimento funciona como barreira durante a fritura, de forma a minimizar a alteração das características nutricionais dos filés em termos de teor de lipídios, perfil de ácidos graxos, oxidação lipídica e teor de umidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção e consumo de pescado

A produção global de pescados tem aumentado nas últimas décadas. Em 2018 foi estimada em 179 milhões de toneladas, com cerca de 96,4 milhões de toneladas referentes à atividade de pesca e 82,1 milhões de toneladas referente a aquicultura. Do total produzido em 2018, 156,4 milhões de toneladas foram destinadas para o consumo humano (SOUZA; VIANA, 2020). Nos anos seguintes, 2019 e 2020, houve um declínio na produção devido à COVID-19, que impactou diretamente no aumento estimado da produção para esses anos. Os países asiáticos lideram o *ranking* de produção mundial de pescados, sendo a China o principal produtor (FAO, 2022; PEIXE BR, 2021).

A produção de pescado de cultivo no Brasil atingiu 860.355 toneladas no ano de 2022, um aumento de 2,3% sobre a produção do ano anterior. Dentre as espécies cultivadas no país, a tilápia continua sendo a mais produzida, com produção de 550.060 toneladas em 2022. O Brasil encontra-se como o quarto maior produtor mundial de tilápia. No país, o Paraná lidera como o estado maior produtor, com 187.800 toneladas da espécie, seguido do estado de São Paulo, com 77.300 toneladas, e em terceiro lugar na produção nacional está Minas Gerais, com produção de 51.700 toneladas em 2022 (PEIXE BR, 2022).

Com o aumento da produção, houve também um significativo aumento do consumo global anual *per capita* de alimentos aquáticos, que foi de 9,9 kg na década de 1960 para cerca de 20,5 kg em 2019. Apesar do crescente aumento global, o Brasil ainda apresenta consumo inferior a muitos países e ao recomendado pela OMS, que é de 12 kg.hab⁻¹.ano⁻¹, tendo um consumo *per capita* de 10,5 kg no ano de 2021, enquanto que a média mundial está em torno de 20 kg.hab⁻¹.ano⁻¹ (PEIXE BR, 2022).

O pescado compreende todos os animais aquáticos que podem ser capturados em água doce ou salgada para a alimentação humana. Pescados são os peixes, crustáceos, moluscos, mamíferos, anfíbios e quelônios. O pescado é uma importante fonte alimentar para muitas culturas em todo mundo, e a pesca e aquicultura são atividades importantes em muitas regiões costeiras (BRASIL, 1997).

A crescente demanda por alimentos saudáveis, com baixo teor de gordura e livres de colesterol e produtos químicos, tem aumentado o consumo de peixes. Geralmente, a carne de peixes apresenta baixos níveis de colesterol em comparação com outras fontes de proteínas

animal, tornando-se uma escolha saudável para quem busca manter os níveis saudáveis de colesterol (SOARES; BELO, 2015).

O consumo de pescado é bastante recomendado devido ao seu alto teor de proteínas, que podem variar de 15 a 25%, e sua alta qualidade e digestibilidade, que tem uma absorção superior a 95%, superando até mesmo outras carnes e o leite. Além disso, a qualidade biológica é estabelecida pela alta absorção de aminoácidos essenciais, o que torna o pescado um alimento fundamental para a dieta humana (PESSOA *et al.*, 2020).

O peixe é fonte de vitaminas A e D, como também do complexo B, incluindo B1 e B2, micro-minerais, como o zinco, selênio e ferro, que são essenciais para a manutenção da saúde. O consumo regular de peixes pode trazer inúmeros benefícios à saúde, como a redução de doenças cardiovasculares devido à presença de ômega-3, que possui propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes (PESSOA *et al.*, 2020).

O consumo de pescado apresenta muitos benefícios, dentre eles a redução dos níveis totais de colesterol LDL (colesterol transportado pelas lipoproteínas de baixa densidade) e o aumento dos níveis de HDL, proporcionando um efeito protetor para a saúde cardiovascular, além de apresentar benefícios aos fatores de riscos associados ao diabetes, dentre eles o perfil lipídico, a pressão arterial e outros (WALLIN *et al.*, 2012).

No entanto, o peixe é um alimento altamente perecível e susceptível à deterioração microbiológica e química, visto que é um alimento com alta atividade de água, possui pH neutro e muitos aminoácidos livres, além da presença de enzimas autolíticas (SANTOS *et al.*, 2017). Embora o consumo de peixes apresente benefícios à saúde, o método de preparo pode interferir nos benefícios que esse alimento proporciona, além de alterar as características dos produtos *in natura*. Nos processos de cozimento, inicialmente ocorre a perda de água, e em seguida ocorre a incorporação de substâncias oriundas do método de preparo (óleo, temperos, água), além das modificações nos componentes químicos causados pelo calor, como na composição dos ácidos graxos, nos teores das proteínas, colesterol e vitaminas (FERREIRA *et al.*, 2007; WALLIN *et al.*, 2012).

2.2 Tilápia do Nilo

A Tilápia do Nilo, cujo nome científico é *Oreochromis niloticus*, é uma espécie exótica oriunda de países africanos, pertencente à ordem dos Perciloformes, da família Cichilidae, é natural de ambientes tropicais de temperatura em torno de 26 a 28°C, e é encontrada em águas doces e rasas, tendo sido introduzida no Brasil no ano de 1970 (FAO, 2019). Essa espécie é

onívora, que aceita muitos tipos de alimentos, apresenta bons rendimentos de peso, fácil reprodução e se sobressai das demais devido ao seu rápido crescimento, fácil adaptação a diferentes condições ambientais e facilidade de cultivo. O Brasil é um dos países que mais cultivam tilápia, ficando atrás apenas da China, Indonésia, Egito e Bangladesh (BEZERRA *et al.*, 2014; VIDAL; XIMENES, 2019).

De acordo com a sua aparência, a tilápia nilótica tem um corpo comprido lateralmente e apresenta listras verticais com uma coloração acinzentada. Quando adulta, essa espécie pode chegar a atingir até 60 cm de comprimento, e seu peso pode variar de 4 a 9,5 kg, devido ao seu rápido crescimento (MORO *et al.*, 2013).

Essa espécie é a mais cultivada no Brasil, devido a suas ótimas características para a atividade, como rápido crescimento, bom desempenho, resistência a doenças, maior tolerância a temperaturas e qualidade de água (RAGHIANTE *et al.*, 2017). Em virtude também das recomendações de consumo da OMS, que estabelece um consumo de 12 kg/hab/ano, o pescado deve estar presente na alimentação pelo menos duas vezes por semana (conforme orientação da FAO), devido a ser um alimento de fácil ingestão e conter boas fontes nutricionais importantes à saúde humana (FAO, 2012).

2.3 Processo de fritura

O processo de fritura normalmente baseia-se em fritura por imersão, que consiste em um processo de cozinhar o alimento imergindo-o em óleo ou gordura geralmente a alta temperatura. Esse é um processo rápido e possibilita conferir características de formação de crosta, sabor, cor e textura aos alimentos submetidos a fritura. No entanto, apresenta desvantagens, como o aumento no teor de óleos nos alimentos, acarretando altos teores de gorduras e calorias que podem ser prejudiciais à saúde do consumidor (BRANNAN *et al.*, 2013).

Mudanças sensoriais acontecem durante a fritura, tornando os alimentos mais agradáveis ao paladar dos consumidores. Essas mudanças ocorrem devido à incorporação de óleo e conseqüentemente redução no teor de umidade dos alimentos (VIEIRA *et al.*, 2018). Os alimentos fritos possuem mais gordura do que os alimentos preparados por outros métodos; nos processos de fritura, as altas temperaturas em combinação com a água e o oxigênio contidos nos alimentos produzem reações de oxidação do óleo, que causam alterações nas características do óleo, como no sabor, cheiro e tonalidade.

O processo de fritura pode ser descrito em quatro etapas. O primeiro estágio é o estágio inicial de aquecimento, no qual a temperatura da superfície do alimento aumenta até que a água na superfície atinja o ponto de ebulição. A segunda etapa é a de aquecimento da superfície, em que o mecanismo de transferência de calor muda de convecção natural para convecção forçada, marcando o início da formação de crosta. O terceiro estágio é o de taxa decrescente, em que ocorre a maior parte da perda de umidade e a transferência de vapor diminui constantemente devido ao espessamento da crosta. O último estágio é o ponto de bolha, em que há cessação da perda de umidade devido à falta de água líquida ou redução da transferência de calor. A absorção de óleo continua mesmo depois que o alimento é removido do óleo (BRANNAN *et al.*, 2013).

A degradação dos óleos durante a fritura pode originar substâncias tóxicas que podem ser nocivas à saúde. A formação desses compostos pode estar relacionada ao tipo de óleo, a temperatura a que são submetidos os alimentos e outros fatores. No entanto, essas reações podem ser controladas ou reduzidas através da utilização adequada dos óleos para a fritura, além de temperatura adequada, número de utilizações, tempo da fritura e também pela presença de antioxidantes. Nos óleos vegetais, há a presença de antioxidantes da família dos tocoferóis, que estão sendo eficientes na proteção dos óleos e controle das reações de oxidação (AMORIM *et al.*, 2018).

Muitos ingredientes têm sido empregados para retardar a absorção de óleos durante a fritura de alimentos por imersão. A grande maioria desses ingredientes são soluções aquosas ou formadoras de filmes de proteína; as soluções aquosas, como os revestimentos, podem ser promissoras para a utilização em alimentos, proporcionando a redução da absorção de óleos durante o preparo dos alimentos, tornando-os mais saudáveis para o consumo (BRANNAN *et al.*, 2013). A absorção de óleo durante a fritura é associada à saída de água pelos poros e, como consequência, ocorre a ocupação do óleo nesses poros. O revestimento aplicado nos alimentos forma película na superfície, formando uma barreira para evitar a saída de água e migração do óleo para o alimento (ANANEY-OBIRI *et al.*, 2018).

Um revestimento de hidrolisado de proteína de peixe foi aplicado em peixes e submetidos a fritura, e mostrou que revestimentos podem ter capacidade para reduzir a absorção de gordura em alimentos submetidos a fritura (HE; FRANCO; ZHANG, 2015). Estudos confirmam que revestimentos de proteína de soja apresentam capacidade de reduzir a absorção de gordura, como apresentado nos estudos de (ANGOR, 2016), que mostrou que a proteína de soja reduziu a gordura em *chips* de *pellets* de batatas.

2.4 Revestimentos para alimentos

Filme, revestimentos e blendas poliméricas têm sido estudados nas últimas décadas devido a suas características de proteção quando aplicados em alimentos. Normalmente, os revestimentos habituais são produzidos à base de materiais poliméricos sintéticos, geralmente poliésteres, álcool etileno vinílico e poli (cloreto de vinilideno), estes apresentam-se muitas vezes como materiais não recicláveis e de difícil degradação (TIHMINLIOGLU; ATIK; ÖZEN, 2011).

Diante disso, atualmente tem-se impulsionado a busca por embalagens feitas de polímeros naturais que apresentem características funcionais nos alimentos, que além de protegerem de contaminações, retardarem ou minimizarem a deterioração, possibilitem aumentar a vida útil e prazo de validade e ainda apresentem fácil biodegradação (RAMOS *et al.*, 2016). O desenvolvimento de embalagens biodegradáveis e ecologicamente corretas é uma necessidade ambiental, devido aos graves problemas que os materiais sintéticos podem causar ao ambiente (GONZÁLEZ; ALVAREZ IGARZABAL, 2015).

De acordo com Han (2013), filmes poliméricos são materiais finos e flexíveis que têm como principal função a proteção de alimentos contra fatores como luz, oxigênio e umidade. Já os revestimentos são camadas aplicadas diretamente sobre as superfícies dos alimentos, com o objetivo de melhorar sua resistência ao processo de armazenamento e manipulação. Por fim, as blendas poliméricas consistem em misturas de diferentes tipos de polímeros que combinam características únicas de cada componente, e podem ser empregados tanto em embalagens quanto em revestimentos para alimentos.

Os revestimentos de polímeros naturais são geralmente biodegradáveis e apresentam-se como uma fina camada que recobre os alimentos, com funções de manter as características ideais para o consumo; na sua formulação podem ser utilizados diferentes materiais à base de compostos hidrofóbicos, como os lipídios, ou hidrofílicos, como hidrocoloides, por exemplo à base de polissacarídeos, proteínas ou em combinações de ambos. Os hidrocoloides são originados de animais, vegetais, microrganismos ou algas (BØRRESEN, 2017; RAGHAV; AGARWAL; SAINI, 2016). Essas embalagens são aplicadas na forma líquida nas superfícies dos alimentos através de métodos como a pulverização ou imersão, formando uma película na superfície na qual foram inseridas, já os filmes são utilizados como embalagens convencionais, as quais envolvem o alimento (NASTASI *et al.*, 2022).

A utilização de diferentes materiais biodegradáveis é uma boa alternativa, pois podem ser encontrados na natureza em abundância, como os polissacarídeos que advêm de diferentes

fontes naturais e estão em constante estudo para aplicação em alimentos e indústrias, como também o amido, a celulose, a quitosana, a pectina e outros, que apresentam capacidade de formação de filmes e estão sendo estudados para aplicação em peixes, carnes, frutas e outros alimentos, possibilitando a redução do uso de materiais que podem causar impactos negativos na natureza (ZHU, 2022).

A pectina, que é um polissacarídeo, é encontrada em paredes intracelulares de células de frutas, plantas e outros, possui capacidade de formação de propriedades espessantes e gelificantes, apresentando funcionalidade para o prolongamento da vida útil de alimentos através de sua capacidade de retardar a migração de lipídios e a perda de umidade, apresentando natureza hidrofílica (MOREIRA *et al.*, 2017).

Com o desenvolvimento dos estudos de revestimento, tornou-se possível realizar a mistura e incorporação de diferentes materiais como polissacarídeos e proteínas, e tem sido utilizado para aplicação em superfícies de alimentos, devido a suas propriedades capazes de reduzir a taxa de transferência de vapor de água e gases entre o alimento e o ambiente, e a suas propriedades funcionais relacionadas à barreira a oxigênio e melhores propriedades mecânicas (AMADO; SILVA; MAURO, 2019).

A utilização de proteína de soja para essas aplicações torna-se de fácil acesso por estar disponível em diferentes formas comerciais, como por exemplo a farinha de soja, o isolado de proteína de soja e o concentrado de proteína (AZEREDO; WALDRON, 2016; CIANNAMEA; STEFANI; RUSECKAITE, 2014). O isolado de proteína de soja é um dos materiais que tem sido combinado com a pectina para a produção de filmes e revestimento para recobrimento de alimentos, devido aos resultados promissores para essa utilização, que tem demonstrado melhorar a qualidade dos alimentos, apresentado efeito protetor e capacidade de carrear substâncias antioxidantes desejadas que podem proporcionar aos alimentos maior vida útil, proteção e qualidade (AMADO; SILVA; MAURO, 2019).

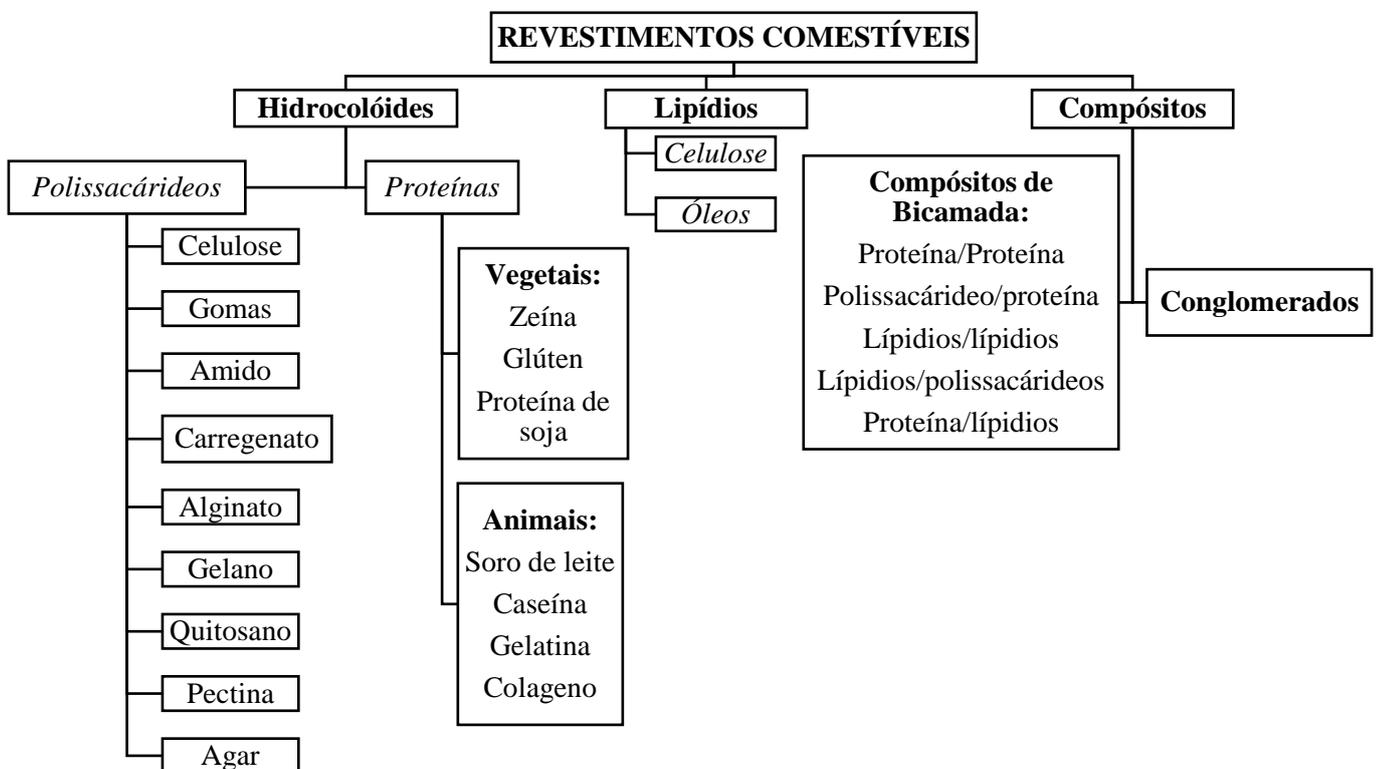
Os revestimentos apresentam funções e vantagens, como capacidade de melhorar a retenção de ácidos, cor, sabor, manter a qualidade durante o tempo de armazenamento, pode reduzir a perda de peso e de firmeza, além de reduzir as embalagens e resíduos de polímeros sintéticos e possibilitar que o consumidor consuma o revestimento junto aos alimentos, devido a ser um material feito à base de produtos naturais que contêm nutrientes benéficos (RAGHAV; AGARWAL; SAINI, 2016).

A capacidade de incorporação de materiais que possibilitem melhorar ainda mais suas características é possível através do processo tecnológico de adição de agentes antimicrobianos e antioxidantes nas embalagens, permitindo aos alimentos um retardo nas oxidações e na ação

microbiana, possibilitando a utilização de menor quantidade de aditivos nos alimentos (BAGHDADI *et al.*, 2019).

Esses agentes possuem capacidade de interagir com os alimentos de forma positiva através do transporte de ingredientes ativos, como corantes, os compostos antimicrobianos, nutrientes, temperos e aromatizantes, reduzindo o risco de agentes patógenos e prolongando a vida útil dos alimentos ocorrida pelo retardo de umidade (HASSAN *et al.*, 2018). A Figura 1 mostra a classificação de revestimentos comestíveis.

Figura 1 - Classificação dos revestimentos comestíveis.



Fonte: Raghav, Agarwal e Saini (2016).

A utilização de revestimentos à base de proteínas para alimentos que passam por processos de fritura tem apresentado grandes reduções na quantidade de gordura e lipídios através da redução da absorção de óleos e gorduras, que podem ser prejudiciais à saúde (ANANEY-OBIRI *et al.*, 2018). O uso de proteínas e carboidratos apresenta-se como excelente barreira para o oxigênio, pois a aplicação desses para a conservação dos pescados tem mostrado potencial na extensão da vida útil (BERMÚDEZ-ORIA *et al.*, 2019).

A aplicação de revestimentos apresenta-se eficiente na conservação de alimentos, e no pescado não tem sido diferente, como, por exemplo, o revestimento de quitosana incorporado com o sistema lactoperoxidase aplicado em truta arco-íris mostra que as amostras mantiveram a qualidade ideal para consumo, devido ao retardo do crescimento bacteriano das bactérias responsáveis pela deterioração, prolongando a vida útil de prateleira dos filés de truta (JASOUR *et al.*, 2015; LICCIARDELLO, 2017).

O revestimento de gelatina de peixe incorporado com óleo essencial de orégano (FG + OEO) evidenciou também uma estabilidade nas características ideais de consumo da truta arco-íris, em que se obteve redução na formação de bases voláteis e oxidação, inibindo o crescimento de bactérias totais e psicotróficas (HOSSEINI *et al.*, 2016). A funcionalidade da aplicação de revestimentos pode ser observada em vários estudos com diferentes incorporações, como na aplicação do revestimento de quitosana e gelatina, que mostrou significativa redução na deterioração em filé de Pomfret Dourado mantido por 17 dias acondicionado à temperatura de 4 °C, inibindo a degradação de miofibrilas durante o armazenamento (FENG; BANSAL; YANG, 2016).

Um estudo realizado com o objetivo de desenvolver diferentes revestimentos, como os de extratos provenientes de macroalgas e de gelatina de peixe, para a aplicação em filetes de cavala com a finalidade de formar uma barreira entre as trocas lipídicas e/ou água entre o pescado e o óleo durante a fritura, obteve resultados que mostram que os revestimentos à base de gelatina de peixe foram capazes de funcionar como barreira à migração de lipídeos do óleo para o peixe, no entanto, promoveram a saída de água do peixe para o óleo; já os resultados da aplicação dos revestimentos com macroalgas não apresentaram atividade antioxidante nem redução na oxidação dos lipídeos (TAVARES, 2020).

2.5 Isolado de proteína de soja

A soja é um dos vegetais que se apresenta como uma das principais culturas de grãos do mundo. No *ranking* de produção, o Brasil está como o segundo maior país produtor. No contexto de desenvolvimento de filmes e revestimentos biodegradáveis, a proteína de soja tem sido um dos principais vegetais utilizados, devido a suas propriedades e capacidade de formação de películas e por ser um polímero de grande disponibilidade (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMPRAPA, 2019).

Por meio dos resíduos da produção industrial de óleo de soja, gera-se a proteína residual de soja, que geralmente é utilizada para a produção de suplementos alimentares e ração animal.

Através desse processamento para a extração de óleo, são processados três tipos de produtos, como: a farinha de soja (SF), que é produzida através da moagem de soja em pós finos contendo 50% de proteína; o concentrado de proteína de soja (SPC), que contém aproximadamente 70% de proteína, ou seja, é farinha de soja desengordurada que não contém carboidratos solúveis em água; e o isolado de proteína de soja (SPI), que se pode dizer que é uma refinação ou purificação da proteína de soja, apresentando um teor mínimo de proteína de 90% e é livre de umidade, feito da farinha de soja desengordurada, através da remoção da maioria dos componentes não proteicos, carboidratos e gorduras presentes (HAMMANN; SCHMID, 2014; TIAN *et al.*, 2018).

O SPI possui em sua composição grande quantidade de misturas de proteínas, como a globulina e β -conglucina, que também são conhecidas como frações 11S e 7S, ambas apresentam cerca de 85% das proteínas armazenadas na soja; a proteína comercial é geralmente desnaturada no processo de extração e pode ser parcialmente hidrolisada na hora da fabricação para que apresente melhor solubilidade (JARAMILLO; ROBERTS; COUPLAND, 2011).

A composição da proteína de soja contém cerca de 18 aminoácidos, estes são classificados como grupos funcionais polares, que são os grupos carboxila, amina e hidroxila, e têm capacidade de apresentar reações químicas, tornando a proteína de soja facilmente modificada. O SPI, por exemplo, possui cerca de 7,7% de arginina, 6,8% de lisina e 2,5% de cisteína. A grande variedade de grupos funcionais oriundos dos aminoácidos presentes na proteína de soja possibilita melhorar a estabilidade dos filmes devido às forças interativas (DANGARAN; TOMASULA; QI, 2009; HAMMANN; SCHMID, 2014).

A proteína de soja tem sido utilizada como material polimérico para a produção de filmes, pois apresenta propriedades de fácil degradação no ambiente e boa aplicação em alimentos, além de apresentar propriedades de barreira ao oxigênio. Nos últimos anos, o isolado de proteína de soja apresentou relevância para a aplicação e a produção de filmes e revestimentos, tanto por suas características, como também devido à capacidade de transportar agentes antioxidantes desejáveis, melhorando e mantendo a qualidade dos alimentos (AMADO; SILVA; MAURO, 2019).

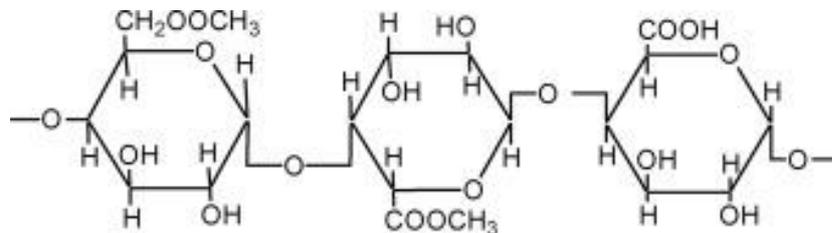
Estudos mostram que o uso de proteína de soja tem sido capaz de reduzir a absorção de gordura quando aplicada em alimentos, como mostrado em chips de bata, em que a redução de gordura foi maior quando comparada com aplicação de diferentes concentrações de carboximetilcelulose (ANANEY-OBIRI *et al.*, 2018).

2.6 Pectina

A pectina é um polissacarídeo natural encontrado na parede celular de tecidos vegetais, presente geralmente em polpas e cascas de alimentos, como as frutas cítricas. Normalmente, a pectina tem composição de cadeias lineares de homogalacturônicos (ácidos α -1, 4-galacturônicos) e intercaladas com cadeias ramificadas de ramnogalacturonanos (ácidos α -1, 4-galacturônicos a α -1,2-ramnose), como apresentado na Figura 2 (AMADO; SILVA; MAURO, 2019).

A pectina apresenta capacidade de formação de géis e é utilizada como gelificante, estabilizante e espessante para produtos alimentícios como iogurtes, sorvetes, leites e geleias. Tem sido utilizada em desenvolvimento de embalagens para alimentos devido a suas propriedades de barreira a gases, aromas e óleo, retardando a migração de lipídios (BEGALI, 2020).

Figura 2 - Estrutura molecular da Pectina.



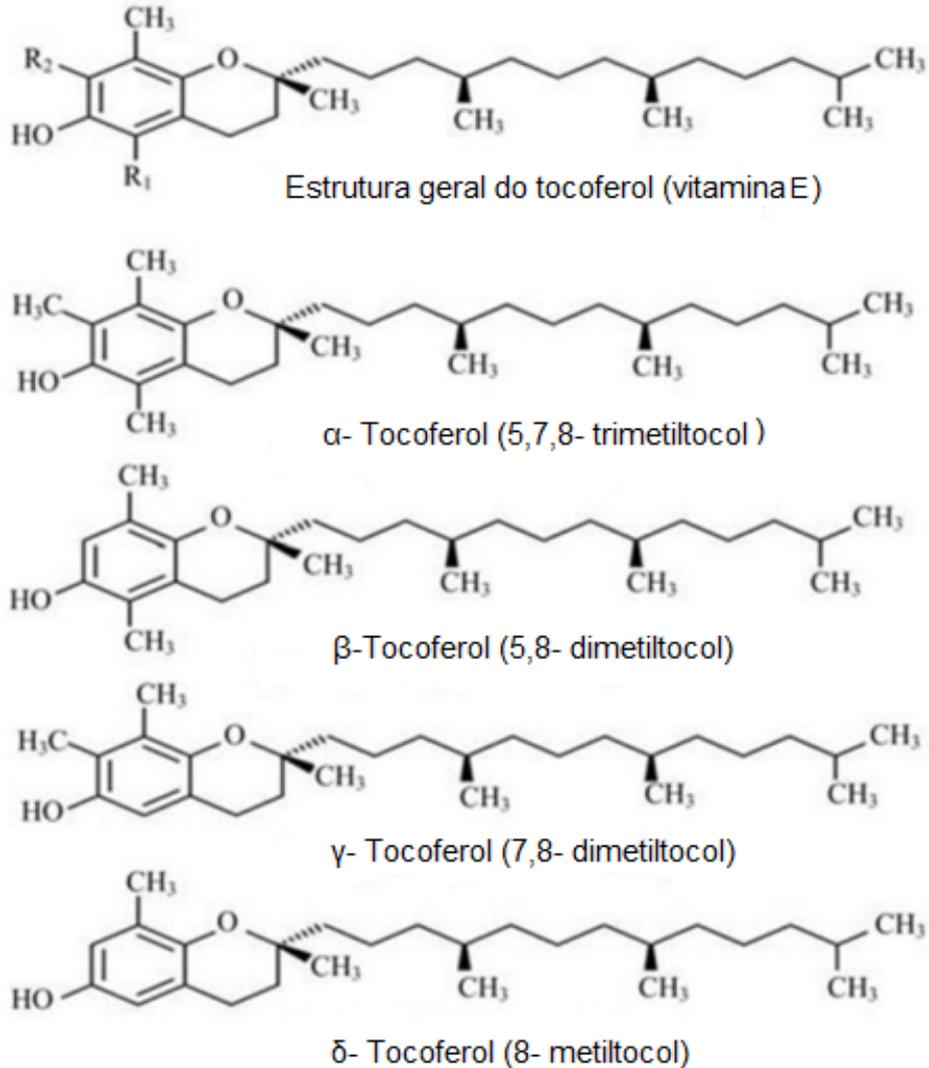
Fonte: Begali (2020).

2.7 α -Tocoferol

Os tocoferóis são vitaminas E com compostos lipossolúveis antioxidantes, capazes de reduzir e inibir a oxidação lipídica em presença de radicais livres presentes em alimentos. Têm capacidade de proteger membranas biológicas, as lipoproteínas e as reservas lipídicas, sendo responsáveis pela redução na oxidação. Dentre suas funções, a principal é a proteção dos ácidos graxos insaturados contra as reações oxidativas (SAU *et al.*, 2004).

As denominações genéricas dos lipossolúveis presentes nas vitaminas E são: α , β , γ e δ tocoferóis e α , β , γ e δ tocotrienóis, todos apresentando atividades biológicas específicas, no entanto, cada uma com suas especificidades. Entre todos, o que apresenta maior atividade antioxidante é o α -tocoferol, a Figura 3 mostra as estruturas químicas do tocoferol (HUSSAIN *et al.*, 2013).

Figura 3 - A Figura mostra as estruturas químicas do tocoferol e seus homólogos (δ -, γ -, β - e α - tocoferóis), nas quais os homólogos de tocoferol mostram diferenças apenas no número e na posição dos substitutos de metila no anel aromático.



Fonte: Hussain *et al.* (2013).

Essas vitaminas podem estar presentes, assim como também podem ser adicionadas aos alimentos, sendo benéficas ao consumidor devido suas propriedades serem favoráveis e importantes para a saúde humana, além de favorecerem a prevenção das reações oxidativas nos alimentos, podendo ser incorporadas através da tecnologia de alimentos, possibilitando esse duplo papel na aplicação, que seria a inserção na matriz alimentar utilizada como antioxidante, com o objetivo de aumentar a vida útil do produto (BATISTA; COSTA; PINHEIRO-SANT'ANA, 2007).

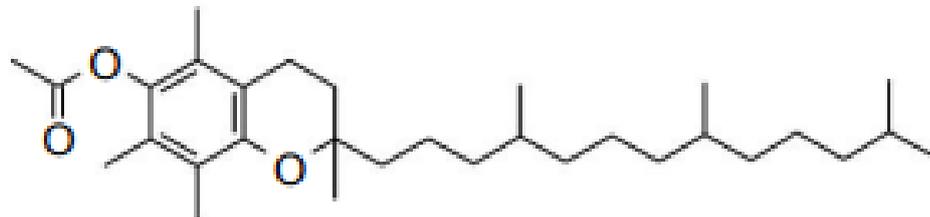
Nas indústrias de alimentos, os tocoferóis são comumente utilizados devido a suas propriedades e por serem protetores das fibras de colágeno em alimentos. Os tocoferóis e

demais vitaminas E são naturalmente encontrados em vegetais verde-escuros, em sementes oleaginosas, óleos vegetais, em germes de trigo e também podem estar presentes em alimentos de origem animal, como carnes e gema de ovo (KOOTENAIE *et al.*, 2016). A incorporação e a adição de vitamina E nos alimentos podem ser realizadas em formas natural e sintética, sendo os éteres de acetato de α -tocoferol os mais utilizados, que são as formas mais esterificadas para a utilização em suplementos de vitaminas e em fortificação de alimentos, em virtude da estabilidade e do maior tempo de prateleira, e podem ser também utilizados na forma de succinato (BATISTA; COSTA; PINHEIRO-SANT'ANA, 2007; KOOTENAIE *et al.*, 2016).

O acetato de dl- γ -tocoferol é vitamina E, um óleo viscoso, praticamente inodoro, cujos nomes químicos são: 3,4-di-hidro-2,5,7,8-tetrametil-2-[4,8,12-trimetiltridecil]-2H-1- acetato de benzopirano-6-ilo; 2,5,7,8-tetrametil-2-[4,8,12-trimetiltridecil]-croman-6-il acetato; e sinônimos: acetato de (2RS,4'RS,8'RS)- γ -tocoferilo; (RS,RS,RS)- γ -tocoferil acetato; (all-rac)- γ tocoferil acetato; acetato de dl- α -tocoferilo; acetato de vitamina E; vitamina E.

A Figura 4 mostra a estrutura química do acetato de tocoferol.

Figura 4 - Estrutura química do acetato de tocoferol, fórmula empírica: $C_{31}H_{52}O_3$.



Acetato de tocoferol

Fonte: DSM Nutritional Products Ltd. (2015).

Pesquisas têm utilizado o tocoferol para a inserção na matriz polimérica de embalagens biodegradáveis para alimentos, como filmes e revestimentos, influenciando nas propriedades químicas, mecânicas, de barreira e cor, possibilitando a diminuição do teor de água e aumentando a permeabilidade ao vapor de água. Além das boas propriedades, a utilização do tocoferol em embalagens tem apresentado bons resultados quanto à aplicação, mostrando que atividade antioxidante do tocoferol tem melhorado a preservação dos alimentos e consequentemente a extensão da vida útil (KOOTENAIE *et al.*, 2016; MARTINS; CERQUEIRA; VICENTE, 2012).

2.8 Casca de ovo

A casca de ovo é um subproduto residual que comumente é descartado em pequena ou mesmo grande escala, como o descarte feito por padarias, aviários industriais, ou mesmo pelo consumo de ovos em residências e outros; normalmente as cascas de ovo são descartadas para aterros sanitários, causando acúmulo, e muitas vezes podem ser capazes de colaborar para a poluição e problemas ambientais, pois grandes quantidades desse descarte podem ser causadoras de poluição orgânica e odor (SEEHARAJ *et al.*, 2019).

A estrutura de uma casca de ovo de galinha constitui-se em materiais cerâmicos com estrutura de três camadas, que são: na superfície externa a cutícula; a camada esponjosa, que é a calcária; e pôr fim a camada lamelar interna, denominada como mamilar. Uma matriz é formada entre as camadas esponjosa e lamelar interna, que são fibras proteicas ligadas ao cristal calcita - carbonato de cálcio (DAUPHIN *et al.*, 2006).

Na composição química da casca de ovo de galinha, o carbonato de cálcio compõe cerca de 94% (peso), contendo também 1% de carbonato de magnésio, 1% de fosfato de cálcio, 4% de matéria orgânica, como por exemplo o colágeno tipo X, proteínas e polissacarídeos sulfatados, e além destes a casca do ovo possui uma membrana que reside entre a clara do ovo (albumina) e a superfície da casca; no total, existem duas membranas de casca ao redor do ovo, que são a membrana externa, que é ligada à casca e espessa, e a membrana interna fina. Ambas as membranas presentes na casca do ovo são compostas de fibras proteicas (TSAI *et al.*, 2006; WU *et al.*, 2020).

Pesquisas têm sido realizadas para a utilização da casca de ovo para o desenvolvimento e incorporação em filmes e revestimentos, por ser um material renovável biológico e polimérico, e bons resultados têm sido apresentados sobre essa aplicação, mostrando potencial para a área de embalagens e alimentos, possibilitando também reduzir esses resíduos no ambiente (PRABHAKAR; REHAMAN SHAH; SONG, 2016; SEEHARAJ *et al.*, 2019; WU *et al.*, 2020).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O isolado de proteína de soja (SPI) (90%) foi obtido da Doremus Alimentos, Guarulhos, Brasil; a pectina (PEC) de alta metoxilação (75,7%; Dinâmica Química); glicerol (99,5%; Sigma-Aldrich). O acetato de α -tocoferol foi adquirido da DSM Nutritional Products Ltd (Basileia, Suíça; 1.000 UI por grama). As cascas de ovos de galinha foram obtidas de padaria local. Os filés de tilápia foram adquiridos no mercado municipal da cidade de Lavras-MG. A Tabela 1 apresenta os materiais e concentrações utilizadas no preparo das soluções.

Tabela 1 - Materiais e concentrações utilizadas.

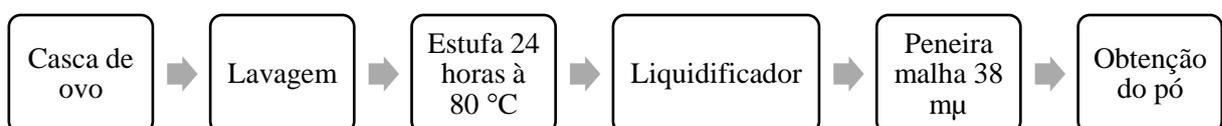
Materiais	Siglas	Concentrações % (p/p)
Isolado de proteína de soja	SPI	8%
Pectina	PEC	4%
Pó de casca de ovo	ESP	3,5%
α -Tocoferol	α -TOC	0,1%

Fonte: Da autora (2023).

3.1 Preparação da casca de ovo

Inicialmente, as cascas de ovos foram submetidas ao processo de lavagem apresentado na Figura 5, que ocorreu através da imersão das cascas de ovos em solução de cloro em água 20% v/v, onde passaram cerca de 20 minutos, e após esse processo as cascas foram escorridas e lavadas em água corrente para a eliminação do cloro; a seguir elas foram quebradas, colocadas em béquer com água previamente aquecida e submetidas à fervura por aproximadamente 30 minutos. Em seguida, as cascas foram novamente escorridas e levadas à estufa por 24 horas a 80 °C e trituradas em liquidificador por 10 minutos, para a obtenção do pó de casca de ovo; por fim, foram passadas em peneira de malha de 38 μ m e armazenadas em dessecador por 48 horas até a utilização no preparo das soluções.

Figura 5 - Processamento das cascas de ovo para aplicação nas blendas/revestimentos.



Fonte: Da autora (2023).

3.2 Preparação do revestimento

Uma solução de 400 ml de pectina foi preparada usando-se pectina (PEC) 4% (p/p), na qual foi dissolvido o pó em água deionizada à temperatura ambiente em agitador magnético (Go-Stirrer MS-HS) a 750 rpm por 24 horas (OLIVEIRA *et al.*, 2021). Em outro béquer foram preparados 400 ml de solução de isolado de proteína de soja (SPI) a 8% (p/p) realizada de acordo com a metodologia de (AMADO; SILVA; MAURO, 2019) com modificações, pela dispersão do pó em água deionizada, o pH foi ajustado para 11 com a adição de NaOH (40% p/p de SPI), e a solução aquecida a 65 °C por 10 minutos em banho termostático HAAKE A10 (marca Thermo Scientific) e um sistema de controle de temperatura universal HAAKE UTM Controller (marca Thermo Scientific, Karlsruhe, Alemanha), em seguida a solução preparada foi resfriada à temperatura ambiente e reservada.

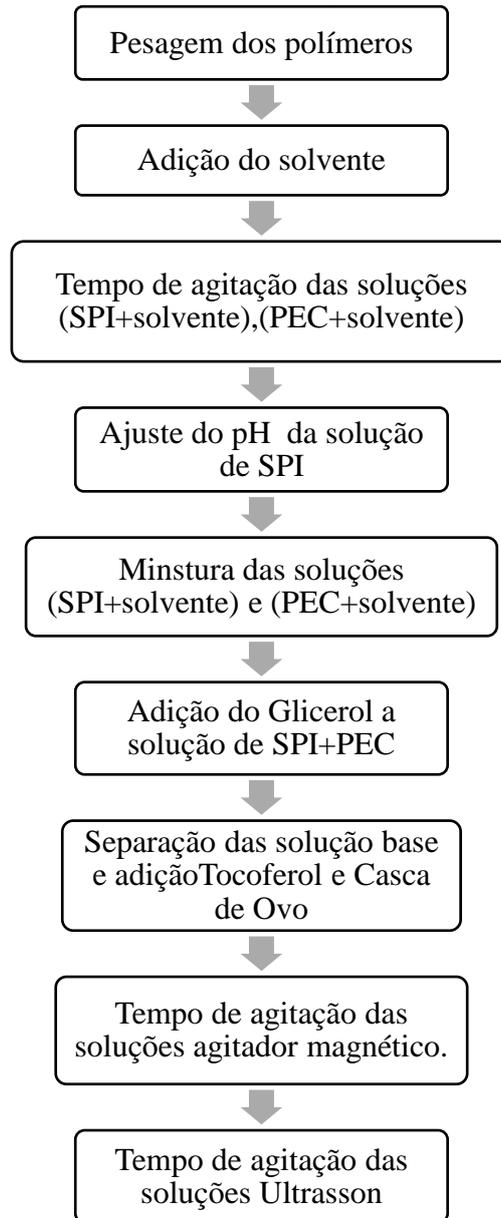
As soluções de revestimentos foram preparadas como mostrado na Figura 5, misturando as soluções estoques de 400 ml de PEC e 400 ml de SPI em um béquer de 1 L, com o objetivo de obter uma mistura com 4% de pectina e 8% de isolado de proteína de soja; em seguida, após a mistura do SPI e PEC, foi adicionado o plastificante, no qual foi utilizado o glicerol (40% de SPI p/p). Após o procedimento de preparo da solução, as misturas foram agitadas à temperatura ambiente por 3 horas.

A mistura de SPI e PEC foi dividida em 4 béqueres, colocando em cada 200 ml de solução (SPI+PEC). Obtendo, assim, quatro soluções: uma chamada de controle (SPI+PEC); outra solução nomeada de (SPI+PEC/ α -TOC), que foi adicionado o α -Tocoferol (0,1% p/p de SPI); a solução de (SPI+PEC/ESP/ α -TOC), que primeiramente foi adicionado α -Tocoferol (0,1% p/p de SPI) e agitada; e então, após isso, adicionado o pó de casca de ovo (ESP). E outra solução (SPI+PEC/ESP) que também foi adicionado o pó de casca de ovo.

Para as soluções com pó de casca de ovo, a concentração utilizada foi de 3,5% (p/p de SPI) em cada solução, (SPI+PEC/ESP/ α -TOC) e (SPI+PEC/ESP). Com a adição do pó de casca de ovo (ESP), as misturas foram agitadas por mais 1 hora em agitador magnético (Go-Stirrer MS-HS) a 750 rpm; passado esse tempo, todas as soluções foram levadas à agitação ultrassônica em equipamento SonifierCellDisruptorBranson - Model 450D, Manchester, UK, com potência de 400 W por 5 minutos com amplitude de 70% (REN *et al.*, 2016).

A Figura 6 apresentada abaixo mostra o esquema de preparação das películas.

Figura 6 - Sequência da preparação das soluções.



Fonte: Da autora (2023).

A Tabela 2 apresenta os tratamentos das soluções de revestimentos preparados.

Tabela 2 - Tratamentos das soluções.

TRATAMENTOS				
Solução	SPI	PEC	ESP	α-TOC
REVESTIMENTOS/BLENDAS	8%	4%	3,5%	0,1%
Controle - SPI+PEC	X	X	-	-
SPI+PEC/ESP/ α -TOC	X	X	X	X
SPI+PEC/ESP	X	X	X	-
SPI+PEC/ α -TOC	X	X	-	X

Fonte: Da autora (2023).

3.3 Preparação das blendas para a caracterização

Para a realização da caracterização, foi necessário utilizar o método *casting* para a preparação de blendas, que se deu anteriormente pelo preparo das soluções, descrita na metodologia do tópico 3.2 acima. Posteriormente ao preparo das soluções, colocou-se 0,3 g/cm² das soluções em placas de acrílico ($\varnothing = 9,5$ cm) e foram secas em câmara climatizada a 25 ± 2 °C por 36 horas.

3.4 Delineamento experimental

Foram desenvolvidos quatro tratamentos, variando a adição de α -tocoferol e casca de ovos, como mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Tratamentos das blendas.

TRATAMENTOS	
Blenda controle	SPI+PEC
Blenda	SPI+PEC/ESP/ α -TOC
Blenda	SPI+PEC/ESP
Blenda	SPI+PEC/ α -TOC

Isolado de proteína de soja (SPI), pectina (PEC), pó de casca de ovos (ESP) e acetato DL α -tocoferol (α -TOC).

Fonte: Da autora (2023).

3.5 Caracterização das blendas

3.5.1 Medição da espessura

Na medição da espessura média das blendas foi realizada leitura usando um micrômetro digital Mitutoyo (precisão 0,01 mm Mitutoyo, Suzano, SP, Brasil) de cinco pontos escolhidos aleatoriamente em cada amostra de blenda. Os resultados foram dados através das médias dos 5 pontos de cada blenda.

3.5.2 Medição de cor

Foram medidos os parâmetros de cor L (luminosidade), C (coordenadas de cromaticidade) e o h (ângulo de tonalidade), em colorímetro Minolta® CR 310 (iluminante C e ângulo 10°). A fim de se avaliar a cor das blendas, as medições foram realizadas em três locais distintos em triplicata e os resultados foram expressos em h e croma.

3.5.3 Determinação da atividade antioxidante - Eliminação do Radical Livre Estável 1,1-Difenil-2 Picrilhidrazil (DPPH)

Para a determinação da atividade antioxidante das blendas, foi utilizado o método de eliminação do radical livre estável 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), de acordo com a metodologia de (FERREIRA *et al.*, 2021a), com algumas modificações. Inicialmente, 0,2 g das blendas foi cortado em pedaços pequenos e adicionados 2 mL de metanol a 80% (v/v), que foram colocados em tubos de ensaio recobertos por papel alumínio para evitar passagem de luz. A mistura foi agitada em vórtex por 3 minutos, e a seguir foi mantida em repouso em temperatura ambiente por 3 horas em ambiente escuro. Após isso, a mistura foi novamente agitada em vórtex por 3 minutos. Foi coletado 0,1 mL do extrato metanólico e adicionados 3,9 mL de DPPH 0,1 mM em metanol 80% (v/v), colocados em tubos de ensaio revestidos com papel alumínio e agitados em vórtex por tempo de 1 minuto. Após a agitação, a mistura ficou novamente em repouso em ambiente escuro por 30 minutos. A absorbância das soluções foi medida a 517 nm em espectrofotômetro Bel Spectro S-2000 (Monza, Itália) para quantificação da atividade sequestradora de radicais, usando metanol 80% com DPPH 0,1 mM como controle. A atividade antioxidante (%AA) foi calculada pela diferença entre absorbâncias medidas da solução DPPH com a amostra e o controle, dividido pelo controle.

3.5.4 Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA)

A análise de TPVA foi realizada de acordo com o método de (GONÇALVES *et al.*, 2019), com algumas modificações. As amostras das blendas em formato de círculos foram colocadas em cápsulas (80 mm de diâmetro externo, 50 mm de diâmetro interno e 10 mm de altura da cavidade) que foram preenchidas com 4 g de cloreto de cálcio anidro (CaCl₂). As cápsulas foram colocadas em dessecador contendo solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) (75% UR a 25±2°C); as blendas atuam como barreira semipermeável entre o meio de alta e

baixa umidade relativa. Com isso, obteve-se o gráfico através do ganho de massa (g) vs o tempo de teste (dias), e por meio do coeficiente angular da parte linear foi obtida a TPVA, de acordo com Equação 1.

$$TPVA = \left(\frac{G}{t}\right) \times A \quad (1)$$

Sendo TPVA = taxa de permeabilidade ao vapor de água (g de água m⁻² dia⁻¹) $\frac{G}{t}$ = coeficiente angular da linha reta (g de água dia⁻¹), A = área de permeação da amostra (m²) $\frac{G}{t}$.

3.5.5 Umidade e solubilidade

A umidade das blendas foi determinada por secagem das amostras em estufa. As misturas foram cortadas em amostras de 2 x 2 cm, colocadas em placas de Petri e secas em estufa a 105 °C por 24 horas. As amostras foram pesadas antes (mi) e após (mf) secagem em estufa. Os valores de umidade (U%) foram determinados em relação à massa inicial e à massa perdida durante a secagem pela Equação 2 (ASTM, 1994):

$$U\% = [(mi-mf)/mi] \times 100 \quad (2)$$

A análise de solubilidade em água foi determinada de acordo com (GHASEMLOU; KHODAIYAN; OROMIEHIE, 2011). As blendas foram cortadas em (2 × 2 cm) e secas conforme o método realizado anteriormente para a análise de umidade, e após isso foram imersas em 50 mL de água destilada e submetidas à agitação constante a 50 rpm, em *shaker* (Lucadema, modelo LUCA-223) à temperatura de 25 ± 2 °C por 24 horas. Em seguida, as amostras foram retiradas dos béqueres, transferidas de volta para as placas de vidro e novamente secas a 105 °C por 24 horas, e após foram novamente pesadas (m). A solubilidade em água foi calculada pela Equação 3:

$$\% = [(msecoinicial - msecfinal)/msecoinicial] \times 100 \quad (3)$$

3.5.6 Análise termogravimétrica - TGA

A estabilidade térmica foi investigada usando um analisador termogravimétrico (modelo DTG-60 H; Shimadzu, Kyoto, Japão), no qual as amostras pesando ~2,5 mg foram colocadas em cadinhos de platina e depois submetidas a aquecimento a 10 °C min⁻¹, de 25 a 600 °C sob atmosfera de nitrogênio com vazão de 50 mL min⁻¹) para medir as temperaturas iniciais de degradação (T), perda de massa (perda M) e resíduo (GARRIDO *et al.*, 2016).

3.5.7 Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

Foi realizada a análise de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), utilizada para obter informações estruturais das blendas, caracterização e identificação dos grupos químicos. A análise de FTIR foi realizada em um espectrofotômetro Vertex 70 (Bruker, Alemanha), em uma faixa espectral de 400–4000 cm^{-1} a uma taxa de varredura de 32 varreduras/s e resolução espectral de 4 cm^{-1} . Os espectros de segunda derivada da região foram usados em guias de posição de pico para o procedimento de ajuste de curva, usando o *software* OriginPro 9.1 (MENDES *et al.*, 2016).

3.5.8 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Para análise morfológica foi realizada a microscopia eletrônica de varredura (MEV), feita através do Microscópio Eletrônico de Varredura JEOL JSM 6510, com voltagem de aceleração de 10 kV. As amostras das blendas foram colocadas em “stubs” com fita de carbono e revestidas em ouro, sob vácuo por 180 segundos, sendo obtidas as imagens dos tratamentos.

3.6 Aplicação do revestimento nos filés de tilápia e caracterização

3.6.1 Preparo das amostras de filés com e sem revestimentos

A Figura 7 mostra a sequência do preparo e aplicação dos revestimentos. Os filés foram adquiridos no mercado municipal de Lavras - MG e levados para o Laboratório de Embalagens da Universidade Federal de Lavras, onde prontamente foram cortados em proporções de 3x4 cm na parte do dorso e acondicionados por cerca de 5 horas em refrigerador à temperatura de 4 °C, e devidamente identificados ficaram até o preparo das soluções de revestimentos, seguindo assim a aplicação pelo método de imersão e posteriormente fritos em óleo de soja. O experimento contou com filés de peixe que foram fritos com e sem o revestimento e amostras frescas que não foram fritas, para utilizar como comparação.

Figura 7 - Preparo e aplicação dos revestimentos nos filés de tilápia.



Fonte: Da autora (2023).

Antes do processo de fritura, seis amostras de filés de tilápia de cada tratamento foram submersas na solução de revestimento por 30 segundos, e após esse tempo foram colocadas para escorrer o excesso. Outro lote de 6 amostras foi frito sem a adição de revestimento, enquanto que o lote padrão (filés frescos) não foi frito.

Em seguida, os lotes (com os diferentes revestimentos e sem revestimento) foram fritos em simultâneo, por 2 minutos e 30 segundos, em óleo de soja que foi aquecido à temperatura de 180 °C, em fritadeira elétrica. Após a fritura, os filés fritos foram colocados em papel absorvente por 4 minutos para escorrer o excesso de óleo. Entre a fritura de cada um dos dois lotes, a fritadeira foi devidamente lavada e preparada para uma nova fritura e o óleo trocado por um novo. Ao final do processo de fritura, todos os lotes (incluindo os filés crus) foram acondicionados, etiquetados e colocados no congelador a -18 °C para posterior análise.

Os tratamentos avaliados foram apresentados na Tabela 4:

Tabela 4 - Tratamento dos filés com e sem revestimentos. Foram realizadas análises em um delineamento inteiramente casualizado, em triplicadas para cada tratamento.

TRATAMENTOS
Filés crus
Filés fritos S/Reves
Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC
Reves-SPI+PEC/ESP
Reves-SPI+PEC/ α -TOC

Filés crus; Filés fritos sem revestimento: Filés fritos S/Reves; Filés fritos revestidos: Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC; Filés fritos revestidos: Reves-SPI+PEC/ESP; Filés fritos revestidos: Reves-SPI+PEC/ α -TOC 2.

Fonte: Da autora (2023).

3.7 Caracterização dos filés de tilápia com e sem revestimento

3.7.1 Determinação do teor de lipídios totais (extrato etéreo)

A determinação ocorreu por extração com solvente orgânico (éter etílico) com auxílio de um aparelho extrator do tipo Soxhlet, segundo a metodologia de AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 2019).

Inicialmente foram pesados cerca de 3 g de amostra previamente seca em estufa e colocados em cartuchos celulósicos com algodão nas extremidades para evitar perda de amostra. Os cartuchos foram colocados em *reboilers* secos a 105 °C por cerca de 3 horas e tarados. Foi adicionado éter aos *reboilers* até submergirem as amostras contidas no cartucho, após foram acoplados ao aquecedor do aparelho “Soxhlet”, e acionados à temperatura de ebulição do éter, deixados em refluxo por cerca de 2 horas. Após isso, os cartuchos foram suspensos acima do nível do éter, por cerca de 30 minutos para que escorresse o excesso do solvente, fechada em seguida a saída do condensador. Os *reboilers* mais o extrato etéreo foi retirado do “Soxhlet” e levados para a estufa à 105 °C até peso constante e levados ao dessecador para serem resfriados. Em seguida, foram pesados e calculado o teor de extrato etéreo das amostras (Equação 4).

$$\text{Extrato etéreo (\%)} = \{[(\text{reboiler} + \text{extrato etéreo}) - (\text{reboiler})] / \text{amostra seca}\} \times 100 \quad (4)$$

3.7.2 Caracterização do perfil de ácidos graxos dos filés

O perfil de ácidos graxos, a partir dos ésteres resultantes da esterificação das amostras dos filés de tilápia crus, fritos sem e com revestimentos, foi determinado no Centro de Análise e Prospecção Química (CAPQ) do Departamento de Química da UFLA (Universidade Federal de Lavras).

A análise foi realizada seguindo a metodologia por Folch, Lees e Sloane (1957), e metilados segundo Metcalfe, Schmitz e Pelka (1966). Os ésteres metílicos resultantes do processo de esterificação foram submetidos à análise de cromatografia gasosa (CG) (CG – 2010 modelo, Shimadzu, Barueri, SP, Brasil), com detector de ionização em chama (FID – Flame Ionization Detector), utilizando-se coluna capilar Carbowax (30 m x 0,25 mm), com fase estacionária: nitroretaftálico, modificado por polietilenoglicol. A identificação dos compostos foi realizada através do tempo de retenção do padrão correspondente e da porcentagem em função da área dos compostos.

3.7.3 Medição da oxidação lipídica - Determinação do índice de ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A avaliação da oxidação lipídica foi realizada por meio da determinação de substâncias reativas do ácido tiobarbitúrico (TBARS), realizada pelo método espectrofotométrico, descrito por Vyncke (1970), em comprimento de onda fixado em 532 nm, e os resultados foram expressos em mg MDA/kg de amostra (MDA = malonaldeído). Inicialmente, pesaram-se 5 g de amostras dos filés de cada tratamento que foram colocadas em béqueres e adicionados 15 mL de ácido perclórico 3,86% e 1 mL de BTH a 0,15%, levados para homogeneizar em turrax e filtrados. Foram transferidos para outros recipientes 5 mL do filtrado e adicionados 5 mL de solução de TBA 0,02 M. Após isso, foram levados ao banho-maria por 30 minutos, retirados e após o esfriamento foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 532 nm.

3.7.4 Determinação do teor de umidade

Para a determinação do teor de água das amostras de peixe, seguiu-se a metodologia de AOAC (2019). Inicialmente, pesaram-se rigorosamente em cadinhos previamente secos e tarados 10 g de cada amostra (em triplicado). Os cadinhos com as amostras foram levados para estufa (WTC, Binder, EUA) a 105 °C por 24 horas. Após este período, os cadinhos foram

retidos da estufa e levados ao dessecador por 30 minutos, e em seguida pesados. O teor de umidade das amostras foi expresso em %.

Para calcular o teor de umidade da amostra utilizou-se a Equação 5.

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{[(\text{cadinho} + \text{amostra integral}) - (\text{cadinho} + \text{amostra seca})]}{\text{amostra integral}} \times 100 \quad (5)$$

3.8 Análise estatística

Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) e, posteriormente, um teste de média (Scott-knott) ao nível de 5% de significância, utilizando o programa estatístico do *software* SISVAR® 5.6 (FERREIRA, 2021). As análises de FTIR, TGA e MEV foram realizadas através de imagens e gráficos de cada tratamento.

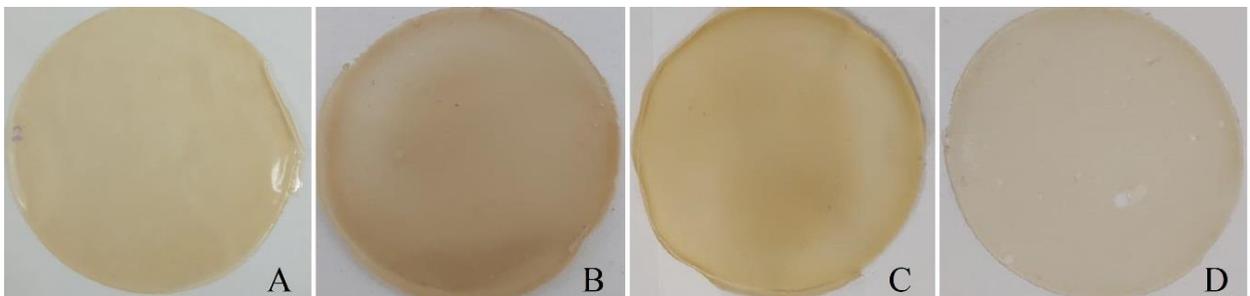
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Preparo das blendas

As blendas com acetato de α -tocoferol com concentrações superiores a 0,1% (p/p de SPI) apresentaram características desfavoráveis, como rachaduras, separação de fases e fragilidade, além de oleosidade e estruturas descontínuas nas que continham também cascas de ovos, isso devido à inserção dessas cascas nas blendas com acetato de α -tocoferol.

Para o incremento dos outros materiais, como o pó de casca de ovos (ESP) e o α -tocoferol (TOC), foram realizados testes até que chegasse à concentração ideal para a formação das blendas. Inicialmente, testaram-se concentrações de casca de ovo de 2,5 a 10% (p/p de SPI) com intervalos de 1,5 g entre cada concentração; a quantidade de tocoferol utilizada nas blendas também foi determinada pelo mesmo método, nos quais foram testadas concentrações de 0,1 a 0,9% (p/p de SPI) de solução, no entanto, foi determinado que em concentrações acima de 0,2% (p/p de SPI) não era possível a formação de blendas, devido ao acetato de α -tocoferol ser denso e oleoso, causando nas blendas gotículas de óleo nos quais não eram possíveis solubilizar nas soluções. Após os testes realizados, foram determinadas as concentrações que apresentaram melhor formação e homogeneidade das blendas, obtendo assim blendas e revestimentos. As soluções foram preparadas e despejadas 0,3 g/cm² em placas de acrílico ($\varnothing = 9,5$ cm), e foram secas em câmara climatizada a 25 ± 2 °C por 36 horas; após a secagem, foram armazenadas em estufa BOD a 25 °C, como demonstrado na Figura 8:

Figura 8 - Aspecto visual das blendas de SPI – A) Controle - SPI+PEC, B) SPI+PEC/ESP/ α -TOC, C) SPI+PEC/ESP e D) SPI+PEC/ α -TOC.



Fonte: Da autora (2023).

4.2 Propriedades ópticas de cor e espessura

Após obtenção das blendas, verificou-se a espessura e notou-se que o método utilizado para a quantidade de solução de revestimento nas placas foi eficaz para assegurar uniformidade na espessura das blendas; as blendas apresentaram diferença significativa, como apresentado na Tabela 5, e notou-se que as blendas com pó de casca de ovos tiveram espessura maior que as que não continham.

Em relação aos parâmetros de cor mostrados na Tabela 5, as blendas sem adição de casca de ovos resultaram em tons significativamente menos amarelados (baixo valor b^*) do que as blendas com cascas de ovos, como nos casos SPI+PEC/ESP/ α -TOC e SPI+PEC/ESP que foram mais amarelados, e a adição do acetato de α -tocoferol não alterou esse parâmetro quando comparado entre as blendas que continham acetato de α -tocoferol; a cor amarelada está diretamente relacionada ao valor b^* , que é uma cor característica de SPI (GARRIDO *et al.*, 2016); o mesmo foi observado para as blendas com e sem cascas de ovos. A luminosidade (valor L^*) das blendas sem ESP aumentou significativamente em comparação com as que continham ESP, mas a incorporação do tocoferol não alterou os parâmetros em ambos os tratamentos, mostrando que as blendas sem ESP foram mais claras e as com ESP mais amareladas, como demonstrado nos resultados do ângulo hue, que apontou diferenças significativas entre os tratamentos com e sem cascas de ovos.

O parâmetro C^* (croma) indica a saturação da amostra analisada (ou seja, a distância da origem às abscissas), como mostrado na Tabela 5; houve diferença significativa entre os tratamentos com e sem ESP. As blendas sem a presença de ESP apresentaram-se menos saturadas, enquanto que as que continham apresentam maior saturação. O hue é um parâmetro tridimensional que determina o ângulo entre os parâmetros a^* e b^* , podendo variar de 0° a 360° . No presente estudo, os valores estão situados no primeiro quadrante com valores próximos a 90° , nos quais os tons variam de vermelho a amarelo, ficando mais próximos da coloração amarelada em $+b$, e para este parâmetro entre as blendas com ESP não houve diferença significativa ($p < 0,05$), e diferiram do controle e da blenda SPI+PEC/ α -TOC; por fim, a blenda SPI+PEC/ α -TOC apresentou diferença significativa com todos os tratamentos. As blendas com ESP apresentaram os maiores valores para saturação, já os sem obtiveram menores valores.

Tabela 5 - Espessura das blendas em mm; cor- parâmetros L*, b*, C* e hue.

Blendas	Espessura (mm)	L*	b*	C*	h*
C- SPI+PEC	0,255± 0,02 ^b	70,19 ± 0,13 ^a	17,18 ± 0,17 ^b	18,39 ± 0,15 ^b	68,62 ± 0,19 ^c
SPI+PEC/ESP/ α -TOC	0,297± 0,03 ^a	67,33 ± 1,06 ^b	27,45 ± 1,15 ^a	28,87 ± 1,23 ^a	71,86 ± 0,25 ^a
SPI+PEC/ESP	0,289± 0,02 ^a	67,22 ± 0,90 ^b	27,57 ± 0,49 ^a	28,96 ± 0,80 ^a	72,01 ± 1,38 ^a
SPI+PEC/ α -TOC	0,230± 0,02 ^b	71,28 ± 1,41 ^a	18,91 ± 2,13 ^b	20,06 ± 2,07 ^b	70,41 ± 0,09 ^b

*Resultados expressos em (média ± desvio padrão) **a,b,c,d. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$), de acordo com o teste de Scott-Knott.

Fonte: Da autora (2023).

4.3 Atividade antioxidante DPPH

Os resultados obtidos indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos, mesmo as blendas que continham tocoferol não apresentaram atividade antioxidante, isso pode ser devido à baixa concentração do agente antioxidante na incorporação das blendas, que pode ter implicado nesses resultados.

A capacidade antioxidante possibilita retardar a degradação oxidativa e consequentemente a perda de qualidade dos alimentos. A oxidação lipídica é o principal causador de deterioração e redução da qualidade dos alimentos, esse fator é responsável pelas alterações de cor, sabor, aroma, textura e segurança microbiológica dos alimentos (BARBOSA-PEREIRA *et al.*, 2013; BATISTA; COSTA; PINHEIRO-SANT'ANA, 2007). Com a finalidade de proteger os lipídios e evitar a deterioração dos alimentos, os produtores de produtos do mar utilizam vários aditivos alimentares com propriedades antioxidantes e antimicrobianas (KOOTENAIE *et al.*, 2016).

Os α -tocoferóis se comportam como antioxidantes doadores de elétrons que quebram a cadeia, que competem com o substrato pelos radicais peroxil que transportam a cadeia, são naturais e eficazes para utilização em alimentos que contêm lipídios e, além disso, os tocoferóis são associados ao retardo de hidroperóxidos (KOOTENAIE *et al.*, 2016).

A utilização de 0,04% de α -tocoferol para o desenvolvimento de cobertura comestível de quitosana com óleo essencial de eucalipto na qualidade de filés de carpa prateada foi realizada e mostrou que a adição do α -tocoferol, em combinação com o óleo essencial, apresentou menor contagem bacteriana, possibilitando um aumento na vida útil dos filé em até 16 dias, mantendo as características de aceitabilidade global, além de apresentar menor taxa de oxidação lipídica em comparação com os tratamentos controle. Sendo possível analisar que o

óleo essencial de eucalipto mostrou boa atividade antibacteriana e sua atividade antioxidante quando combinado com α -tocoferol (KOOTENAIE *et al.*, 2016).

Em outro estudo realizado, Martins, Cerqueira e Vicente (2012) utilizaram em seus experimentos duas concentrações de α -tocoferol, que foram de 0,1 e 0,2% (p/v), determinadas por meio de testes preliminares que determinaram que concentrações superiores a esses tornariam as blendas mais gordurosas na superfície. Os resultados mostraram que a adição de α -tocoferol à matriz de filmes de quitosana conferiu boa atividade antioxidante, influenciando as propriedades químicas, mecânicas, de barreira e de cor nos filmes de quitosana, determinando que a incorporação desse pode ser utilizada para proteger os alimentos da degradação induzida pela luz UV (MARTINS; CERQUEIRA; VICENTE, 2012).

4.4 Umidade, solubilidade e taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA)

O conhecimento sobre as propriedades de umidade de materiais destinados à aplicação em alimentos, como as embalagens, é importante devido à influência que a umidade tem sobre a qualidade dos alimentos, que pode ser um fator determinante nos processos de deterioração, textura e corânica dos alimentos. Os resultados para absorção de água das blendas são mostrados Tabela 6. As blendas mantiveram a forma original ao final da análise, relacionado a umidade e solubilidade, sendo possível observar que não houve diferença significativa ($p > 0,5$) entre os tratamentos.

A solubilidade é um fator importante que deve ser considerado quando destinados à produção de blendas e filmes para aplicação em alimentos com alta atividade de água, visto que materiais com alta solubilidade podem interferir nas propriedades mecânicas. Com isso, buscase reduzir a transferência de água entre os alimentos e o meio externo, melhorando as propriedades de barreira à solubilidade, que quando se apresenta em altas concentrações auxiliam a permeabilidade ao vapor d'água (BALAN, 2013).

Filmes de proteína apresentam alta sensibilidade à água, sendo isso um ponto negativo desse material, podendo impedir sua ampla aplicação (TIAN *et al.*, 2018). O pó de casca de ovo é um material insolúvel em água e pode proporcionar blendas menos solúveis, e esse controle na solubilidade dos filmes pode oferecer vantagens para uso em indústrias de alimentos, agrícolas e farmacêutica (PRABHAKAR; REHAMAN SHAH; SONG, 2016). Em filmes de isolado de proteína de soja, os resultados obtidos mostram que a adição de pectina não altera significativamente a solubilidade e a permeabilidade dos filmes (AMADO; SILVA; MAURO, 2019).

Tabela 6 - Umidade, solubilidade e taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA).

Blendas	Umidade (%)	Solubilidade (%)	TPVA (g de água m ⁻² /dia)
Controle- SPI+PEC	3,12 ± 0,02 ^a	6,25 ± 0,39 ^a	14,80± 0,18 ^a
SPI+PEC/ESP/ α -TOC	4,35 ± 0,8 ^a	8,55 ± 0,94 ^a	9,04± 0,25 ^b
SPI+PEC/ESP	4,42 ± 0,3 ^a	5,3 ± 0,28 ^a	7,98± 0,18 ^b
SPI+PEC/ α -TOC	4,12 ± 0,6 ^a	8,0 ± 1,53 ^a	9,99± 0,14 ^b

*Resultados expressos em (média ± desvio padrão) ^{**a,b,c}. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$), de acordo com o teste de Scott-Knott.

Fonte: Da autora (2023).

Vários fatores podem influenciar a permeabilidade em filmes e blendas, e a hidrofiliabilidade dos compostos é um desses fatores. A hidrofiliabilidade pode afetar a reorganização da rede proteica, tornando-a menos densa, aumentando o volume livre e a tortuosidade da estrutura, ocorrendo a difusão da molécula de água e, com isso, a permeabilidade ao vapor de água (PVA) (AMADO; SILVA; MAURO, 2019).

Como apresentado na Tabela 6, foi observada diferença significativa entre as blendas. A blenda controle (SPI+PEC) foi a que apresentou maior TPVA, enquanto que as blendas (SPI+PEC/ESP/ α -TOC, SPI+PEC/ESP e SPI+PEC/ α -TOC) apresentaram as menores taxas de permeabilidade ao vapor de água, ou seja, maior barreira ao vapor de água, que diferiram significativamente com a blenda controle (SPI+PEC). A adição de ESP e α -tocoferol proporcionou às blendas a redução da taxa de permeabilidade ao vapor de água.

A alta taxa de permeabilidade ao vapor de água na blenda controle, quando comparada com as demais, ocorreu devido ao isolado de proteína de soja ser um composto hidrofílico, já nas outras blendas o que proporcionou uma menor taxa de permeabilidade foi a incorporação do ESP, que proporcionou às blendas um caminho tortuoso, impedindo a passagem de água no material; na blenda SPI+PEC/ α -TOC, o α -tocoferol pode ter proporcionado uma barreira na passagem do vapor de água e conseqüentemente reduzindo a taxa de permeabilidade ao vapor de água, ou seja, reduzindo a difusão.

A combinação de proteína de soja a materiais hidrofóbicos é uma alternativa eficaz para reduzir a permeabilidade ao vapor de água de filmes de proteína de soja (MONEDERO *et al.*, 2009). Muitos fatores podem influenciar a permeabilidade ao vapor de água, e a natureza hidrofílica dos compostos que torna a rede proteica menos densa é um deles, o que acaba afetando reorganização da rede e conseqüentemente causando um aumento no volume livre e a tortuosidade da estrutura, facilitando a difusão das moléculas de água e como conseqüência a permeabilidade ao vapor de água (AMADO; SILVA; MAURO, 2019).

4.5 Análise termogravimétrica (TGA)

A análise termogravimétrica foi realizada a fim de avaliar a estabilidade térmica dos compósitos das blendas de SPI/PEC com adição de ESP e acetato de α -tocoferol, como apresentados nos termogramas de TG e DTG, exibidos na Figura 9. O comportamento de degradação térmica consiste em três fases, sendo a primeira etapa a evaporação residual da umidade acerca de 150 °C; a segunda etapa ocorreu a degradação da proteína, pectina, glicerol, tocoferol e ESP, que ocorreu a partir da temperatura de 150 a 400 °C, mas especificamente a degradação do SPI ocorreu sob a temperatura acima de 250 a 400 °C, que corresponde à taxa máxima ($T_{m\grave{a}x}$) de decomposição dos polímeros e conseqüentemente perda de peso; a terceira etapa, que ocorreu nas temperaturas superiores a 400 °C, pode estar relacionada à degradação térmica dos compostos carbonáceos presentes nas blendas, que é observada a diferença na degradação térmica das blendas com e sem ESP, como observado na Figura 9, que a maior perda de massa ocorreu nas blendas que não continham ESP.

Pode ser observado na Figura 9 que as blendas que continham ESP apresentaram menor degradação térmica quando comparadas ao controle e SPI+PEC/ α -TOC; a adição do ESP possibilitou maior estabilidade térmica à matriz das blendas. Estudos, como o de PRABHAKAR *et al.* (2016) relacionados à adição de ESP a filmes, mostram que o pó de cascas de ovos possibilita uma melhora na estabilidade térmica dos compósitos. Como observado, pode-se afirmar que as blendas com a presença de ESP apresentam um aumento na estabilidade térmica, que pode ser atribuído à alta resistência ao calor das partículas ESP. Outros estudos relacionados à utilização de biocompósitos de pó de casca de ovos apresentaram o mesmo comportamento na estabilidade térmica do material (PRABHAKAR; REHAMAN SHAH; SONG, 2016; WU *et al.*, 2020).

Os resultados da Tabela 7 mostram que as blendas com casca de ovos tiveram menor degradação térmica quando comparadas com as demais blendas, restando mais resíduos ao final da análise; a blenda SPI+PEC/ α -TOC foi a que obteve maior degradação ao longo do aumento da temperatura, seguida da blenda controle. A maior degradação térmica ocorreu em temperaturas superiores a 150 °C, que mostrou a degradação dos materiais das blendas; o pó de casca de ovo possibilitou uma redução nessa degradação, como pode ser observado abaixo.

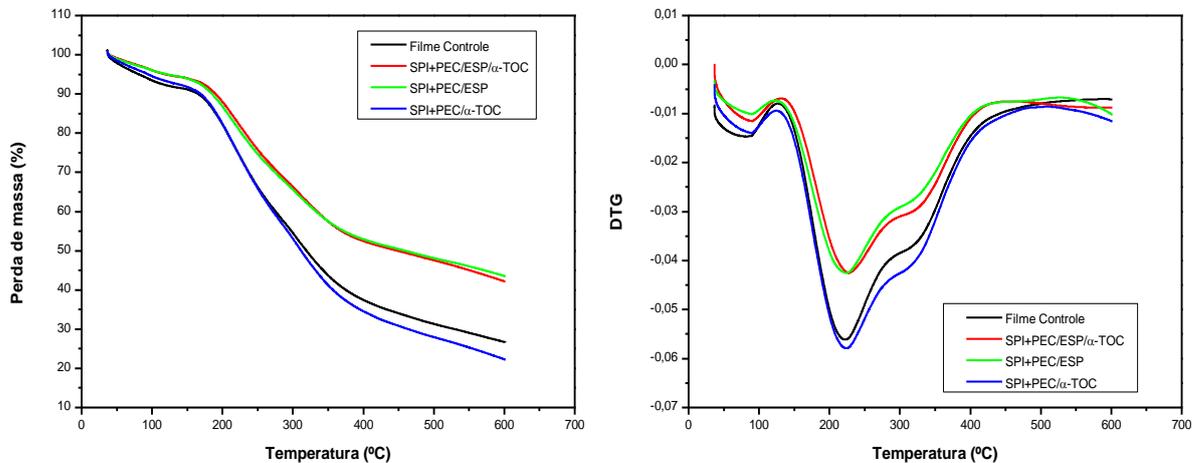
Tabela 7 - Temperatura de início da degradação em °C (Ti), temperatura na taxa máxima de degradação em °C (Tm), perda de peso em % (Wp) e resíduo.

Blendas	Ti 1	Tm 1	Wp 1	Ti 2	Tm 2	Wp 2	Ti 3	Tm 3	W 3	Resíduo
SPI+PEC	37	158	9	159	532	60	548	-	2	27
SPI+PEC/ESP/ α -TOC	40	148	6	148	403	42	416	-	9	43
SPI+PEC/ESP	38	145	6	147	490	45	491	-	5	44
SPI+PEC/ α -TOC	38	154	8	157	498	63	498	-	5	24

Tratamentos: Filés frescos crus; Filés fritos sem revestimentos: Filés fritos S/Reves; Filés fritos revestidos com SPI+PEC/ESP/ α -TOC: Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC; Filés fritos revestidos com SPI+PEC/ESP: Reves-SPI+PEC/ESP e Filés fritos revestidos com SPI+PEC/ α -TOC.

Fonte: Da autora (2023).

Figura 9 - Análise termogravimétrica de blendas de SPI e PEC com adição de ESP e acetato de α -tocoferol. Blenda controle SPI+PEC, Blenda-SPI+PEC/ESP/ α -TOC, Blenda-SPI+PEC/ESP e Blenda-SPI+PEC/ α -TOC. Curvas TG e DTG.



Fonte: Da autora (2023).

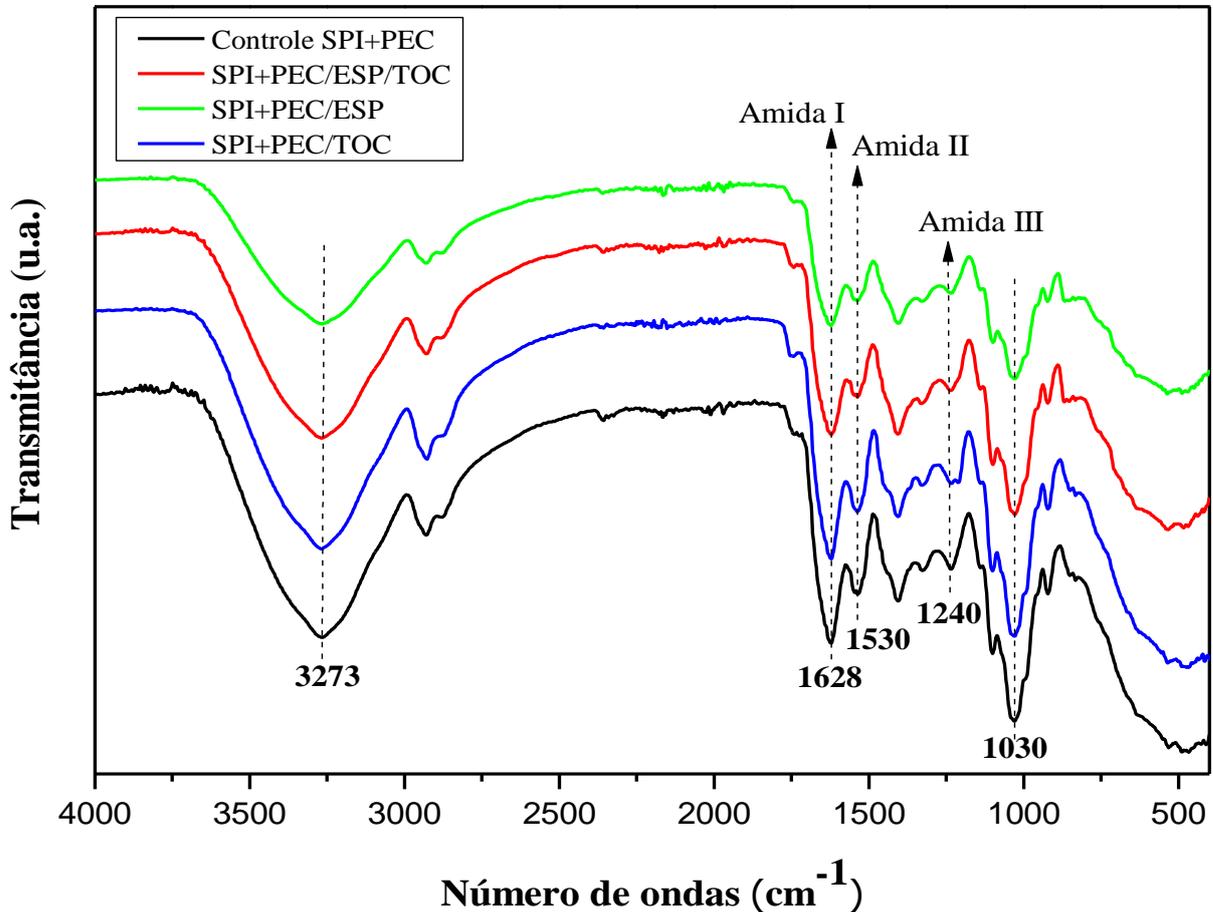
4.6 FTIR

A análise dos espectros de FTIR foi realizada a fim de determinar a interação entre a matriz da SPI+PEC, o α -tocoferol e as partículas de ESP. Os picos podem ser observados na Figura 10. Neste estudo, nas blendas controle (SPI+PEC; SPI+PEC/ESP/ α -TOC; SPI+PEC/ESP e SPI+PEC α -TOC) foram encontrados 3 picos com maior intensidade, próximos de 1030 cm^{-1} , 1628 cm^{-1} e 3273 cm^{-1} , como mostrados na Figura 10. O primeiro pico representado em 1030 cm^{-1} trata-se do plastificante glicerol, o espectro de FTIR do SPI

apresentou picos característicos de proteínas, sendo eles: banda amida I, localizado em 1628 cm^{-1} , normalmente associado ao grupo carbonílica; em seguida pode ser observado um segundo pico, que está relacionado à banda amida II, que corresponde ao dobramento de NH que está no pico 1530 cm^{-1} ; e banda III em 1240 cm^{-1} , que se refere ao alongamento de CN e flexão de NH. O mesmo comportamento foi relatado por Garrido *et al.* (2016). A banda observada entre a faixa de $3500\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ é relacionada ao alongamento das ligações O-H e N-H, que permitem a formação de ligações de hidrogênio. Os espectros de FTIR de todas as amostras desse pico estão localizados especificamente no pico de 3273 cm^{-1} (FERREIRA *et al.*, 2021b).

A banda de absorção de carbonato pode ser observada em 861 cm^{-1} para as blendas que continham ESP, outro pico referente à absorção de carbonato pode ser observado próximo a 1428 cm^{-1} , que confirma a presença de CaCO_3 em pó de casca de ovo; o mesmo pode ser observado nos estudos de PRABHAKAR; REHAMAN SHAH; SONG (2016). Os dados apresentados confirmam a presença do CaCO_3 em pó de casca de ovos, e as intensidades das bandas indicam boa interação entre a matriz das blendas e o ESP.

Figura 10 - Espectros FTIR de blendas de SPI e PEC com adição de ESP e acetato de α -tocoferol. Blenda controle SPI+PEC, Blenda SPI+PEC/ESP/ α -TOC, Blenda SPI+PEC/ESP e Blenda SPI+PEC/ α -TOC. Curvas TG e DTG.



Fonte: Da autora (2023).

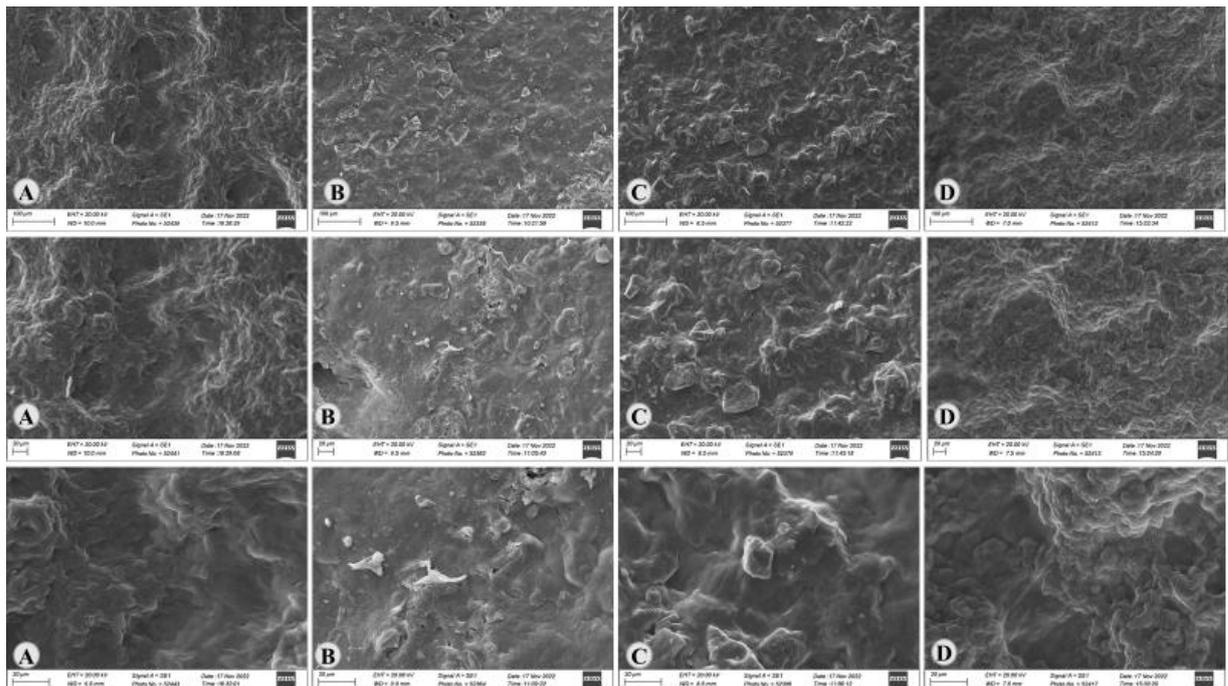
4.7 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A Figura 11 mostra a morfologia da superfície de compósitos das blendas de SPI+PEC e adição de cascas de ovos (ESP) e tocoferol. As blendas que não continham ESP apresentaram uma estrutura parecida em camadas, já as blendas com ESP (B e C) possibilitaram uma estrutura mais homogênea, mesmo sendo observados pequenos fragmentos, possivelmente de cascas de ovos.

A Figura 11 (A) mostra a fotografia da superfície da blenda controle em diferentes aumentos, em que é possível observar que sua estrutura apresentou uma heterogeneidade e profundidade nas imagens aparentemente em camadas. O mesmo comportamento foi observado na blenda- SPI+PEC/ α -TOC, mostrada na mesma figura, nomeada como (D); a presença do tocoferol aparentemente reduziu a formação de camadas. Já as blendas da mesma figura

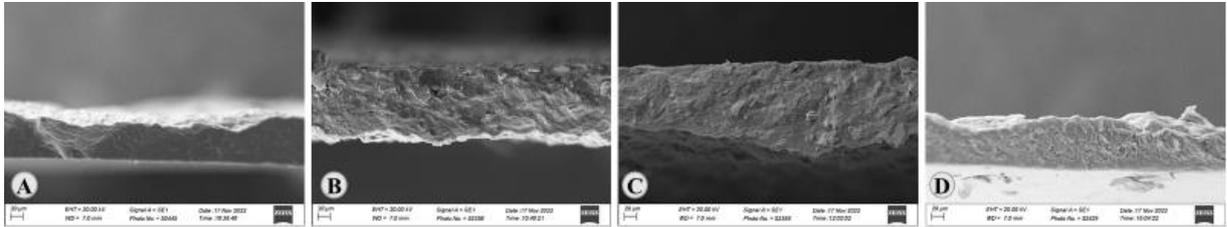
nomeadas como (B) SPI+PEC/ESP/ α -TOC e (C) SPI+PEC/ESP, que foram as com ESP, tiveram uma superfície mais homogênea sem a presença de camadas sobre a superfícies, sendo possível observar pequenos fragmentos e estrutura granular na superfície devido às cascas de ovos na matriz das blendas. Esses resultados mostram que o ESP apresentou boa incorporação na matriz das blendas, que pode ser devido à presença de alguns componentes presentes no pó de cascas de ovos, como colágeno, proteínas e polissacarídeos sulfatados (PRABHAKAR; REHAMAN SHAH; SONG, 2016), possibilitando uma superfície mais ordenada, plana e homogênea nas blendas, enquanto que as blendas controle e SPI+PEC/ α -TOC formaram superfícies heterogêneas. Este resultado foi consistente com outros estudos sobre a incorporação do ESP à matriz de compósitos de filmes, como os trabalhos de (WU *et al.*, 2020). Nas imagens das blendas com ESP, é possível observar os fragmentos de pó de casca de ovos, isso explica a redução da taxa de permeabilidade das blendas com ESP, e essa redução foi proporcionada devido ao caminho tortuoso que o pó de casca de ovo criou, dificultando ou impedindo a passagem de água nas blendas, melhorando a permeabilidade. A imagens da Figura 12 mostram as superfícies transversais das blendas.

Figura 11 - Micrografia da imagem MEV das blendas de SPI+PEC com diferentes aumentos, primeira linha de fotos referentes ao aumento 345x, segunda 512x e terceira 1500x. A) Controle- SPI+PEC, B) SPI+PEC/ESP/ α -TOC, C) SPI+PEC/ESP e D) SPI+PEC/ α -TOC.



Fonte: Da autora (2023).

Figura 12 - Micrografia da imagem MEV das seções transversais das blendas de SPI+PEC com aumento de 512x. A) Controle- SPI+PEC, B) SPI+PEC/ESP/ α -TOC, C) SPI+PEC/ESP e D) SPI+PEC/ α -TOC.



Fonte: Da autora (2023).

4.8 Caracterização dos filés

4.8.1 Determinação do teor de lipídios e umidade

De acordo com a Tabela 8, é possível inferir-se que as amostras de filés fritos sem revestimento e com o revestimento SPI+PEC/ α -TOC foram as que obtiveram maior percentagem de teor lipídico acima dos 13% e não tiveram diferenças significativas; também não diferiram do tratamento Reves-SPI+PEC/ESP, que apresentou 12,58% no teor de lipídios; já o tratamento Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC obteve 9,47% e diferiu significativamente dos demais. O tratamento Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC foi o que obteve o menor teor de lipídio e teve diferença significativa com todos os outros submetidos à fritura; durante o processo de fritura esse tratamento foi o que melhor minimizou a migração de óleo durante a fritura para os filés de tilápia.

Esse resultado indica que as soluções SPI+PEC/ESP/ α -TOC, SPI+PEC/ESP e SPI+PEC/ α -TOC foram capazes de reduzir o teor de lipídios no pescado frito, quando comparado aos filés fritos sem revestimentos, e o melhor tratamento para obter essa redução foi o tratamento Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC; logo, foi o que absorveu menos óleo durante a fritura, abaixo dos 10%. Essa amostra foi a que obteve teor lipídico mais próximo do peixe fresco. Entre os tratamentos, houve diferença significativa ($p < 0,05$) no teor lipídico dos filés frescos e submetidos à fritura com diferentes revestimentos. Ou seja, revestimentos mostraram capacidade de reduzir a passagem e absorção de óleo nos filés submetidos à fritura, quando relacionados à umidade, houve um maior teor nos filés revestidos do que nos filés fritos sem revestimento. A taxa de permeabilidade de vapor de água das blendas proporcionou uma redução na transferência de água do pescado para o óleo durante a fritura, mantendo a umidade nos filés após a fritura.

Em estudos realizados por He, Franco e Zhang, (2015) foi possível observar que revestimentos de hidrolisado de proteína de peixe aplicados em peixes fritos reduziram a absorção de gordura de cerca de 7% para cerca de 4,5%, e a absorção de gordura de bolos de peixes fritos de cerca de 11% para cerca de 1%. Revestimentos de isolado de proteína de soja foram capazes de reduzir o teor de lídios em batatas fritas, e revestimentos de isolado proteico de soro reduziram a gordura em tiras de peito de frango submetidos à fritura (AMINLARI; RAMEZANI; KHALILI, 2005; DRAGICH; KROCHTA, 2010).

Tabela 8 - Teor lipídico das amostras, determinado pelo método de Soxhlet, expresso em percentagem.

Amostras	Lipídios (%)	Umidade (%)
Filés frescos crus	5,34± 2,73 ^c	77,00± 0,60 ^a
Filés fritos S/Reves	15,18± 4,11 ^a	60,00± 4,36 ^c
Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC	9,91 ± 0,88 ^b	67,50± 0,62 ^b
Reves-SPI+PEC/ESP	12,58 ± 1,44 ^a	67,10± 1,74 ^b
Reves- SPI+PEC/ α -TOC	13,23 ± 2,50 ^a	67,10± 0,39 ^b

*Resultados expressos em (média ± desvio padrão). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$), de acordo com o teste de Scott-Knott.

Fonte: Da autora (2023).

Quanto à umidade dos filés, na tabela acima encontram-se descritos os valores obtidos do teor de umidade (%) dos diferentes tratamentos, nos quais é possível observar a perda de água pela exsudação durante o processo de fritura, principalmente no tratamento dos filés fritos sem revestimento. Os percentuais de umidade dos tratamentos de filés de tilápia crus e fritos com e sem revestimentos se situaram entre 59 e 77%. Normalmente, os peixes de água doce possuem percentagem de teor de umidade entre 70 e 85% (YEANNES; ALMANDOS, 2003).

Geralmente, em alimentos fritos há migração de água do alimento para o óleo durante a fritura e conseqüentemente redução de suculência. Na tabela, foi possível observar que as amostras revestidas tiveram maiores valores no teor de umidade quando comparadas com os filés fritos sem revestimento, não sendo superiores ao teor de umidade do tratamento dos filés frescos crus. Com isso, podemos concluir que as blendas tiveram eficiência sobre a permeabilidade ao vapor de água nos filés revestidos, impedindo a transferência de umidade dos filés para o óleo durante a fritura, ou seja, esses revestimentos podem atuar como barreiras à perda de umidade.

4.8.2 Ácidos graxos

A estrutura lipídica pode conter tanto ligações saturadas como insaturadas. As gorduras insaturadas são divididas em monoinsaturadas e poli-insaturadas, ou gorduras trans, que podem ser prejudiciais à saúde. Nos óleos vegetais podem ser encontradas as gorduras poli-insaturadas, como nos óleos de soja, milho, canola, girassol, gordura de coco, castanha e outros, e nos óleos de peixe e linhaça pode ser encontrado ômega-3. No organismo não são sintetizados os ácidos graxos trans, que é resultado de um processo de hidrogenação (STACKE *et al.*, 2009). Os teores de ácidos graxos saturados e insaturados, expressos em % de área de pico, são determinados nos diferentes tratamentos, filés frescos crus, filés fritos sem revestimento, filés Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC, Reves-SPI+PEC/ESP e Reves-SPI+PEC/ α -TOC.

Para averiguar se os revestimentos tiveram influência nos ácidos graxos durante o processo de fritura, equiparam-se os resultados dos filés de tilápia fritos sem revestimento com as amostras que o têm. Foi possível observar na Tabela 9 que os tratamentos de filés de tilápia revestidos com os tratamentos Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC e Reves-SPI+PEC/ α -TOC foram capazes de reduzir os ácidos graxos saturados após a fritura. Quanto aos ácidos graxos poli-insaturados, o tratamento Reves-SPI+PEC/ α -TOC foi o que obteve os maiores valores.

Os ácidos graxos palmítico (C16:0), oleico (C18:1 n9c) e linoleico (C18:2n6c) aumentaram drasticamente devido à presença do óleo de soja utilizado na fritura, e isso é observado quando se compra o tratamento dos filés frescos crus com os tratamentos de filés fritos sem revestimentos e fritos revestidos. Entre os tratamentos fritos, o que teve menor C16:0 foi o tratamento Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC (6,7404%), e o que teve maior foi o tratamento Reves-SPI+PEC/ α -TOC (8,3085%), superior à amostra sem revestimento com cerca de 7,5237%.

Para o C18:1 n9c, o tratamento com menor percentagem foi o Reves-SPI+PEC/ESP (3,2719%), igualmente como no resultado anterior foram as amostras do tratamento Reves-SPI+PEC/ α -TOC, que obtiveram o maior valor (4,1420%), superior ao tratamento frito sem revestimento (3,4402%). No caso do C18:2n6c, o tratamento Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC teve uma redução drástica quando comparado aos outros, com 17,9769%, e novamente o Reves-SPI+PEC/ α -TOC obteve a maior valor para a presença de C18:2n6c, com 36,4591%, superior até mesmo ao tratamento frito sem revestimento, levando a crer que o tratamento Reves-SPI+PEC/ α -TOC foi o que mais absorveu os ácidos graxos do óleo de soja da fritura.

De acordo com Wilson (2014), a composição média de ácidos graxos do óleo de soja é predominante 10% de ácido palmítico (C16:0); 4% de ácido esteárico (C18:0); 22% de ácido

oleico [C18:1(D9)]; 54% de ácido linoléico [C18:2 (D9, 12)]; e 10% de ácido linolênico [C18:3 (D9, 12, 15)], existindo fatores, como a temperatura, que podem ter influência no perfil de ácidos graxos.

Os resultados também mostram a presença de ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 nas amostras fritas de tilápia nilótica. Ácidos graxos ômega-3 e eicosapentaenoico (C20:5n3) foram encontrados nos tratamentos de filés fritos S/Reves (0,0069%) e Reves-SPI+PEC/ESP (0,0065%), em pequenas porcentagens, enquanto que os ácidos graxos ômega-6 e ácido gama-linolênico (C18:3n6) em porcentagens semelhantes em todos os tratamentos, próximas a (0,25%), e ácido araquidônico (C20:4n6) que apresentou maior quantidade nos tratamentos Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC (0,1418% e Reves- SPI+PEC/ α -TOC (0,1494%), superiores aos outros tratamentos fritos e inferiores ao tratamento de filés frescos crus, que também estavam presentes.

Tabela 9 - Perfil de ácidos graxos dos filés de tilápia crus e fritos sem e com revestimentos (Continua).

Ácidos graxos (% de área de pico)	TRATAMENTOS				
	Filés frescos crus	Filés fritos S/Reves	Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC	Reves-SPI+PEC/ESP	Reves-SPI+PEC/ α -TOC
Saturados (AGS)					
Butírico (C4:0)	2,8437	-	2,8889	9,5922	1,2289
Caproico (C:6:0)	11,3884	15,5103	9,5961	10,6521	7,6002
Cáprico (C10:0)	0,3803	0,0267	0,0669	0,0228	0,3932
Láurico (C12:0)	-	0,0182	-	-	-
Mirístico (C14:0)	-	0,3339	0,2704	0,2696	0,3607
Palmítico (C16:0)	1,2874	7,5237	6,7404	7,1760	8,3085
Heptadecanoico (C17:0)	-	0,0537	0,0440	0,0558	-
Esteárico (C18:0)	0,3847	4,215	-	-	4,1006
Araquídico (C20:0)	0,1296	0,6519	0,5484	0,3033	0,3274
Beénico (C22:0)	-	0,3483	0,2538	0,2914	0,3962
ΣAGS	16,41	28,68	20,41	28,36	22,72
Monoinsaturados (AGM)					
Miristoleico (C14:1)	-	0,0181	0,0126	0,022	-
Palmitoleico (C16:1)	0,2203	0,7761	0,6130	0,7104	0,8759
Oleico (C18:1 n9c)	0,4572	3,4402	3,4381	3,2719	4,1420

Tabela 9 - Perfil de ácidos graxos dos filés de tilápia crus e fritos sem e com revestimentos (Conclusão).

Ácidos graxos (% de área de pico)	TRATAMENTOS				
	Filés frescos crus	Filés fritos S/Reves	Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC	Reves-SPI+PEC/ESP	Reves-SPI+PEC/ α -TOC
Monoinsaturados (AGM)					
Elaídico (C18:1 n9t)	33,9243	33,7556	32,057	36,6151	33,3282
Eicosenoico (C20:1n9)	0,1557	-	-	0,1976	0,3199
Erúcico (C22:1n9)	-	-	-	-	-
Nervônico (C24:1n9)	2,281	0,1815	0,5077	0,1404	0,4042
ΣAGM	37,03	38,17	36,63	40,96	34,93
Poli-insaturado (AGPI)					
Linoleico (C18:2n6c)	-	31,6346	17,9769	29,8496	36,4591
γ - Linolênico (C18:3n6)	0,2362	0,23	0,248	0,2092	0,2799
α - Linolênico (C18:3n3)	1,0673	0,1323	0,1041	0,1605	0,1357
Eicosatrienoico (C20:3n3)	-	-	0,642	0,6646	0,1891
Araquidônico (C20:4n6)	0,6793	0,1357	0,1418	0,102	0,1494
Eicosapentaenoico (C20:5n3)	-	0,0069	-	0,0065	-
ΣAGP	1,98	32,14	19,11	30,99	37,21
Σ ácidos graxos totais	55,42	98,99	76,15	100,31	94,86

Tratamentos: Filés frescos crus; Filés fritos sem revestimentos: Filés fritos S/Reves; Filés fritos revestidos com SPI+PEC/ESP/ α -TOC: Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC; Filés fritos revestidos com SPI+PEC/ESP: Reves-SPI+PEC/ESP e Filés fritos revestidos com SPI+PEC/ α -TOC.

Fonte: Da autora (2023).

Com relação ao total de ácidos graxos saturados, o tratamento dos filés frescos crus obteve 16,41%, enquanto que é possível observar um aumento nos ácidos graxos saturados totais nos filés revestidos submetidos à fritura. Como apresentado na Tabela 7, o tratamento que obteve a maior percentagem de AGS foram os filés fritos S/Reves e Reves-SPI+PEC/ESP, notando-se que os revestimentos com α -tocoferol reduziram os ácidos graxos saturados nos tratamentos, como no caso do Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC, com 20,41%, e Reves-SPI+PEC/ α -TOC, com 22,72%.

Considerando o total de ácidos graxos monoinsaturados, foi observada uma redução no tratamento Reves-SPI+PEC/ α -TOC, menor resultado entre todos os tratamentos de filés fritos, apresentando 34,93% de ácidos graxos monoinsaturados. Enquanto que os tratamentos filés

fritos S/Reves, Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC e Reves-SPI+PEC/ESP apresentaram 38,17%, 38,17% e 40,96%, respectivamente.

O total de ácidos graxos poli-insaturados em filés dos tratamentos fritos foi superior ao tratamento de filés frescos crus, sendo o Reves-SPI+PEC/ α -TOC o que apresentou 37,21%, a maior percentagem de ácidos graxos poi-insaturados. Esse aumento no total de ácidos graxos poli-insaturados nos tratamentos submetidos à fritura possivelmente seja decorrente da incorporação do óleo de soja. No tratamento Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC é possível observar uma redução nos ácidos graxos poli-insaturados, que obteve o menor resultado entre os tratamentos fritos (19,11%), isso podendo ser explicado devido a esse revestimento ter funcionado como barreira à migração de óleo nos filés desse tratamento, mostrando na Tabela 6 que o teor de lipídios no Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC obteve diferença significativa com os demais resultados.

No contexto ácidos graxos totais, o tratamento Reves-SPI+PEC/ESP foi o que se sobrepôs em ácidos graxos, com percentagem superior a todos os tratamentos (100,31%), enquanto que o tratamento Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC apresentou a menor (76,15%). Os ácidos graxos insaturados devem-se à presença do óleo que durante a fritura é absorvido pela matriz do peixe, nomeadamente, o ácido oleico e linoleico. Ressalta-se, ainda, a presença de ácidos graxos relevantes para a saúde, como o oleico, linolênico, araquidônico e o da série ômega-3 eicosapentaenoico (EPA). De acordo com a FAO (1980), a quantidade média diária de consumo de ácido α -linolênico (C18:3 n-3) na dieta de humanos é de 0,5% do total da energia exigida por dia.

Um recente estudo sobre fritura de Tilápia do Nilo em óleo de palma mostrou que foram encontradas maiores quantidades (porcentagem) de ácido palmítico, estearato de metila e ácido mirístico em comparação com o restante dos ácidos graxos. Nesse estudo, as quantidades variaram de 31,2 a 36,87% de ácido palmítico, 4,67 a 4,90% de estearato de metila e 1,78 a 2,30% de ácido metílico. Os autores concluíram nesses experimentos que a fritura dos peixes em óleo de palma fresco é rica em ácidos graxos essenciais e ácidos graxos cis (ZULA; DESTA; WILLIS, 2021).

Um estudo sobre a utilização de diferentes revestimentos em cavala para a fritura mostra que revestimentos de alginato apresentaram os maiores valores de ácidos gordos tanto saturados como insaturados ou polinsaturados, e que a quantidade elevada dos ácidos insaturados, que foi de 36,33 ug/mg, deu-se pela presença do óleo de fritura e conseqüentemente absorção desse no peixe (TAVARES, 2020). Ou seja, os tratamentos que tiveram menos ácidos graxos insaturado

foram os que absorveram menos óleo e conseqüentemente menor percentagens desses ácidos graxos.

4.8.3 Determinação do índice de ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A análise de TBARS foi realizada para determinar a presença de malonaldeído (MDA) e outros aldeídos não decorrentes do processo de degradação de lipídios como o acetaldeído e a reação de Maillard.

Na Tabela 10 encontra-se o índice médio de ácido tiobarbitúrico das amostras em malonaldeído por kg de amostra. Os tratamentos dos filés revestidos com Reves-SPI+PEC/ESP e Reves-SPI+PEC/ α -TOC foram os que apresentaram os menores valores de MDA (0,527 e 0,550 mg MDA.kg⁻¹, respectivamente), já as amostras dos tratamentos dos filés frescos crus, filés fritos sem revestimento e os filés Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC tiveram maior valor de oxidação de lipídios, sendo eles 0,697; 0,697; e 0,687; respectivamente, no entanto, entre todos os tratamentos não houve diferenças significativas. De acordo com Monteiro (2013), índices de até 1,59 mg MDA.kg⁻¹ de amostra são considerados baixos para serem percebidos em análise sensorial e pouco provável que cause mal à saúde do consumidor.

Diante dos resultados apresentados, a redução da oxidação de lipídios apresentou resultados não significativos que podem ser efeito da atividade antioxidante que não apresentou significância entre os tratamentos que continham tocoferol, ou seja, o antioxidante não teve efeito sobre a aplicação dos revestimentos nos filés de tilápia submetidos à fritura.

Tabela 10 - Índice médio de ácido tiobarbitúrico das amostras, determinado através do TBARS expresso em mg de malonaldeído por kg de amostra com os respectivos desvios padrão presentes nas amostras.

Amostras	TBARS
Filés frescos crus	0,697± 0,12 ^a
Filés fritos S/Reves	0,697± 0,01 ^a
Reves-SPI+PEC/ESP/ α -TOC	0,687± 0,20 ^a
Reves-SPI+PEC/ESP	0,527 ± 0,15 ^a
Reves- SPI+PEC/ α -TOC	0,550 ± 0,05 ^a

*Resultados expressos em (média ± desvio padrão) dos resultados de três ensaios independentes. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$), de acordo com o teste de Scott-Knott.

Fonte: Da autora (2023).

A oxidação de lipídios nos alimentos pode ser causada pela quantidade de lipídios e ácidos graxos presentes nos produtos (MURPHY *et al.*, 2004). A oxidação dos lipídios é um fator determinante de qualidade, sendo considerado um dos problemas que podem causar a redução da vida útil dos alimentos. Um estudo realizado, em que foi testada a fritura de filés de pirarucu pelo método de imersão a diferentes temperaturas, apontou que altas temperaturas causaram maior oxidação lipídica (VIEIRA *et al.*, 2018).

Em pescados, a oxidação pode ser acentuada quando há presença de ácidos graxos poli-insaturados e pigmentos heme, devido às rupturas das estruturas celulares que podem ser causadas pelos processos de separação mecânica, o que pode facilitar a interação dos pró-oxidantes, como os ácidos graxos insaturados presentes, proporcionando a geração de radicais livres e propagações das reações oxidativas (RUNDBLAD *et al.*, 2017).

5 CONCLUSÃO

A adição de pó de casca de ovos e acetato de α -tocoferol à matriz das blendas reduziu a taxa de permeabilidade ao vapor de água, como no caso das blendas SPI+PEC/ESP, SPI+PEC/ESP/ α -TOC e SPI+PEC/ESP/ α -TOC. Recomenda-se, então, o uso em alimentos com alta atividade de água. Na aplicação dos revestimentos em filés de tilápia submetidos à fritura, a redução na taxa de permeabilidade ao vapor de água mostrou que foi eficiente na umidade dos filés fritos, reduzindo a migração de água dos filés para o óleo. A análise termogravimétrica (TGA) apontou que as blendas SPI+PEC/ESP e SPI+PEC/ESP/ α -TOC tiveram menor perda de massa, mostrando que o ESP aumentou a estabilidade térmica e conseqüentemente reduziu a degradação térmica das blendas a altas temperaturas; a presença do cálcio CaCO_3 foi observada no FTIR, sendo um dos principais componentes do pó de casca de ovos e que proporcionou melhor degradação térmica às blendas. Na microscopia eletrônica de varredura foi possível analisar a superfície das blendas, em que foram observados fragmentos de ESP, que possivelmente proporcionaram aos revestimentos melhor taxa de permeabilidade ao vapor de água, impedindo a transferência de umidade do alimento para o óleo e, conseqüentemente, reduzindo a migração de óleo para os filés. Os revestimentos SPI+PEC/ESP/ α -TOC, SPI+PEC/ESP e SPI+PEC/ESP/ α -TOC funcionaram como barreira à migração de lipídios do óleo para os filés de tilápia. No entanto, o tratamento que melhor reduziu o teor lipídico foi o revestimento SPI+PEC/ESP/ α -TOC. Sendo assim, a incorporação do pó de casca de ovo e do α -tocoferol foi eficiente e mostra que ambos podem ser utilizados para essa finalidade em revestimentos de isolado de proteína de soja e pectina. Portanto, os revestimentos fornecem boa barreira à perda de umidade e, conseqüentemente, reduzem a migração de lipídios nos filés de tilápia durante o processo de fritura, ou seja, reduzem a quantidade de óleo no alimento frito, tornando-o menos prejudicial à saúde.

Diante das vantagens e limitações dos componentes dos revestimentos, a combinação desses materiais é uma opção viável para melhorar as propriedades dos revestimentos.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, B. M. A. *et al.* Reducing fat uptake during deep-frying of minced chicken meat-balls by coating them with different materials, either alone or in combination. **Italian Journal of Food Science**, [Pinerolo], v. 23, n. 3, p. 331-337, Jan. 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/288581649_Reducing_fat_uptake_during_deep-frying_of_minced_chicken_meat-balls_by_coating_them_with_different_materials_either_alone_or_in_combination. Acesso em: 20 jul. 2022.
- AMADO, L. R.; SILVA, K. DE S.; MAURO, M. A. Effects of interactions between soy protein isolate and pectin on properties of soy protein-based films. **Journal of Applied Polymer Science**, [Hoboken], v. 137, n. 21, Nov. 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/app.48732>. Acesso em: 05 jun. 2022.
- AMINLARI, M.; RAMEZANI, R.; KHALILI, M. H. Production of protein-coated low-fat potato chips. **Food Science and Technology International**, [London], v. 11, n. 3, p. 177–181, June 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/249667374_Production_of_Protein-Coated_Low-Fat_Potato_Chips. Acesso em: 27 dez. 2022.
- AMORIM, M. J. *et al.* **Fritadeiras a ar não são solução mais saudável**. Deco proteste, 2 de julho de 2018. Disponível em: <https://www.deco.proteste.pt/eletrodomesticos/equipamentos-cozinha/noticias/fritadeiras-a-ar-naosao-solucao-mais-saudavel>. Acesso em: 17 jan. 2022.
- ANANEY-OBIRI, D. *et al.* Application of protein-based edible coatings for fat uptake reduction in deep-fat fried foods with an emphasis on muscle food proteins. **Trends in Food Science & Technology**, [London], v. 80, p. 167–174, Oct. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224418302565>. Acesso em: 20 jul. 2022.
- ANGOR, M. M. Reducing fat content of fried potato pellet chips using carboxymethyl cellulose and soy protein isolate solutions as coating films. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 8, n. 3, p. 162-168, Feb. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/295549532_Reducing_Fat_Content_of_Fried_Potato_Pellet_Chips_Using_Carboxymethyl_Cellulose_and_Soy_Protein_Isolate_Solutions_as_Coating_Films. Acesso em: 17 jan. 2022.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 21th ed. Gaithersburg: AOAC, 2019.
- ASTM. **Standard test methods for moisture content of paper and paperboard by oven drying**. ASTM, 1994. p. D644-D694.
- AZEREDO, H. M. C.; WALDRON, K. W. Crosslinking in polysaccharide and protein films and coatings for food contact – A review. **Trends in Food Science & Technology**, [London], v. 52, p. 109–122, June 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224415300418>. Acesso em: 30 jan. 2022.

BAGHDADI, M. *et al.* The effect of high-density polyethylene active packages containing rosemary extract powder on oxidative stability of sunflower oil. **Journal of Food Measurement and Characterization**, [New York], v. 13, n. 4, p. 2910–2920, July 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-019-00212-6>. Acesso em: 30 jan. 2022.

BALAN, G. C. **Elaboração e aplicação de filme a base de amido na conservação de queijo tipo mussarela**. 2013. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

BARBOSA-PEREIRA, L. *et al.* Development of antioxidant active films containing tocopherols to extend the shelf life of fish. **Food Control**, [Oxford], v. 31, n. 1, p. 236–243, May 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713512005361>. Acesso em: 09 mar. 2022.

BATISTA, E. DA S.; COSTA, A. G. V.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Adição da vitamina E aos alimentos: implicações para os alimentos e para a saúde humana. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 20, n. 5, p. 525–535, out. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/7svXx6XyTHW7vPPDJRtWcvL/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2022.

BEGALI, D. DE O. **Blendas poliméricas ativas de amido/ pectina/micropartícula de lignina por casting e extrusão termoplástica Lavras - MG**. 2020. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2020.

BERMÚDEZ-ORIA, A. *et al.* Effect of edible pectin-fish gelatin films containing the olive antioxidants hydroxytyrosol and 3, 4-dihydroxyphenylglycol on beef meat during refrigerated storage. **Meat Science**, [Oxford], v. 148, p. 213–218, Feb. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174018303048>. Acesso em: 30 jan. 2022.

BEZERRA, S. *et al.* **Criação de tilápia em tanques**. Sebrae, 2014. p. 1–28.

BØRRESEN, T. Coating of fish fillets. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, [Binghamton], v. 26, n. 4, Apr. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318251465_Coating_of_Fish_Fillets. Acesso em: 30 jan. 2022.

BRANNAN, R. G. *et al.* Influence of ingredients that reduce oil absorption during immersion frying of battered and breaded foods. **European Journal of Lipid Science and Technology**, [Weinheim], v. 116, n. 3, p. 240–254, Oct. 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ejlt.201200308>. Acesso em: 20 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria n° 185, de 13 de maio de 1997. Regulamenta a resolução Mercosul GMC n°40/94, que aprovou o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco (Inteiro e Eviscerado). MS. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.

CIANNAMEA, E. M.; STEFANI, P. M.; RUSECKAITE, R. A. Physical and mechanical properties of compression molded and solution casting soybean protein concentrate based films. **Food Hydrocolloids**, [Oxford], v. 38, p. 193–204, July 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X13003974>. Acesso em: 23 jan. 2022.

DANGARAN, K.; TOMASULA, P. M.; QI, P. Edible films and coatings for food applications. **Edible Films and Coatings for Food Applications**, 2009. p. 25–56.

DAUPHIN, Y. *et al.* Microstructure and chemical composition of giant avian eggshells. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, [Heidelberg], v. 386, n. 6, p. 1761–1771, Nov. 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17031626/>. Acesso em: 09 mar. 2022.

DRAGICH, A. M.; KROCHTA, J. M. Whey protein solution coating for fat-uptake reduction in deep-fried chicken breast strips. **Journal of Food Science**, [Malden], v. 75, n. 1, p. S43–S47, Jan. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20492201/>. Acesso em: 10 out. 2022.

DSM NUTRITIONAL PRODUCTS LTD. Product Information. **Product Data Sheet dl- α -Tocopheryl Acetate**. 2015. 4 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja em números (safra 2021/22)**. Embrapa, junho de 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 30 dez. 2022.

FENG, X.; BANSAL, N.; YANG, H. Fish gelatin combined with chitosan coating inhibits myofibril degradation of golden pomfret (*Trachinotus blochii*) fillet during cold storage. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 200, p. 283–292, June 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616300309>. Acesso em: 30 jan. 2022.

FERREIRA, L. F. *et al.* Active coatings of thermoplastic starch and chitosan with alpha-tocopherol/bentonite for special green coffee beans. **International Journal of Biological Macromolecules**, [Amsterdam], v. 170, n. 1, p. 810–819, Feb. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33385457/>. Acesso em: 05 maio 2022.

FERREIRA, L. F. *et al.* Characterization of cassava starch_soy protein isolate blends obtained by extrusion and thermocompression. **Industrial Crops and Products**, [Amsterdam], v. 160, n. 3, p. 1–20, Feb. 2021b. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347177205_Characterization_of_cassava_starchsoy_protein_isolate_blends_obtained_by_extrusion_and_thermocompression. Acesso em: 05 maio 2022.

FERREIRA, M. W. *et al.* Efeito dos métodos de cocção sobre a composição química e perfil lipídico de filés de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1757). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 798–803, jun. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/4g4LtVLz3gWgvPXYrvmY3wG/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 24 jul. 2022.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal Biological Chemistry**, [New York], v. 226, n. 1, p. 497-509, May 1957. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13428781/>. Acesso em: 05 jul. 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Cultured Aquatic Species Information Programme: *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). **FAO Fisheries and Aquaculture Department**, v. 59, n. 1, p. 121–124, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273382293_Cultured_Aquatic_Species_Information_Programme_Oreochromis_niloticus. Acesso em: 22 jan. 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **O Estado da Pesca e Aquicultura Mundial 2022**. Towards Blue Transformation. Roma: FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc0461en/online/sofia/2022/world-fisheries-aquaculture.html>. Acesso em: 28 jan. 2023.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación**. Las grasas y aceites en la nutrición humana. Roma: FAO, 1980. 108 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Relatório destaca o crescente papel do peixe na alimentação mundial**. Roma: FAO, 2012. Disponível em <http://www.fao.org/news/story/pt/item/232037/icode/>. Acesso em: 10 jun. 2022.

GARRIDO, T. *et al.* Characterization of agar/soy protein biocomposite films: Effect of agar on the extruded pellets and compression moulded films. **Carbohydrate Polymers**, [Oxford], v. 151, p. 408–416, Oct. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861716306233>. Acesso em: 10 maio 2022.

GHASEMLOU, M.; KHODAIYAN, F.; OROMIEHIE, A. Physical, mechanical, barrier, and thermal properties of polyol-plasticized biodegradable edible film made from kefiran. **Carbohydrate Polymers**, [Oxford], v. 84, n. 1, p. 477–483, Feb. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861710009732>. Acesso em: 15 maio 2022.

GONÇALVES, S. M. *et al.* Structure and functional properties of cellulose acetate films incorporated with glycerol. **Carbohydrate Polymers**, [Oxford], v. 209, p. 190–197, Apr. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861719300463>. Acesso em: 10 maio 2022.

GONZÁLEZ, A. *et al.* Preparation and characterization of soy protein films reinforced with cellulose nanofibers obtained from soybean by-products. **Food Hydrocolloids**, [Oxford], v. 89, p. 758–764, Apr. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X18314206>. Acesso em: 23 jul. 2022.

- GONZÁLEZ, A.; ALVAREZ IGARZABAL, C. I. Nanocrystal-reinforced soy protein films and their application as active packaging. **Food Hydrocolloids**, [Oxford], v. 43, p. 777–784, Jan. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X14002847>. Acesso em: 29 jan. 2022.
- HAMMANN, F.; SCHMID, M. Determination and quantification of molecular interactions in protein films: A review. **Materials**, [Basel], v. 7, n. 12, p. 7975–7996, Dec. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28788285/>. Acesso em: 07 fev. 2022.
- HAN, J. H. **Innovations in food packaging**. 2nd ed. San Diego: Elsevier, 2013.
- HASSAN, B. *et al.* Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, [Amsterdam], v. 109, p. 1095–1107, Apr. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813017330520>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- HE, S.; FRANCO, C.; ZHANG, W. Fish protein hydrolysates: application in deep-fried food and food safety analysis. **Journal of Food Science**, [Malden], v. 80, n. 1, p. E108–E115, Jan. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25559171/>. Acesso em: 10 out. 2022.
- HOSSEINI, S. F. *et al.* Effect of fish gelatin coating enriched with oregano essential oil on the quality of refrigerated rainbow trout fillet. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, [Binghamton], v. 25, n. 6, p. 835–842, June 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10498850.2014.943917?journalCode=wafp20>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- HUSSAIN, N. *et al.* Detection of tocopherol in oilseed rape (*Brassica napus* L.) using gas chromatography with flame ionization detector. **Journal of Integrative Agriculture**, [Oxford], v. 12, n. 5, p. 803–814, May 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311913603019>. Acesso em: 09 mar. 2022.
- JARAMILLO, D. P.; ROBERTS, R. F.; COUPLAND, J. N. Effect of pH on the properties of soy protein-pectin complexes. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 44, n. 4, p. 911–916, May 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996911000809>. Acesso em: 25 jul. 2022.
- JASOUR, M. S. *et al.* Chitosan coating incorporated with the lactoperoxidase system: An active edible coating for fish preservation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [Chichester], v. 95, n. 6, p. 1373–1378, Apr. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25060563/>. Acesso em: 29 jan. 2022.
- JIANG, B. *et al.* Preparation and characterization of natural corn starch-based composite films reinforced by eggshell powder. **CYTA - Journal of Food**, [England], v. 16, n. 1, p. 1045–1054, Dec. 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2018.1527783>. Acesso em: 25 jul. 2022.

KOOTENAIE, F. V. *et al.* Effect of chitosan edible coating enriched with eucalyptus essential oil and α -tocopherol on silver carp fillets quality during refrigerated storage. **Journal of Food Safety**, [Malden], v. 37, n. 1, p. 1–18, June 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfs.12295>. Acesso em: 26 jul. 2022.

LICCIARDELLO, F. Packaging, blessing in disguise. Review on its diverse contribution to food sustainability. **Trends in Food Science and Technology**, [London], v. 65, p. 32–39, July 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224417301644>. Acesso em: 30 jan. 2022.

LIU, H. *et al.* Preparation of soy protein isolate (SPI)-pectin complex film containing cinnamon oil and its effects on microbial growth of dehydrated soybean curd (Dry Tofu). **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, n. 3, p. 1371–1376, June 2014. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpp.12117>. Acesso em: 20 jul. 2022.

MARTINS, J. T.; CERQUEIRA, M. A.; VICENTE, A. A. Influence of α -tocopherol on physicochemical properties of chitosan-based films. **Food Hydrocolloids**, [Oxford], v. 27, n. 1, p. 220–227, May 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X11002025>. Acesso em: 09 mar. 2022.

MENDES, J. F. *et al.* Biodegradable polymer blends based on corn starch and thermoplastic chitosan processed by extrusion. **Carbohydrate Polymers**, [Oxford], v. 137, p. 452–458, Feb. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861715010735>. Acesso em: 20 maio 2022.

METCALFE, L. D.; SCHMITZ, A. A.; PELKA, J. R. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. **Analytical Chemistry**, [Washington], v. 38, n. 3, p. 514–515, Mar. 1966. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac60235a044>. Acesso em: 05 nov. 2022.

MONEDERO, F. M. *et al.* Effect of oleic acid-beeswax mixtures on mechanical, optical and water barrier properties of soy protein isolate based films. **Journal of Food Engineering**, [Oxford], v. 91, n. 4, p. 509–515, Apr. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877408004895>. Acesso em: 12 out. 2022.

MONTEIRO, S. S. **Caracterização química da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), avaliação de seus extratos e aplicação em linguiça de frango para aumento do shelf-life**. 2013. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

MOREIRA, M. R. *et al.* Effects of pulsed light treatments and pectin edible coatings on the quality of fresh-cut apples: a hurdle technology approach. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [Chichester], v. 97, n. 1, p. 261–268, Jan. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26997258/>. Acesso em: 27 jan. 2022.

MORO, G. V. *et al.* Anatomia e fisiologia de peixes de água doce. *In:* RODRIGUES, A. P. O. *et al.* (eds.). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. 1. ed. Brasília: Ed. Embrapa, 2013. p. 301-336.

MURPHY, S. C. *et al.* Evaluation of surimi, fat and water content in a low/no added pork sausage formulation using response surface methodology. **Meat Science**, [Oxford], v. 66, n. 3, p. 689-701, Mar. 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22060879/>. Acesso em: 20 dez. 2022.

NASTASI, J. R. *et al.* Pectin-based films and coatings with plant extracts as natural preservatives: A systematic review. **Trends in Food Science and Technology**, [London], v. 120, p. 193–211, Feb. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224422000140>. Acesso em: 29 maio 2022.

OLIVEIRA, A. C. S. DE *et al.* Effect of whey protein isolate addition on thermoplasticized pectin packaging properties. **Journal of Food Process Engineering**, [Malden], v. 44, n. 12, Dec. 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpe.13910>. Acesso em: 21 jul. 2022

PEIXE BR. **Anuário Peixe BR da Piscicultura**. Associação Brasileira de Piscicultura. Produção de peixes de cultivo avança 5,9% e atinge 802.930 t. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/>. Acesso em: 07 jan. 2022.

PEIXE BR. **Anuário Peixe BR da Piscicultura**. Associação Brasileira de Piscicultura. Produção brasileira de peixes de cultivo sobe 4,7% e atinge 841.005 toneladas. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario2022/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

PESSOA, R. M. S. *et al.* Avaliação das preferências dos consumidores de pescado no município de Piancó-PB. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 5, n. 4, p. 2408-2421, out./dez. 2020. Disponível em: https://www.diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1102. Acesso em: 25 fev. 2023.

PRABHAKAR, M. N.; REHAMAN SHAH, A. U.; SONG, J.-I. Fabrication and characterization of eggshell powder particles fused wheat protein isolate green composite for packaging applications. **Polymer Composites**, [Hoboken], v. 37, n. 11, p. 3280–3287, Nov. 2016. Disponível em: <https://4spepublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pc.23527>. Acesso em: 23 jan. 2022.

RAGHAV, P. K.; AGARWAL, N.; SAINI, M. Edible coating of fruits and vegetables: A review. **International Journal of Scientific Research and Modern Education**, v. 1, n. 1, p. 188–204, 2016. Disponível em: <http://ijsrme.rdmodernresearch.com/wp-content/uploads/2016/04/24.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2022.

RAGHIANTE, F. *et al.* *Francisella* spp. em tilápias no Brasil: Uma revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, [Fortaleza], v. 11, n. 1, p. 119–130, jan./mar. 2017. Disponível em: <http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/385>. Acesso em: 10 jan. 2022.

RAMOS, M. *et al.* Gelatin-based films and coatings for food packaging applications. **Coatings**, [Basel], v. 6, n. 4, p. 41, Sept. 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6412/6/4/41>. Acesso em: 30 jan. 2022.

RUNDBLAD, A. *et al.* High-quality fish oil has a more favourable effect than oxidised fish oil on intermediate-density lipoprotein and LDL subclasses: A randomised controlled trial. **British Journal of Nutrition**, [Cambridge], v. 117, n. 9, p. 1291–1298, May 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28558855/>. Acesso em: 11 out. 2022.

SANTOS, F. M. DA S. *et al.* Use of chitosan coating in increasing the shelf life of liquid smoked Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillet. **Journal of Food Science and Technology**, [Cambridge], v. 54, n. 5, p. 1304–1311, Apr. 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5380640/>. Acesso em: 01 jan. 2022.

SAU, S. K. *et al.* Dietary vitamin E requirement, fish performance and carcass composition of rohu (*Labeo rohita*) fry. **Aquaculture**, v. 240, n. 1–4, p. 359–368, Oct. 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848604001152>. Acesso em: 09 mar. 2022.

SEEHARAJ, P. *et al.* Facile and eco-friendly fabrication of hierarchical superhydrophobic coating from eggshell biowaste. **International Journal of Applied Ceramic Technology**, [Malden], v. 16, n. 5, p. 1895–1903, Sept./Oct. 2019. Disponível em: <https://ceramics.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijac.13235>. Acesso em: 09 mar. 2022.

SOARES, L.; BELO, M. A. DE A. Consumo de pescado no município de Porto Velho-RO. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 3059–3067, Jun. 2015. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/multidisciplinar/consumo%20de%20pescado.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2022.

SOUZA, A. C. F.; VIANA, D. C. Status atual da aquicultura no mundo: primeiros impactos da COVID-19. **Research, Society and Development**, Maranhão, v. 9, n. 8, p. 1-14, jun. 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5798/5046>. Acesso em: 20 fev. 2023.

STACKE, J. *et al.* Perfil de ácidos graxos no óleo de soja, após diferentes tempos de uso, no processo de fritura. **Destaques Acadêmicos**, [Lajeado], v. 1, n. 3, p. 71–78, 2009. Disponível em: <http://univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/32>. Acesso em: 12 dez. 2022.

TAVARES, A. R. V. **Revestimentos comestíveis com incorporação de extratos de macroalgas para aplicação em filetes de peixe sujeitos a fritura**. 2020. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar), Universidade de Lisboa, Lisboa, 2020.

TEO, Y. Y.; MISRAN, M. A study of interaction between α -tocopherol acetate and fatty acids mixed with polyethoxylated phospholipid in langmuir monolayer at air-aqueous interface. **Brazilian Journal of Physics**, São Paulo, v. 52, n. 10, p. 1–50, Jan. 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13538-021-01020-4#citeas>. Acesso em: 22 jul. 2022.

TIAN, H. *et al.* Fabrication, properties and applications of soy-protein-based materials: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, [Amsterdam], v. 120, p. 475–490, Dec. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813018332781>. Acesso em: 07 fev. 2022.

TIHMINLIOGLU, F.; ATIK, I. D.; ÖZEN, B. Effect of corn-zein coating on the mechanical properties of polypropylene packaging films. **Journal of Applied Polymer Science**, [Hoboken], v. 119, n. 1, p. 235–241, Jan. 2011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/app.32651>. Acesso em: 23 jan. 2022.

TSAI, W. T. *et al.* Characterization and adsorption properties of eggshells and eggshell membrane. **Bioresource Technology**, [Oxford], v. 97, n. 3, p. 488–493, Feb. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852405001689>. Acesso em: 09 mar. 2022.

VIDAL, M. DE F.; XIMENES, L. F. Produção de pescados na área de atuação do BNB. **Caderno Setorial ETENE**, [s.l.], n. 91, p. 1-18, ago. 2019. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/618/1/2019_CDS_91.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

VIEIRA, E. C. S. *et al.* Effects of different frying techniques on the color, fatty acid profile, and lipid oxidation of Arapaima gigas. **Journal of Food Processing and Preservation**, [Malden], v. 42, n. 11, p. 1–18, Nov. 2018. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpp.13820>. Acesso em: 17 jan. 2022.

VYNCKE, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, [United States], v. 72, n. 12, p. 1084-1087, Jan. 1970. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/lipi.19700721218>. Acesso em: 12 jul. 2022.

WALLIN, A. *et al.* Fish consumption, dietary long-chain n-3 fatty acids, and risk of type 2 diabetes systematic review and meta-analysis of prospective studies. **Diabetes Care**, [Alexandria], v. 35, n. 4, p. 918-929, Apr. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22442397/>. Acesso em: 01 jan. 2022.

WILLIAMS, R.; MITTAL, G. S. Water and fat transfer properties of polysaccharide films on fried pastry mix. **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 32, n. 7, p. 440–445, Nov. 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002364389990573X>. Acesso em: 20 jul. 2022.

WU, H. *et al.* Preparation and properties of biocomposite films based on poly(vinyl alcohol) incorporated with eggshell powder as a biological filler. **Journal of Polymers and the Environment**, [New York], v. 28, n. 7, p. 2020–2028, May 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10924-020-01747-2>. Acesso em: 09 mar. 2022.

YEANNES, M. I.; ALMANDOS, M. E. Estimation of fish proximate composition starting from water content. **Journal of Food Composition and Analysis**, [San Diego], v. 16, n. 1, p. 81–92, Feb. 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/223044897_Estimation_of_fish_proximate_composition_starting_from_water_content. Acesso em: 30 nov. 2022.

ZHU, F. Polysaccharide based films and coatings for food packaging: Effect of added polyphenols. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 359, p. 1–39, Oct. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814621008773>. Acesso em: 25 nov. 2022.

ZULA, A. T.; DESTA, D. T.; WILLIS, M. S. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fried in recycled palm oil: implications for nutrition and health. **International Journal of Food Properties**, [Philadelphia], v. 24, n. 1, p. 806–817, June 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2021.1931304>. Acesso em: 28 jul. 2022.