



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS



Área de Concentração: Engenharia de Alimentos e Ciência de Alimentos

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES ANTIOXIDANTES DE
POLI(ALCOOL VINÍLICO) INCORPORADO COM NITRITO DE SÓDIO PARA
APLICAÇÃO EM CARNE DE PORCO

Aluno: Rômicy Dermondes Souza

Orientadora: DSc Cristiane Patrícia de Oliveira

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Fevereiro de 2022

Rômicy Dermondes Souza

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES ANTIOXIDANTES DE
POLI(ALCOOL VINÍLICO) INCORPORADO COM NITRITO DE SÓDIO PARA
APLICAÇÃO EM CARNE DE PORCO**

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientadora: DSc Cristiane Patrícia de Oliveira

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Fevereiro de 2022

664.09 Souza, Rômicy Dermondes
S718d Desenvolvimento e caracterização de filmes antioxidantes de poli (alcool
vinílico) incorporado com nitrito de sódio para aplicação em carne de porco. /
Rômicy Dermondes Souza. - Itapetinga: UESB, 2022.
58f.

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Área de Concentração: Engenharia de Alimentos e Ciência de Alimentos. Sob a orientação da Profª. D. Sc. Cristiane Patrícia de Oliveira.

1. Embalagens ativas - Alimentos - Filmes antioxidantes. 2. Filmes ativos - Carne de porco - Qualidade. 3. Carne de porco - Embalagem. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos. II. Oliveira, Cristiane Patrícia de. III. Título.

CDD(21): 664.09

Catálogo na fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535

Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Embalagens ativas - Filmes antioxidantes - Álcool vinílico
2. Carne de porco – Qualidade
3. Embalagens – Qualidade da carne



DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES ANTIOXIDANTES DE POLI (ÁLCOOL VINÍLICO) INCORPORADO COM NITRITO DE SÓDIO PARA APLICAÇÃO EM CARNE DE PORCO.

Autor (a): RÔMICY DERMONDES SOUZA

Orientador (a): Prof.^a Dr.^a Cristiane Patrícia de Oliveira
Prof. Dr. Eduardo Mendes Ramos

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de *MESTRE EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CIÊNCIA DE ALIMENTOS*, pela Banca Examinadora.

Prof.^a Dr.^a Taíla Veloso de Oliveira
Membro Externo – UFV

Prof. Dr. Leandro Soares Santos
UESB

Prof.^a Dr.^a Cristiane Patrícia de Oliveira
Orientadora - UESB
Presidente da Banca

Itapetinga-BA, 08 de março de 2022.

*“Sou errado, sou errante
Sempre na estrada, sempre distante
Vou errando enquanto o tempo me deixar”*

- Kid Abelha

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, por ter me possibilitado desenvolver este trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

Aos membros da banca, Prof. Leandro Soares Santos e Profa. Taíla Oliveira, pelas atenção dada à esta dissertação.

À Profa. Cristiane Patrícia de Oliveira pela orientação e valiosas contribuições no meu desenvolvimento profissional.

A todos os meus amigos, em especial Elder dos Santos e Emília Carmen, pelo companheirismo e parceria.

Ao meu grande amigo Paulo Roberto Gomes, por todas as suas contribuições em meu crescimento profissional e pessoal.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO.....	x
I – REFERENCIAL TEÓRICO	1
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO NA LITERATURA	2
2.1 Embalagens ativas para carnes	2
2.2 Uso de Nitratos e Nitritos em carnes.....	3
2.3. PVA poli (álcool vinílico)	6
3 REFERÊNCIAS	9
II – Objetivos gerais	14
III – CAPÍTULO I – DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES ANTIOXIDANTES DE POLI(ALCOOL VINÍLICO) INCORPORADO COM NITRITO DE SÓDIO PARA APLICAÇÃO EM CARNE DE PORCO.....	15
Resumo	15
Abstract	15
1. Introdução	16
2. Material e Métodos	17
3. Resultados e discussão	23
Conclusões.....	30
Agradecimentos	31
Referências	31
IV – Considerações finais.....	35
V – ANEXOS	36
Anexo A. Normas para preparação de trabalhos científicos para publicação de acordo com a revista Food Research International com Qualis Qualis A1(2013-2016).	36

LISTA DE FIGURAS

	Página
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
Figura 1. Mecanismos de reação envolvidos no processo de cura da carne. *MeFe: complexo ferro-mioglobina (Adaptado de Møller e Skibsted (2002)).....	5
Figura 2. Esquema para a síntese de PVA e sua estrutura química parcialmente e completamente hidrolisada (Adaptado de Mok et al. (2020)).....	7
CAPÍTULO I	
Figura 1. Padrões de difração de raios-x para PVA e PVA contendo NaNO ₂ (0,005%, 0,01% e 0,05%)..	27
Figura 2. Curva DSC (a) e TG (b) dos filmes de PVA e PVA contendo NaNO ₂ (0,005%, 0,01% e 0,05%).....	28
Figura 3. Espectros de absorção FTIR para os filmes de PVA e PVA contendo NaNO ₂ (0,005%, 0,01% e 0,05%)	29
Figura 4. Propriedades mecânicas, ópticas e permeabilidade ao vapor d'água dos filmes de PVA e PVA contendo NaNO ₂ (0,005%, 0,01% e 0,05%)	27
Figura 5. Estabilidade da cor da carne de porco durante 6 dias revestida com filme de PVA (■), PVA 005 (■), PVA 01 (■), PVA 05% (■) e sem revestimento (■).....	30
Figura 6. Variação de cor da carne revestida com PVA e PVA contendo NaNO ₂ em função do tempo de armazenamento. x são os valores de ΔE para a influência do tempo e y os valores de ΔE para a concentração de NaNO ₂	30

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Conteúdo de nitrito na carne de porco embalada com e PVA contendo NaNO ₂ (0,005%, 0,01% e 0,05%) em função do tempo de armazenamento refrigerada	28
Tabela 2. Concentração de MDA da carne de porco sem revestimento e revestida com filmes de PVA e PVA contendo diferentes concentrações NaNO ₂ (0,005%, 0,01% e 0,05%) durante armazenamento refrigerado	29

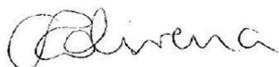
RESUMO

SOUZA, Romicy Dermondes. **Desenvolvimento e Caracterização de filmes antioxidantes de poli(alcool vinílico) incorporado com nitrito de sódio para aplicação em carne de porco.** Itapetinga, BA: UESB, 2022. X p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos).*

A cor da carne e de seus derivados é um dos principais fatores que determina a qualidade desses produtos. Pesquisas têm buscado novas alternativas para a preservação deste atributo, em substituição à adição direta dos nitratos/nitritos aos alimentos, com objetivo de atender as demandas por produtos mais saudáveis e mais próximos do natural. Neste contexto, estudos apontam o uso da tecnologia das embalagens ativas incorporadas com nitrito como uma opção promissora para aplicação em carnes. Sendo assim, nesta dissertação, filmes de polivinilalcool (PVA), incorporado com nitrito de sódio (NaNO_2), em concentrações de 0,005% (PVA 005); 0,01% (PVA 01); e 0,05% (PVA 05), foram desenvolvidos pelo método de evaporação do solvente e avaliados quanto a influência do aditivo nas propriedades do filme, e também quanto a sua função ativa na conservação da carne de porco. Os arranjos atômicos na rede cristalina e os tipos de ligações dos filmes foram caracterizados pelas técnicas de difração de raio-X e espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier. Também foram avaliadas as propriedades mecânicas, as propriedades térmicas, as propriedades óticas, as propriedades de barreira ao vapor d'água e a solubilidade em água dos filmes. A ação ativa do filme foi avaliada pela aplicação do mesmo em carne de porco e esta foi avaliada durante 6 dias quanto a oxidação lipídica (método de espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico– TBARS), ao nitrito residual e a análise de cor por imagem digital. Foi observada a redução da cristalinidade dos filmes de PVA de 62% para 32% e aumento do tamanho dos cristalitos de 15 Å para 22 Å com a adição do NaNO_2 . Nos espectros de FTIR não foram observadas interações químicas entre o nitrito e o PVA nas concentrações estudadas. As propriedades óticas, mecânica, térmicas, de barreira ao vapor d'água e de solubilidade do filme não foram afetadas pela incorporação de nitrito na matriz polimérica. Quanto à aplicabilidade do filme em carne de porco refrigerada, os filmes ativos reduziram a oxidação lipídica, em 6 dias de armazenamento, quando concentrações de 0,01% ($p = 0,317$) e 0,05% ($p = 0,135$) de NaNO_2 foram usadas. A redução da oxidação lipídica ocorreu devido a ação antioxidante do filme na carne. Com relação a coloração, todas as amostras revestidas com os filmes ativos apresentaram mudança na tonalidade vermelha, considerada perceptível ao olho humano ($\Delta E > 1$), independente da concentração de nitrito adicionada ($p < 0,05$). Conclui-se que a concentração de nitrito não influencia nas propriedades físicas dos filmes de PVA e que a presença de nitrito não gera coloração compatível com carne

curada. Apesar disso, os filmes desenvolvidos apresentam potencial como embalagens ativas para aplicação em carnes.

Palavras-chave: Embalagem ativa, Aditivos, Qualidade da carne



*Orientadora: Cristiane, DSc. UESB

I – REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO

Embalagem ativa (EA) pode ser denominada como o artigo que, além de exercer as funções primárias de proteger e conter o alimento, também interage intencionalmente com o produto e, ou o seu ambiente, a fim de prolongar a vida útil e qualidade do mesmo, garantindo maior segurança ao consumidor. Estas embalagens podem ser utilizadas para modificar a atmosfera interna, pela absorção ou consumo de gases, como o oxigênio e o etileno, para eliminação de componentes, como lactose e colesterol, para incorporação de sabor e aroma, na manutenção da qualidade, ação antioxidante, e controle microbiológico (VILELA et al., 2018).

As EA's podem ser utilizadas para reduzir o desperdício de alimento ao contribuir com a manutenção da qualidade dos alimentos (YILDIRIM et al., 2018), como em produtos cárneos. São descritos na literatura várias EA com propriedades antioxidantes e/ou antimicrobianas para aplicação em diferentes produtos cárneos. Fiore et al. (2021) empregaram em carne de frango filmes ativos de poli(ácido láctico) com quitosana enriquecida com óleo essencial de alecrim, e notaram que os filmes inibiram efetivamente a oxidação da carne durante armazenamento refrigerado. Similarmente, Konuk Takma e Korel (2019) utilizaram filmes de PET contendo óleo essencial de cominho preto para revestir carne de frango crua, observando que os filmes apresentam potencial para a manutenção da qualidade da carne durante armazenamento. Akbar e Anal (2014) empregaram em carne de frango filmes de alginato de sódio contendo nanopartículas de óxido de zinco e observaram inibição do crescimento de patógenos. EA com foco na conservação da cor de carnes também foram desenvolvidas, a maioria utilizando o nitrito como princípio ativo (NARVÁEZ-BRAVO et al., 2017; RAMANATHAN et al., 2018). Desta forma, a tecnologia das EA's incorporadas com nitrito e nitrato é promissora e tem potencial para aplicação em produtos cárneos por meio da liberação controlada desses compostos no produto.

As EA's podem ser produzidas usando polímeros biodegradáveis como matriz polimérica para desenvolvimento de filmes eco-amigáveis, contribuindo com a sustentabilidade do planeta. Dentre estes materiais o PVA se destaca devido às propriedades mecânicas e de barreiras dos seus filmes para aplicação em alimentos (NANGIA; SHUKLA; SHARMA, 2018). Além disso, o PVA é atóxico (KUMAR; HAN, 2017) e possui biodegradabilidade, a depender de condições ambientais específicas, como presença de microrganismos específicos, umidade, pH e outros (CHIELLINI et al., 2003).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho desenvolver e caracterizar filmes ativos biodegradáveis a base de polivinil álcool, incorporados com nitrito, para conservação de carne de porco.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Embalagens ativas para carnes

EA é o artigo que fornece barreira protetora e interage intencionalmente com o alimento e/ou seu ambiente, a fim de proporcionar novas propriedades sensoriais, ou de garantir a segurança microbiológica e/ou química, assegurando, assim, maior vida de prateleira dos alimentos. As EA's podem atuar liberando compostos ativos no alimento ou até mesmo absorvendo compostos prejudiciais presente no ambiente interno da embalagem (VILELA et al., 2018). Na maioria dos casos o composto ativo é aplicado diretamente no material de embalagem e a migração destes compostos geralmente ocorre por processos de difusão quando há um gradiente de potencial químico ou de concentração (GÓMEZ-ESTACA et al., 2014).

Estudos vêm demonstrando a aplicação de EA para diferentes produtos cárneos. Em geral estes estudos contemplam principalmente o desenvolvimento de EA antioxidantes e/ou antimicrobianas (COMA, 2012).

Embalagens ativas antioxidantes de carragenina contendo extratos de alecrim e orégano foram testadas por Camo, Beltrán e Roncalés (2008). Ao avaliarem a influência da EA na validade de carne de cordeiro *in natura*, armazenada à 1°C, sob iluminação, por 12 dias, os autores concluíram que a carne embalada com os filmes ativos apresentou maior estabilidade oxidativa em comparação à carne não revestida.

Wrona (2017) aplicaram uma embalagem de polietileno, incorporado com extrato de chá verde encapsulado, em carne bovina picada, armazenada a 4°C. Foi observado que, após 9 dias de estudo, a carne sem revestimento apresentou cor castanha, enquanto a carne revestida apresentou coloração vermelha brilhante.

Yahaya et al. (2019) usaram embalagem de carragenina, contendo extratos de ervas da Malásia, em hambúrguer de carne bovina, estocada à 4°C, por 14 dias. Nesse estudo, os filmes inibiram a oxidação lipídica e reduziram a formação da metamioglobina na carne devido a atividade antioxidante dos componentes dos extratos das ervas da Malásia. Resultados similares foram observados por Nisa et al. (2015) ao utilizar filmes de amido, incorporados com BHT e extratos de chá verde, em carne bovina, armazenada à 4°C, por 10 dias.

Os filmes ativos supracitados apresentaram características antioxidantes e foram capazes de aumentar a vida de prateleira de diferentes produtos cárneos. Inibiram a formação de metamioglobina nos produtos, além de diminuir a oxidação de lipídeos e proteínas, principais fatores associados à degradação das carnes (LORENZO; BATLLE; GÓMEZ, 2014).

Embalagens ativas com foco na conservação da cor de carnes também foram desenvolvidas, a maioria utilizando o nitrito como princípio ativo. Ramanathan et al. (2018) avaliaram o efeito de embalagens de policloreto de vinila, adicionados com nitrito, em cortes escuros de carne bovina, em temperatura de 2 °C, durante 3 dias, concluindo que o filme ativo melhorou a cor superficial da carne. Os autores observaram que os valores da cor vermelha e do atributo croma foram maiores para a carne acondicionada em embalagem contendo nitrito do que para a carne embalada em PVC. Ambos os atributos de cor são muito importantes para a caracterização óptica da carne e para a determinação da qualidade visual. Associaram este fato a formação de nitrosomioglobina, pigmento de cor avermelhada. Similarmente, Narváez-Bravo et al. (2017) também investigaram a influência de embalagens de policloreto de vinila embebidos com nitrito para conservação de carne bovina. Nas avaliações de cor, os autores observaram que a carne revestida com nitrito apresentou maior intensidade da cor vermelha e menor diferença de cor total entre a carne fresca e armazenada, indicando uma melhor conservação de cor do alimento.

O uso de embalagem ativa em carnes é uma tecnologia promissora visto que é capaz de aumentar o tempo de prateleira do produto por meio de atividade antimicrobiana e/ou antioxidante, além de contribuir para a manutenção da qualidade. Estes efeitos geralmente são conseguidos por meio da incorporação de componentes ativos na embalagem. Na tecnologia de carnes, um dos compostos ativos mais importantes são o nitrito e nitratos, que podem atuar como antioxidante e antimicrobiano. Estas características fazem do nitrito um composto promissor para aplicação em embalagens ativas visando a preservação de produtos cárneos.

2.2. Uso de Nitratos e Nitritos em carnes

Os nitritos/nitratos são íons que participam do ciclo do nitrogênio e estão amplamente presente no ambiente, como em amostras de água, produtos agrícolas, solo (SINGH et al., 2019) e em alimentos, como carnes e vegetais (OZTEKIN; NUTKU; ERIM, 2002). Estes compostos são solúveis em água e estão frequentemente associados a cátions metálicos, como o nitrito de sódio (NaNO_2) ou o nitrito de potássio (KNO_2) (MORTENSEN et al., 2017). São permitidos para uso com aditivo alimentar em carnes pela legislação brasileira, tendo como limites 150 mg de nitrito para cada 1 kg de carne (BRASIL, 2019).

Os nitratos e os nitritos são adicionados a carnes com o objetivo de atuarem como agente de cura, proporcionando ao produto características únicas de cor, sabor e odor, além de garantir a segurança microbiológica. O nitrato não participa diretamente do processo de cura, sendo necessária sua conversão a nitrito, logo, a adição do nitrato em produtos cárneos tem como objetivo servir como reserva de nitrito (SEBRANEK, 2009). A conversão de nitrato a nitrito geralmente é conduzida por ação de culturas bacterianas, como os cocos Gram-positivos, que os utilizam em seu metabolismo. Além da ação bacteriana, outros fatores podem atuar na conversão de nitrato a nitrito, tais como enzimas naturalmente presentes na carne ou ação da temperatura (GØTTERUP et al., 2007).

Durante a etapa de cura, o nitrito presente na carne pode ser convertido numa vasta gama de derivados, dentre eles destaca-se o óxido nítrico (NO) (KNIPE; BELD, 2014). O NO é considerado o principal derivado para a formação da cor na carne por ser capaz de se ligar com o íon ferroso (Fe^{2+}), presente no centro do grupo heme, formando um complexo denominado nitrosomioglobina. Os mecanismos detalhados da reação entre a mioglobina e o NO para formação da nitrosomioglobina estão apresentados na Figura 1 (GOVARI; PEXARA, 2015).

Além de importante para a coloração, o NO também atua como antioxidante e antimicrobiano. A ação antioxidante está relacionada à sua capacidade de se ligar aos pró-oxidantes como o oxigênio, formando NO_2 , e ao ferro, devido ao complexo nitrosomicrocromogênio, impedindo sua liberação (GOVARI; PEXARA, 2015). A ação antibacteriana está relacionada à conversão do nitrito a peroxinitrito, que devido a sua alta capacidade oxidativa, causa a morte bacteriana devido ao estresse oxidativo (MAJOU; CHRISTIEANS, 2018). Ademais, vale ressaltar que a ausência do nitrato nos produtos cárneos, nos quais é aplicado, deixaria o alimento passível de ataque microbiológico, tal como ação da bactéria *Clostridium botulinum*, causadora do botulismo, ou até mesmo a *Salmonella* spp. (BEDALE; SINDELAR; MILKOWSKI, 2016; HOSPITAL; HIERRO; FERNÁNDEZ, 2014).

Os benefícios e malefícios da utilização do nitrato/nitrito (NO_3/NO_2) em produtos cárneos ainda têm sido alvos de discussões. Alguns trabalhos evidenciam que o consumo de nitrato melhora a saúde cardiovascular (KAPIL et al., 2014). Outros efeitos benéficos à saúde como inibição da função plaquetária, redução do gasto de oxigênio durante exercício e ação nas funções mitocondriais fundamentais foram revisados por Lundberg et al. (2011). Todavia, também é reportado que a utilização de NO_3/NO_2 está associado a formação de câncer, mais especificamente, essa ação ocorre devido a formação de derivados, as nitrosaminas (KALAYCLOĞLU; ERIM, 2019). Outro problema no consumo de nitrito/nitrato inorgânico está associado a interação dos mesmos com a hemoglobina, impedindo o carregamento de oxigênio e gerando asfixia. Este último tem maior ocorrência em recém-nascidos (CHETTY;

PRASAD, 2016). Apesar das desvantagens, NO_3/NO_2 ainda é um importante ingrediente para a aparência e segurança de produtos cárneos.

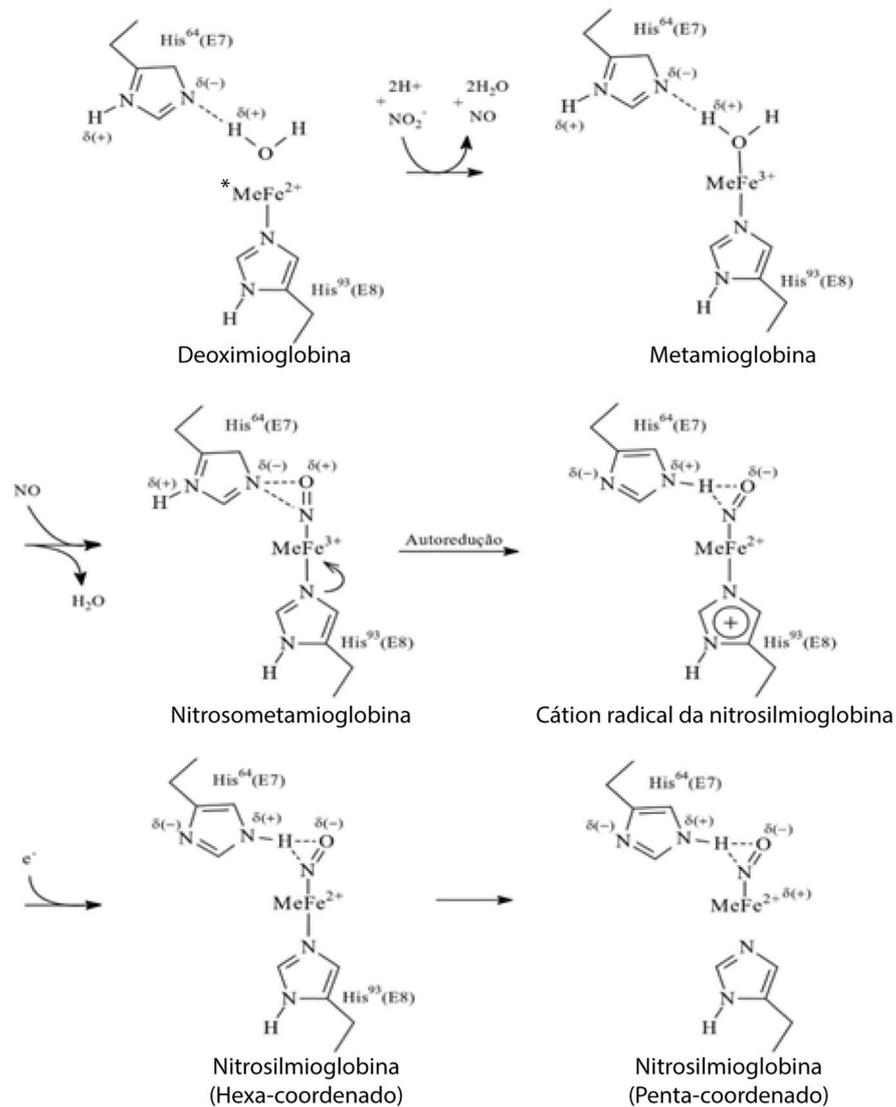


Figura 1. Mecanismos de reação envolvidos no processo de cura da carne. *MeFe: complexo ferro-mioglobina (Adaptado de Møller e Skibsted (2002)).

Em geral o nitrito é adicionado diretamente na carne, onde é dissolvido rapidamente devido à sua boa solubilidade no pH geralmente apresentado pela carne, de 5,5, e onde atua como antioxidante, fixador de cor e como antimicrobiano, podendo inibir o crescimento de *Clostridium botulinum*. Há relatos do uso do nitrito em carnes desde o século V (SULLIVAN et al., 2012), e, todavia, atualmente ainda é alvo de alguns estudos recentes em carne curada, sendo os manuscritos focados principalmente na redução do seu conteúdo na carne.

Łaszkiwicz, Szymański e Kołożyn-Krajewska (2021) avaliou a possibilidade de redução de nitrito de sódio em carnes de frango pela adição de bactérias lácticas em duas concentrações de nitrito de sódio, 150 mg.kg^{-1} e 50 mg.kg^{-1} . Os autores observaram inibição do

crescimento microbiano na carne e conservação das propriedades tecnológicas da carne curada com a incorporação de bactérias lácteas, mesmo em quantidade reduzida de nitrito de sódio.

Kauser-Ul-Alam et al. (2021), em estudo similar, avaliaram a influência de bactérias lácteas na coloração de linguiças fermentadas curadas a seco. Os autores observaram que ocorreu uma melhoria da cor vermelha brilhante durante armazenamento com a incorporação de bactérias lácteas combinadas com nitrito de sódio.

Hamdi et al. (2018) investigaram a redução de nitrito de sódio, de 72 mg.kg^{-1} para 36 mg.kg^{-1} , pela incorporação de extrato de carotenoproteínas de cascas de siri azul. Os autores notaram que a cor e a estabilidade microbiana melhoraram com a incorporação dos extratos, todavia, efeito negativo foi observado na atividade antioxidante do nitrito com a adição dos extratos.

Silva et al. (2021) estudaram o efeito da radiação gama e nitrito de sódio na qualidade microbiológica da carne e notaram que a presença de nitrito reduz a resistência dos esporos presente na carne quando tratados por radiação gama, além do mais, os produtos de baixa cura (50 mg.kg^{-1} de nitrito de sódio) tratados por radiação tiveram pontuação sensorial similar ao produto curado de referência (150 mg.kg^{-1} de nitrito de sódio), demonstrando que a radiação contribui para a qualidade sensorial de carne de baixa cura.

Como demonstrado, a redução da quantidade de nitrito em carne é alvo de pesquisas. Todavia, a redução ou eliminação do nitrito adicionado é complexa, devido às diversas funções tecnológicas exercidas pelo mesmo, o que o torna um aditivo único na cura da carne. Algumas das tecnologias possíveis para a diminuição do teor de nitrito de sódio é a sua incorporação em filmes plásticos (CHATKITANAN; HARNKARNSUJARIT, 2021), como o poli(álcool vinílico), formando uma embalagem ativa.

2.3 PVA (poli(álcool vinílico))

Conforme evidenciado anteriormente, a tecnologia de EA é promissora para prolongar o tempo de vida de prateleira de carnes. Ademais, esforços têm sido dedicados para o emprego de materiais biodegradáveis (UMARAW et al., 2020). Dentre algumas matrizes poliméricas utilizadas para este fim estão o amido (NISA et al., 2015), a quitosana (CRUZ-ROMERO et al., 2013), a carboximetil celulose (PIRSA; SHAMUSI, 2019) e o poli(álcool vinílico) (PVA) (MUPPALLA; CHAWLA, 2018).

O PVA é um polímero branco e inodoro cuja fórmula química é $[\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})]_n$. O monômero do PVA é o álcool vinílico, um composto instável às condições ambientais, sujeito a degradar formando acetaldeído. Devido a este problema, a síntese do PVA é geralmente

realizada a partir da hidrólise de outro polímero, poli(acetato de vinil). Inicialmente é realizada a síntese do poli(acetato de vinil) e em seguida é feita a hidrólise do grupo acetila, resultando no poli(álcool vinílico) (MOK et al., 2020), podendo esta hidrólise ser completa ou parcial. O esquema químico da reação de síntese do PVA está disponível na Figura 2.

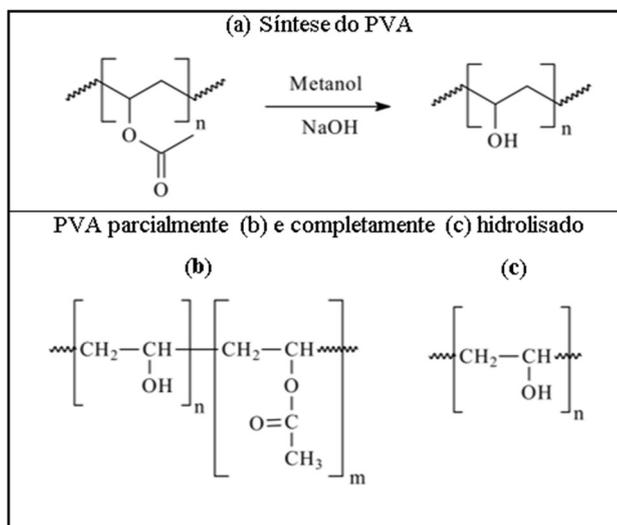


Figura 2. Esquema para a síntese de PVA e sua estrutura química parcialmente e completamente hidrolisada (Adaptado de Mok et al. (2020))

As propriedades físicas e químicas do PVA podem ser moduladas pelo controle do peso molecular (LEE et al., 2004) e grau de acetilação na hidrólise (MOK et al., 2020). Suas propriedades incluem resistência à tração, flexibilidade e excelente barreira ao oxigênio (GAAZ et al., 2015), todavia, uma atenção especial deve ser dada ao seu contato com a água, visto seu caráter hidrofílico (BELDER et al., 2001). A presença de moléculas de água na estrutura polimérica pode comprometer algumas de suas propriedades (VOGT et al., 2005).

Suas boas propriedades físicas o torna um plástico ideal nas mais diversas aplicações, sendo empregado no desenvolvimento de filme plásticos, hidrogéis, nanopartículas e outras (MOULAY, 2015). Ademais, o PVA também vem sendo estudado para aplicações médicas, visto sua baixa toxicidade e biocompatibilidade (KUMAR; HAN, 2017) e biodegradabilidade (CHIELLINI et al., 2003).

O PVA possui estrutura semicristalina, assim dizendo, possui tanto fase cristalina, quanto amorfa (NANGIA; SHUKLA; SHARMA, 2018). Quando no formato de filmes, apresenta alta transparência, ou seja, valores baixos de opacidade, variando de 2 – 0.9 (MARIA et al., 2008). Quanto às propriedades mecânicas, o filme de PVA apresenta resistência à tração em valores cerca de 27 MPa e alongamento de ruptura superiores a 200% (YANG et al., 2020). Com relação às propriedades térmicas, os filmes de PVA apresentam estabilidade à degradação até temperaturas próximas à 300°C (QI et al., 2018). Salienta-se que as propriedades

apresentadas divergem a depender de certas características do PVA, principalmente o peso molecular, que varia de 20000-400000 g.mol⁻¹, e grau de hidrólise, que pode ser categorizada como parcial ou total (GAAZ et al., 2015; RESTREPO et al., 2018). Diante do exposto, destaca-se que o PVA apresenta propriedades promissoras para aplicação como material de embalagem.

A utilização do PVA como matriz polimérica para EA foi investigada para a conservação de diferentes tipos de carnes e percebeu-se uma ação efetiva desses filmes nos produtos.

O PVA em combinação com óleo essencial de cravo foi testado por Muppalla e Chawla (2018) para conservação de carne de frango, armazenada à 4°C, por 16 dias. Os autores observaram que os filmes ativos, além de apresentarem boas propriedades mecânicas e de barreira, reduziram a peroxidação lipídica da carne, aumentando o prazo de validade da carne para 12 dias, em condições refrigeradas, em comparação às carnes embaladas com filme controle, que durou somente 6 dias. Portanto, foi observado que a matriz de PVA ativa dobrou a vida-de-prateleira da carne de frango refrigerada.

Similarmente, Wu, Wang e Chen (2010) estudaram filmes de PVA contendo catequinas extraídas do chá verde e aplicaram em carne bovina. Os autores observaram redução nas propriedades de resistência à tração e alongamento com a adição das catequinas. Em contrapartida os filmes ativos de PVA inibiram o crescimento microbiano e retardaram a oxidação lipídica da carne bovina, demonstrando que o filme ativo de PVA pode auxiliar na manutenção da qualidade de carne durante armazenamento refrigerado.

Portanto, com base nas evidências, afirma-se que o PVA apresenta potencial para aplicação como matriz polimérica para filmes ativos biodegradáveis para prolongar o tempo de vida útil de carnes.

REFERÊNCIA

- AKBAR, A.; ANAL, A. K. Zinc oxide nanoparticles loaded active packaging, a challenge study against *Salmonella typhimurium* and *Staphylococcus aureus* in ready-to-eat poultry meat. **Food Control**, v. 38, n. 1, p. 88–95, 2014.
- BEDALE, W.; SINDELAR, J. J.; MILKOWSKI, A. L. Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. **Meat Science**, v. 120, p. 85–92, 2016.
- BELDER, D. et al. DEEGE, A.; HUSMANN, H.; KOHLER, F.; LUDWIG, M. Cross-linked poly(vinyl alcohol) as permanent hydrophilic column coating for capillary electrophoresis. **Electrophoresis**, v. 22, n. 17, p. 3813–3818, 2001.
- BRASIL. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 272, DE 14 DE MARÇO DE 2019 Estabelece**, 2019. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-331-de-23-de-dezembro-de-2019-235332272>>. Acesso em: 27 out. 2021
- CAMO, J.; BELTRÁN, J. A.; RONCALÉS, P. Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. **Meat Science**, v. 80, n. 4, p. 1086–1091, 2008.
- CHATKITANAN, T.; HARNKARNSUJARIT, N. Effects of nitrite incorporated active films on quality of pork. **Meat Science**, v. 172, n. November 2020, p. 108367, 2021.
- CHETTY, A. A.; PRASAD, S. Flow injection analysis of nitrate and nitrite in commercial baby foods. **Food Chemistry**, v. 197, p. 503–508, 2016.
- CHIELLINI, E.; CORTI, A.; D'ANTONE, S.; SOLARO, R. Biodegradation of poly (vinyl alcohol) based materials. **Progress in Polymer science**, v. 28, n. 6, p. 963-1014, 2003.
- COMA, V. Antimicrobial and antioxidant active packaging for meat and poultry. In: *Advances in meat, poultry and seafood packaging*. Woodhead Publishing, 2012. p. 477-503
- CRUZ-ROMERO, M. C.; MURPHY, T.; MORRIS, M.; CUMMINS, E.; KERRY, J. P. Antimicrobial activity of chitosan, organic acids and nano-sized solubilisates for potential use in smart antimicrobially-active packaging for potential food applications. **Food Control**, v. 34, n. 2, p. 393–397, 2013.
- FIGLIORE, A.; PARK, S.; VOLPE, S.; TORRIERI, E.; MASI, P. Active packaging based on PLA and chitosan-caseinate enriched rosemary essential oil coating for fresh minced chicken breast application. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 29, n. June, p. 100708, 2021.
- GAAZ, T. S.; SULONG, A. B.; AKHTAR, M. N.; KADHUM, A. A. H.; MOHAMAD, A. B.; AL-AMIERY, A. A. Properties and applications of polyvinyl alcohol, halloysite nanotubes and their nanocomposites. **Molecules**, v. 20, n. 12, p. 22833–22847, 2015.
- GÓMEZ-ESTACA, J.; LÓPEZ-DE-DICASTILLO, C.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; CATALÁ, R.; GAVARA, R. Advances in antioxidant active food packaging. **Trends in Food**

Science and Technology, v. 35, n. 1, p. 42–51, 2014.

GØTTERUP, J.; OLSEN, K.; KNÖCHEL, S.; TJENER, K.; STAHNKE, L. H.; MØLLER, J. K. Relationship between nitrate/nitrite reductase activities in meat associated staphylococci and nitrosylmyoglobin formation in a cured meat model system. **International Journal of Food Microbiology**, v. 120, n. 3, p. 303–310, 2007.

GOVARI, M.; PEXARA, A. Nitrates and nitrites in meat products. **Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society**, v. 66, n. 3, p. 127–140, 2015.

HAMDI, M.; NASRI, R.; DRIDI, N.; MOUSSA, H.; ASHOUR, L.; NASRI, M. Improvement of the quality and the shelf life of reduced-nitrites turkey meat sausages incorporated with carotenoproteins from blue crabs shells. **Food Control**, v. 91, p. 148–159, 2018.

HOSPITAL, X. F.; HIERRO, E.; FERNÁNDEZ, M. Effect of reducing nitrate and nitrite added to dry fermented sausages on the survival of *Salmonella Typhimurium*. **Food Research International**, v. 62, p. 410–415, 2014.

KALAYCLOĞLU, Z.; ERIM, F. B. Nitrate and Nitrites in Foods: Worldwide Regional Distribution in View of Their Risks and Benefits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 26, p. 7205–7222, 2019.

KAPIL, V.; WEITZBERG, E.; LUNDBERG, J. O.; AHLUWALIA, A. Clinical evidence demonstrating the utility of inorganic nitrate in cardiovascular health. **Nitric Oxide - Biology and Chemistry**, v. 38, n. 1, p. 45–57, 2014.

KAUSER-UL-ALAM, M.; HAYAKAWA, T.; KUMURA, H.; WAKAMATSU, J. I. High ZnPP-forming food-grade lactic acid bacteria as a potential substitute for nitrite/nitrate to improve the color of meat products. **Meat Science**, v. 176, n. April 2020, p. 108467, 2021.

DEVINE, Carrick; DIKEMAN, Michael (Ed.). *Encyclopedia of meat sciences*. Elsevier, 2014.

KONUK TAKMA, D.; KOREL, F. Active packaging films as a carrier of black cumin essential oil: Development and effect on quality and shelf-life of chicken breast meat. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 19, n. September, p. 210–217, 2019.

KUMAR, A.; HAN, S. S. PVA-based hydrogels for tissue engineering: A review. **International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials**, v. 66, n. 4, p. 159–182, 2017.

ŁASZKIEWICZ, B.; SZYMAŃSKI, P.; KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA, D. The effect of selected lactic acid bacterial strains on the technological and microbiological quality of mechanically separated poultry meat cured with a reduced amount of sodium nitrite. **Poultry Science**, v. 100, n. 1, p. 263–272, 2021.

LORENZO, J. M.; BATLLE, R.; GÓMEZ, M. Extension of the shelf-life of foal meat with two antioxidant active packaging systems. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, n. 1, p.

181–188, 2014.

LUNDBERG, J. O.; CARLSTRÖM, M.; LARSEN, F. J.; WEITZBERG, E. Roles of dietary inorganic nitrate in cardiovascular health and disease. **Cardiovascular Research**, v. 89, n. 3, p. 525–532, 2011.

MAJOU, D.; CHRISTIEANS, S. Mechanisms of the bactericidal effects of nitrate and nitrite in cured meats. **Meat Science**, v. 145, p. 273–284, 2018.

MARIA, T. M.; DE CARVALHO, R. A.; SOBRAL, P. J.; HABITANTE, A. M. B.; SOLORZA-FERIA, J. The effect of the degree of hydrolysis of the PVA and the plasticizer concentration on the color, opacity, and thermal and mechanical properties of films based on PVA and gelatin blends. **Journal of Food Engineering**, v. 87, n. 2, p. 191–199, 2008.

MOK, C. F.; CHING, Y. C.; MUHAMAD, F.; ABU OSMAN, N. A.; HAI, N. D.; CHE HASSAN, C. R. Adsorption of Dyes Using Poly(vinyl alcohol) (PVA) and PVA-Based Polymer Composite Adsorbents: A Review. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 28, n. 3, p. 775–793, 2020.

MØLLER, J. K. S.; SKIBSTED, L. H. Nitric oxide and myoglobins. **Chemical Reviews**, v. 102, n. 4, p. 1167–1178, 2002.

MORTENSEN, A.; AGUILAR, F.; CREBELLI, R.; DI DOMENICO, A.; DUSEMUND, B.; FRUTOS, M. J.; GALTIER, P.; GOTT, D.; GUNDERT-REMY, U.; LAMBRÉ, C.; LEBLANC, J. C.; LINDTNER, O.; MOLDEUS, P.; MOSESSO, P.; OSKARSSON, A.; PARENT-MASSIN, D.; STANKOVIC, I.; WAALKENS-BERENDSEN, I.; WOUTERSEN, R. A.; WRIGHT, M.; VAN DEN BRANDT, P.; FORTES, C.; MERINO, L.; TOLDRÀ, F.; ARCELLA, D.; CHRISTODOULIDOU, A.; CORTINAS ABRAHANTES, J.; BARRUCCI, F.; GARCIA, A.; PIZZO, F.; BATTACCHI, D.; YOUNES, M. Re-evaluation of potassium nitrite (E 249) and sodium nitrite (E 250) as food additives. **EFSA Journal**, v. 15, n. 6, p. 1–157, 2017.

MOULAY, S. Review: Poly(vinyl alcohol) Functionalizations and Applications. **Polymer - Plastics Technology and Engineering**, v. 54, n. 12, p. 1289–1319, 2015.

MUPPALLA, S. R.; CHAWLA, S. P. Effect of Gum Arabic-polyvinyl alcohol films containing seed cover extract of *Zanthoxylum rhetsa* on shelf life of refrigerated ground chicken meat. **Journal of Food Safety**, v. 38, n. 4, p. 1–10, 2018.

NANGIA, R.; SHUKLA, N. K.; SHARMA, A. Frequency and temperature-dependent impedance spectroscopy of PVA/PEG polymer blend film. **High Performance Polymers**, v. 30, n. 8, p. 918–926, 2018.

NARVÁEZ-BRAVO, C.; LÓPEZ-CAMPOS, O.; GALBRAITH, J.; LARSEN, I. L.; YE, J.; SIEGEL, D.; AALHUS, J. L. Effects of novel nitrite packaging film on the bacterial growth of

bison strip-loin steaks. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 6, p. 1–7, 2017.

ASHWAR, B. A.; SHAH, A.; GANI, A.; GANI, A.; MASOODI, F. A. Development of potato starch based active packaging films loaded with antioxidants and its effect on shelf life of beef. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 11, p. 7245–7253, 2015.

OZTEKIN, N.; NUTKU, M. S.; ERIM, F. B. Simultaneous determination of nitrite and nitrate in meat products and vegetables by capillary electrophoresis. **Food Chemistry**, v. 76, n. 1, p. 103–106, 2002.

PIRSA, S.; SHAMUSI, T. Intelligent and active packaging of chicken thigh meat by conducting nano structure cellulose-polypyrrole-ZnO film. **Materials Science and Engineering C**, v. 102, n. September 2018, p. 798–809, 2019.

QI, J., ZHANG, H., WANG, Y., MANI, M. P., & JAGANATHAN, S. K. Development and blood compatibility assessment of electrospun polyvinyl alcohol blended with metallocene polyethylene and plectranthus amboinicus (PVA/mPE/PA) for bone tissue engineering. **International Journal of Nanomedicine**, v. 13, p. 2777–2788, 2018.

RAMANATHAN, R.; MITACEK, R. M.; BILLUPS, S. D.; JADEJA, R.; PFEIFFER, M. M.; MAFI, G. G.; VANOVERBEKE, D. L. Novel nitrite-embedded packaging improves surface redness of dark-cutting longissimus steaks. **Translational Animal Science**, v. 2, n. 2, p. 135–143, 2018.

RESTREPO, I.; MEDINA, C.; MERUANE, V.; AKBARI-FAKHRABADI, A.; FLORES, P.; RODRÍGUEZ-LLAMAZARES, S. The effect of molecular weight and hydrolysis degree of poly(vinyl alcohol)(PVA) on the thermal and mechanical properties of poly(lactic acid)/PVA blends. **Polimeros**, v. 28, n. 2, p. 169–177, 2018.

SEBRANEK, Joseph G. Basic curing ingredients. In: *Ingredients in meat products*. Springer, New York, NY, 2009. p. 1-23.

SILVA, D. R.; HADDAD, G. B.; DE MOURA, A. P.; DE SOUZA, P. M.; RAMOS, A. L.; HOPKINS, D. L.; RAMOS, E. M. Safe cured meat using gamma radiation: Effects on spores of *Clostridium sporogenes* and technological and sensorial characteristics of low nitrite cooked ham. **Lwt**, v. 137, n. May 2020, 2021.

SINGH, P.; SINGH, M. K.; BEG, Y. R.; NISHAD, G. R. A review on spectroscopic methods for determination of nitrite and nitrate in environmental samples. **Talanta**, v. 191, p. 364–381, 2019.

SULLIVAN, G. A.; JACKSON-DAVIS, A. L.; NIEBUHR, S. E.; XI, Y.; SCHRADER, K. D.; SEBRANEK, J. G.; DICKSON, J. S. Inhibition of *Listeria monocytogenes* using natural antimicrobials in no-nitrate-or-nitrite-added ham. **Journal of Food Protection**, v. 75, n. 6, p.

1071–1076, 2012.

UMARAW, P.; MUNEKATA, P. E.; VERMA, A. K.; BARBA, F. J.; SINGH, V. P.; KUMAR, P.; LORENZO, J. M.. Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 98, n. January, p. 10–24, 2020.

VILELA, C.; KUREK, M.; HAYOUKA, Z.; RÖCKER, B.; YILDIRIM, S.; ANTUNES, M. D. C.; NILSEN-NYGAARD, J.; PETTERSEN, M. K.; FREIRE, C. S. R. A concise guide to active agents for active food packaging. **Trends in Food Science and Technology**, v. 80, n. July, p. 212–222, 2018.

VOGT, B. D.; SOLES, C. L.; LEE, H. J.; LIN, E. K.; WU, W. L. Moisture absorption into ultrathin hydrophilic polymer films on different substrate surfaces. **Polymer**, v. 46, n. 5, p. 1635–1642, 2005.

WRONA, M.; NERÍN, C.; ALFONSO, M. J.; CABALLERO, M. Á. Antioxidant packaging with encapsulated green tea for fresh minced meat. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 41, p. 307–313, 2017.

WU, J. G.; WANG, P. J.; CHEN, S. C. Antioxidant and antimicrobial effectiveness of catechin-impregnated pva-starch film on red meat. **Journal of Food Quality**, v. 33, n. 6, p. 780–801, 2010.

WAN YAHAYA, W. A.; ABU YAZID, N.; MOHD AZMAN, N. A.; ALMAJANO, M. P. Antioxidant activities and total phenolic content of Malaysian herbs as components of active packaging film in beef patties. **Antioxidants**, v. 8, n. 7, 2019.

YANG, W.; QI, G.; KENNY, J. M.; PUGLIA, D.; MA, P. Effect of cellulose nanocrystals and lignin nanoparticles on mechanical, antioxidant and water vapour barrier properties of glutaraldehyde crosslinked PVA films. **Polymers**, v. 12, n. 6, 2020.

YILDIRIM, S.; RÖCKER, B.; PETTERSEN, M. K.; NILSEN-NYGAARD, J.; AYHAN, Z.; RUTKAITE, R.; RADUSIN, T.; SUMINSKA, P.; MARCOS, B.; COMA, V. Active Packaging Applications for Food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, n. 1, p. 165–199, 2018.

II – OBJETIVOS GERAIS

Objetivo Geral

Objetivo deste trabalho foi de desenvolver e caracterizar um filme ativo, em base polimérica biodegradável de poli(álcool vinílico) incorporado com nitrito de sódio para conservação de carne de porco.

Objetivos específicos

- Elaborar filmes de PVA com nitrito de sódio pelo método de evaporação do solvente;
- Caracterizar os filmes de PVA contendo nitrito de sódio quanto às propriedades de barreira, mecânicas, térmicas e estruturais;
- Investigar o nitrito residual presente em carne de porco revestida com o filme ativo de PVA;
- Investigar a atividade antioxidante do filme de PVA contendo nitrito aplicada a carne de porco;
- Avaliar a influência do filme ativo de PVA contendo nitrito na coloração da carne de porco.

III – CAPÍTULO I - DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE EMBALAGENS ATIVAS DE ALCÓOL POLIVINÍLICO (PVA) INCORPORADO COM NITRITO PARA CONSERVAÇÃO DE CARNE DE PORCO

RESUMO

Neste trabalho, filmes de álcool polivinílico (PVA), incorporados com nitrito de sódio nas concentrações de 0,005% (PVA 005), 0,01% (PVA 01) e 0,05% (PVA 05), foram desenvolvidos pelo método evaporação do solvente, caracterizados e aplicados em carne de porco armazenada sob refrigeração por 6 dias. A ação ativa dos filmes contendo nitrito de sódio foi avaliada pelos testes de TBA, de cor e de nitrito residual. Quanto a caracterização por FTIR não foram observadas interações químicas entre o nitrito e o PVA, nas condições estudadas, exibindo bandas características do PVA nos números de onda 3290, 2922, 1724, 1425, 1240 e 1074 cm^{-1} . As propriedades ópticas, mecânicas, de degradação térmica e de barreira a umidade dos filmes de PVA não foram alteradas pela presença de nitrito. Os filmes de PVA incorporados com 0,01% nitrito reduziram a oxidação lipídica das carnes de porcos refrigeradas de 0,63 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ (Controle) para 0,49 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ (PVA 01). Todas as amostras de carne embaladas apresentaram teores de nitrito dentro do estabelecido pela legislação brasileira (150 mg.Kg^{-1}). Quanto à cor, em todas as amostras de carne embaladas com o filme foram observadas alteração da tonalidade da cor de vermelha para marrom. Conclui-se que a presença de nitrito não interfere nas propriedades óticas, mecânicas e de barreira ao vapor de água dos filmes de PVA e que os filmes desenvolvidos apresentam potencial ativo para aplicação em carne de porco.

ABSTRACT

In this work, polyvinyl alcohol (PVA) films, incorporated with sodium nitrite at concentrations of 0,005% (PVA 005), 0,01% (PVA 01) and 0,05% (PVA 05), were developed by the evaporation method solvent, characterized and applied to pork stored under refrigeration for 6 days. The active action of films containing sodium nitrite was evaluated by TBA, color and residual nitrite tests. As for the characterization by FTIR, no chemical interactions between nitrite and PVA were observed, under the conditions studied, exhibiting characteristic bands of PVA at wave numbers 3290, 2922, 1724, 1425, 1240 and 1074 cm^{-1} . The optical, mechanical, thermal degradation and moisture barrier properties of PVA films were not altered by the presence of nitrite. PVA films incorporated with 0.01% nitrite reduced the lipid oxidation of refrigerated pork meat from 0,63 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ (Control) to 0,49 $\mu\text{mol.g}^{-1}$ (PVA 01). All packaged meat samples showed nitrite levels within the limits established by brazilian legislation

(150 mg.Kg⁻¹). As for color, in all meat samples packed with the film, a change in color from red to brown was observed. It is concluded that the presence of nitrite does not interfere with the optical, mechanical and water vapor barrier properties of PVA films and that the developed films have active potential for application in pork.

1. INTRODUÇÃO

Embalagem ativa é um sistema de embalagem que, além de fornecer barreira protetora, interage intencionalmente com o alimento, a fim de garantir segurança microbiológica e/ou química, assegurando maior vida de prateleira aos alimentos, ou até mesmo fornecer ou intensificar os parâmetros sensoriais, (Yildirim et al., 2018). Este sistema de embalagem pode atuar absorvendo compostos deterioradores dos alimentos ou tóxicos aos consumidores, presentes na superfície do produto ou no ambiente interno à embalagem, ou atuar liberando compostos ativos nos alimentos, tais como aromas, antioxidantes e antimicrobianos (Wyrwa & Barska, 2017). Esta tecnologia vem sendo estudada nos últimos anos para aplicação em alimentos dentre estas carnes e seus derivados (Konuk Takma & Korel, 2019; Muppalla et al., 2014; Panrong et al., 2019) mostrando-se inovadora e promissora para essa área.

Um dos compostos que tem sido incorporados para produção das embalagens ativas é o nitrito de sódio (NaNO₂), aditivo importante para a conservação das propriedades dos produtos cárneos. Este composto, apresenta ação antioxidante relacionado à sua capacidade de ligação com pró-oxidantes, como o oxigênio e o ferro (Govari & Pexara, 2015), e garante segurança microbiológica, principalmente contra *Escherichia coli*, *Clostridium botulinum*, e *Salmonella* spp (Bedale et al., 2016; Hospital et al., 2014; Klebanoff, 1993). Outra vantagem é a preservação da cor da carne através da formação do pigmento nitrosomioglobina (Knipe & Beld, 2014).

Apesar das vantagens tecnológicas, o consumo de nitrito está associado a efeitos nocivos no organismo, como o desenvolvimento de câncer causado por seus derivados (Kalaycloğlu & Erim, 2019) e inibição do carregamento de oxigênio no sangue (Chetty & Prasad, 2016). Neste contexto, a regulamentação do teor de nitrito presente em produtos cárneos se faz necessário, como exemplo, o Brasil estabelece um limite máximo de nitrito 150 mg.Kg⁻¹ (Brasil, 2019), enquanto os Estados Unidos admitem até 500 mg.Kg⁻¹, a depender do produto (USA, 2019). Uma alternativa à adição direta do nitrito na carne é sua incorporação em embalagens ativas, que através da liberação controlada pode reduzir o teor de nitrito residual e ao mesmo tempo garantir a qualidade do produto (Chatkitanan & Harnkarnsujarit, 2020, 2021).

Dentre os materiais estudados como matriz polimérica para embalagens ativas está o poli(álcool vinílico) (PVA). A literatura relata sua combinação com diversos compostos ativos, tais como óleos essenciais (Muppalla et al., 2014), extratos vegetais (Wu et al., 2010) e nanopartículas de óxido de zinco (Jayakumar et al., 2019). Sua escolha como matriz polimérica para embalagem ativa se deve às suas propriedades, que incluem alta resistência à tração, barreira ao oxigênio (Gaaz et al., 2015), baixa toxicidade (Kumar & Han, 2017) e biodegradabilidade (Chiellini et al., 2003). A aplicabilidade dos filmes de PVA como embalagens ativas já foi reportada para uso em produtos cárneos (Dong et al., 2015; Muppalla et al., 2014), sendo que as propriedades dos filmes dessa matriz polimérica contribuíram para a conservação da carne refrigerada.

Avaliar o efeito da adição de aditivos sobre as propriedades do filme é necessário para desenvolver filmes adequados a serem utilizados como embalagens ativas aplicado a alimentos. Investigações anteriores avaliaram a influência do nitrito sobre as propriedades dos filmes de amido e polietileno (Chatkitanan & Harnkarnsujarit, 2020, 2021) e demonstraram que a presença deste aditivo tem efeitos significativos sobre as propriedades dos filmes. Ademais, embalagens ativas incorporadas com nitrito podem promover características diferentes na conservação de carnes. Estudos que apontam a influência do NaNO_2 nas propriedades dos filmes de PVA e características de sua aplicação em carnes não foram encontrados. Diante disso, neste trabalho investigou-se a atuação do NaNO_2 nas propriedades físicas dos filmes de PVA e, além disso, investigou-se sua aplicabilidade em carne de porco.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Preparação dos filmes

Poli(álcool vinílico) (PVA) (Dinâmica LTDA, Brasil) foi disperso em água na concentração de 10% (m.v⁻¹), juntamente com glicerol (5% m.m⁻¹ de PVA) e nitrito de sódio (NaNO_2) (Sigma-Aldrich, Brasil) utilizando agitador magnético em rotação 3 G, temperatura de $90 \pm 5^\circ\text{C}$ e tempo de 90 min. As concentrações de NaNO_2 adicionadas à dispersão de PVA foram de 0% (PVA, filme controle), 0,005% (m.m⁻¹) (PVA 005), 0,01% (m.m⁻¹) (PVA 01) e 0,05% (m.m⁻¹) (PVA 05). Os filmes foram produzidos pelo método de evaporação por solvente (Nangia et al., 2018) onde após homogeneizadas, as dispersões foram colocadas em placas de vidro de 800 cm² e secas à temperatura ambiente $25 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 7 dias. Cada filme foi produzido em 3 repetições. Antes de cada análise, os filmes foram condicionados em dessecador

contendo cloreto de bário em pó à temperatura de $25 \pm 5^\circ\text{C}$, e umidade relativa de aproximadamente 0% por 24 h (ASTM D 618-13).

2.2. Caracterização dos filmes

2.2.1. Espessura

A espessura dos filmes foi determinada utilizando micrômetro digital (PIK B-Pantec), sendo expressa em milímetros (mm) (Li et al., 2011). As medidas foram realizadas por meio da medição de 5 pontos diferentes do filme, sendo considerada a espessura real a média de todos os pontos medidos.

2.2.2. Difração de raios-X

Os difratogramas de raio-X (DRX) foram obtidos pelo difratômetro D2 Phaser (Bruker Co., Ltd., Alemanha), usando a radiação do $\text{CuK}\alpha$ (1,5418 Å), gerado à 30 V, e 10 mA, à temperatura ambiente. Fez-se uma varredura na posição 2θ entre 7° a 90° , com velocidade de $4^\circ.\text{min}^{-1}$ (Ibrahim et al., 2020).

2.2.3. Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

Os espectros na região do infravermelho utilizando o modo de reflexão total atenuada foram obtidos pelo espectrômetro Agilent Cary 630 FTIR (Índia). As amostras foram analisadas com varredura entre os comprimentos de onda de $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ com resolução média de 4 cm^{-1} , à temperatura ambiente ($25 \pm 5^\circ\text{C}$) (Singh et al., 2018). Os dados foram tratados de forma qualitativa visando a identificação de grupos químicos característicos do PVA e nitrito, além de possíveis modificações.

2.2.4. Propriedades mecânicas

A investigação do módulo de elasticidade foi baseada na ASTM D 882-02 utilizando o equipamento Brookfield modelo CT3 (USA). A distância inicial foi ajustada para 5 cm e a velocidade de deformação foi de $500 \text{ mm}.\text{min}^{-1}$. Os filmes foram cortados nas dimensões $(2,5 \times 10) \text{ cm}^2$, sendo utilizados 2 corpos de prova para cada repetição, de um total de 3 repetições, totalizando 6 amostras. Os dados foram apresentados como módulo de elasticidade

(ME), obtidos com base na equação de regressão linear da região elástica dos gráficos tensão x deformação, em que se considerou o valor de “slope” como o ME.

2.2.5. Propriedades ópticas

Para as propriedades ópticas foram determinadas a opacidade e a diferença de cor (ΔE) dos filmes de PVA, com e sem adição de nitrito. A opacidade foi quantificada baseado na metodologia de Haghghi et al.(2021). A transmitância dos filmes de PVA foram determinadas em 600 nm, usando o espectrofotômetro Modelo PC (Shimadzu, Japão). A opacidade foi calculada pela Equação 1:

$$Opacidade = \frac{-\text{Log}(T_{600})}{x} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo que T_{600} é a transmitância em 600 nm e x a espessura dos filmes (mm). Para a determinação do ΔE , foi utilizado o colorímetro Color Quest XE (Hunter Lab, EUA) à temperatura de $25 \pm 5^\circ\text{C}$, no modo de transmitância, Iluminante D65, e ângulo de observador de 10° (Salas-Valero et al., 2015). O valor do ΔE foi calculado pela Equação 2 (Rao et al., 2010):

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L^*)^2 + (a_0 - a^*)^2 + (b_0 - b^*)^2} \quad \text{Equação 2}$$

Onde L_0 , a_0 e b_0 são os valores de cor dos filmes sem nitrito e L^* , a^* e b^* são os valores de cor para os filmes com adição de nitrito.

2.2.6. Permeabilidade ao vapor d'água

A permeabilidade ao vapor d'água dos filmes foi determinada de acordo com a metodologia indicada pela ASTM E96/E96M, com algumas modificações. Os filmes foram fixados em recipiente com diâmetro de 2,5 cm, contendo sílica gel. Os recipientes foram colocados em câmeras com 100% UR, em temperatura de $25 \pm 5^\circ\text{C}$, e pesadas diariamente até peso constante. A permeabilidade ao vapor d'água foi calculada pela Equação 3 e expressa em $\text{g.m}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{Pa}^{-1}$:

$$P = \frac{gX}{tA\Delta p} \quad \text{Equação 3}$$

Em que g é a massa da água absorvida (g), X é a espessura do filme (m), t o tempo de análise (s), A a área do filme (m²) e Δp a diferença de pressão entre os dois lados do filme (Pa).

2.2.7. Solubilidade

O teste de solubilidade teve como base a metodologia descrita por Silva et al. (2008). Os filmes foram cortados em formato quadrático, com diâmetro de 2 cm. Em seguida, os filmes foram secos à $105 \pm 5^\circ\text{C}$, por 24 h, pesados, e registrado como massa inicial (M_i). Em seguida, levou-se a amostra ao Erlenmeyer, contendo 50 mL de água destilada, sendo colocada em repouso à temperatura ambiente, por 24 h. Passado o tempo, as amostras foram novamente secas à $105 \pm 5^\circ\text{C}$, por 24 h, em estufa, e novamente, a massa foi pesada e registrada como massa final (M_f). A análise foi realizada em triplicata e a solubilidade (S) foi determinado pela Equação 4.

$$S = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

2.2.8. Propriedades térmicas

As propriedades térmicas dos filmes ativos de PVA foram determinados por termogravimetria (TG) e calorimetria exploratória diferencial (DSC), de acordo com metodologia de Mohsin et al. (2011), com algumas modificações. As análises foram realizadas utilizando o calorímetro TGA/DSC Test Instrument LINSEIS Modelo STA PT – 1000 (Alemanha), varredura de 25°C a 900°C , e taxa de aquecimento de $10^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, sob atmosfera de ar. A entalpia de fusão (ΔH_m) foi obtida pela integração dos picos de fusão dos gráficos de DSC.

2.3. Aplicação dos filmes em carne

A fim de avaliar a ação ativa dos filmes de PVA incorporados com nitrito, carne de porco *in natura* foram embaladas nesse material e mantidas sob refrigeração por 6 dias. O corte utilizado foi o lombo de suíno sem gordura superficial. Os cortes foram adquiridos em açougue da cidade de Itapetinga (Bahia, Brasil), especializado em carne suína, onde foi removida qualquer gordura visível da peça. O lombo de suíno foi transportado em caixa térmica para o Laboratório de Análise de Alimentos, Departamento de Tecnologia Rural e Animal,

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), e o experimento montado logo em seguida.

A aplicação dos filmes na carne foi feita segundo metodologia de (Chatkitanan & Harnkarnsujarit, 2021), com adequações. O lombo foi cortado em bifes de aproximadamente 2 cm espessura. O sistema de embalagem utilizado foi formado por uma bandeja de poliestireno contendo dois bifes, sendo que entre cada bife foi colocado, em contato direto, um filme de PVA. Esse sistema foi revestido com filmes flexíveis de PVC, e o mesmo esquema foi utilizado para todos os tratamentos com filmes de PVA contendo as seguintes concentrações de nitrito: 0,005% (m.m⁻¹) (PVA 005), 0,01% (m.m⁻¹) (PVA 01) e 0,05% (m.m⁻¹) (PVA 05). Ademais, também foi avaliada como controle uma amostra contendo os dois bifes, sem o filme de PVA, acondicionados em bandeja de poliestireno e revestido com PVC flexível. Todas as embalagens foram estocadas em geladeira vertical e armazenadas a $4 \pm 2^\circ\text{C}$. A qualidade das amostras de carne foi monitorada durante o armazenamento nos tempos 0, 3 dias e 6 dias pelas análises de cor, nitrito residual e oxidação (TBA).

2.3.1. Nitrito residual

A migração de nitrito para a carne foi determinada com base em Hunt & King (2012) com algumas modificações. Uma amostra de carne (5 g) foi triturada com 40 mL de água destilada, e colocada para aquecer em banho-maria a $80 \pm 5^\circ\text{C}$, por 2 h. As amostras foram resfriadas até temperatura ambiente e a suspensão foi filtrada em papel de filtro quantitativo (UNIFIL, porosidade de 3 Micra). Do filtrado, retirou-se uma alíquota de 2 mL foi adicionada em um tubo de ensaio, onde foram adicionados também 1 mL de água destilada, e 0,2 mL de sulfanilamida 1% (m.v⁻¹). O tubo foi mantido no escuro por 5 min. Após este tempo, a mistura foi transferida para balão volumétrico de 10 mL e adicionado 0,2 mL de N-(1-naptil)-etilenodiamina (NED), sendo mantida em repouso no escuro por 15 min. Após este tempo, foi realizado leitura da absorbância a 540 nm usando espectrofotômetro Modelo PC (Shimadzu, Kyoto, Japão). As análises foram realizadas em duplicata. O nitrito residual foi quantificado usando curva de calibração de absorbância (y) e concentração de nitrito de sódio (x) na faixa de concentração 0,2 – 5 mg.Kg⁻¹, onde obtivemos equação da curva e equação $y = 2,48 \times 10^{-4} + 0,14x$, com $R^2 = 0,997$.

2.3.2. Oxidação lipídica

A determinação da oxidação lipídica foi realizada pelo método substância reativa ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), modificado segundo Hunt & King (2012). A solução de TBARS foi preparada na concentração de $0,08 \text{ mol.L}^{-1}$, dissolvida em ácido acético 50%. A carne foi cortada em pedaços pequenos e 10 g foram homogeneizados com 40 mL de ácido tricloroacético (TCA) 5% e 1 mL de BHT 0,15%. Após 1 min de homogeneização, o líquido foi filtrado e transferido para balão volumétrico de 50 mL, sendo o volume ajustado com TCA 5%. Em seguida foi retirado 2 mL do balão aos quais foram adicionados 2 mL de TBARS $0,08 \text{ mol.L}^{-1}$, e aquecido em banho maria à $100 \pm 5^\circ\text{C}$, por 5 min. Após resfriamento, a absorbância das amostras foram medidas a 532 nm, usando espectrofotômetro Modelo PC (Shimadzu, Kyoto, Japão). As análises foram realizadas pelo menos em duplicata. Os resultados foram expressos em μM de malondialdeído (MDA) por g de carne. Os cálculos foram feitos conforme Equação 5, utilizando o coeficiente de extinção molar do MDA ($1,56 \times 10^5 \text{ M}^{-1}.\text{cm}^{-1}$), a absorbância a 532 nm (A_{532}), a massa de carne (m) e o volume do balão volumétrico (V). Os resultados foram expressos em μmol de MDA. g^{-1} de carne.

$$\text{ValorTBARS} = \frac{A_{532} \times V(L) \times 10^{-6}(\mu\text{mol de MDA})}{1,56 \times 10^5 \left(\frac{L}{\text{mol de MDA}} \right) * m(\text{g de carne}) * 1(\text{mol de MDA})} \quad \text{Equação 5}$$

2.3.3. Medidas de cor

As medidas colorimétricas foram realizadas por análise digital por smartphone, com base em Franco *et al.* (2021), com modificações. Para aquisição da imagem foi utilizado uma sala fechada, tendo lâmpadas fluorescentes como fonte de iluminação. As fotografias foram tiradas o smartphone Samsung Galaxy J2 Core, com resolução de 8 megapixels e flash LED como iluminante. A distância entre a câmera e a amostra foi de aproximadamente 15 cm. O processamento da imagem foi realizado pelo software Color Grab v.3.9 e os valores Lab* foram obtidos pela média de cinco pontos diferentes na amostra. O valor do ângulo Hue foi calculador pela seguinte Equação 6:

$$\text{Hue} = \arctan \frac{a^*}{b^*} \quad \text{Equação 6}$$

A diferença de cor entre amostra controle (sem o filme) e as amostras em contato com o filme foi determinada pela Equação 4, sendo L_0 , a_0 e b_0 os valores de cor da amostra controle e L^* , a^* e b^* são os valores das amostras embaladas conforme item 2.3. As amostras foram avaliadas imediatamente após remoção das embalagens.

Análise estatística

Todos os dados experimentais foram realizados para três repetições dos filmes. Os resultados foram expressos como média e desvio padrão para os resultados das análises de propriedades dos filmes (mecânicas, ópticas e permeabilidade ao vapor d'água) e os resultados da aplicação do filme na carne de porco (nitrito residual, oxidação lipídica e medida de cor), sendo a análise estatística destes dados realizada por regressão linear com software Minitab (Minitab Inc., State College, PA, USA). Considerou-se como significativo ao modelo as variáveis com valor de $p < 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização dos filmes

Os difratogramas dos filmes de PVA e PVA contendo NaNO_2 (0,005%, 0,01% e 0,05%) são mostrados na Figura 1. Em todos os difratogramas nota-se a presença de um pico cristalino do PVA em aproximadamente $2\theta = 20^\circ$. Picos relacionados à estrutura cristalina do NaNO_2 em $2\theta = 30,07^\circ$, $62,07^\circ$ e $67,45^\circ$ (Liu et al., 2020) não foram identificados no difratograma, sugerindo que não ocorreu a formação de estruturas nanocristalina do NaNO_2 . Os resultados também mostram que o pico cristalino do PVA reduziu com a incorporação de NaNO_2 , sugerindo que a presença do nitrito reduz a cristalinidade dos filmes de PVA. Esta redução na cristalinidade causada pelo nitrito ocorreu devido ao efeito plastificante do nitrito, que devido a sua natureza hidrofílica (Chatkitanan & Harnkarnsujarit, 2021) gerou interferência nas interações polares entre as cadeias do PVA, resultando em maior distanciamento e consequente redução da cristalinidade.

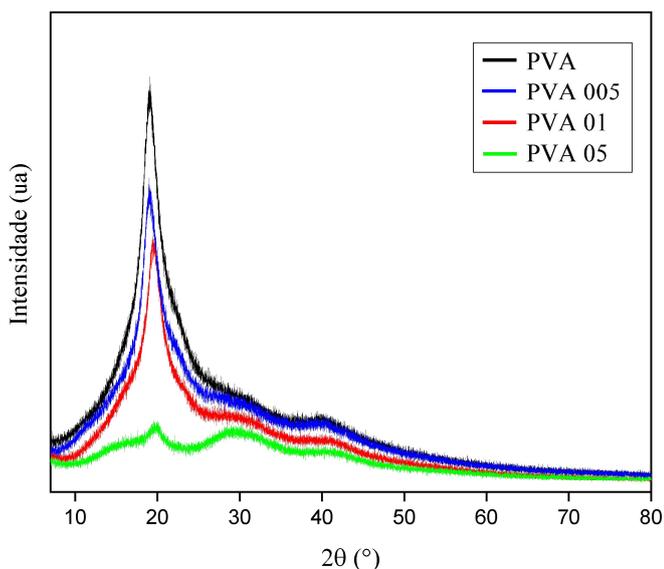


Figura 1. Padrões de difração de raios-x para PVA e PVA contendo NaNO_2 (0,005%, 0,01% e 0,05%)

Na Figura 2 são mostrados os resultados das análises térmicas dos filmes de PVA e PVA contendo NaNO_2 (0,005%, 0,01% e 0,05%). Nos resultados de DSC (figura 3a) observa-se um pico endotérmico na faixa de temperatura de 140-160°C relacionado ao TG dos filmes de PVA onde os filmes contendo nitrito apresentam picos endotérmicos mais intensos que o filme de PVA puro. Esta diferença está relacionada a substituições das ligações de hidrogênio e Wan Der Walls entre as cadeias de PVA por ligações íon permanente/íon induzido ocasionado pela adição de nitrito. Como as ligações íon permanente/íon induzido são mais fortes (Andrić et al., 2012), necessitou-se de mais energia para romper esta ligações, ocasionando em pico endotérmicos mais intensos. Com relação à estabilidade térmica dos filmes (Figura 3b), nota-se que ocorreu degradação térmica em temperaturas próximas a 310°C, independente das concentrações de nitrito, mostrando que o nitrito não influencia na temperatura de degradação térmica do filme de PVA. É possível que sob influência do ar na análise do TGA o nitrito tenha reduzido à óxido nítrico, que apresenta estado gasoso à temperatura ambiente, e evaporado no início do processo (Zweier et al., 2014), não exercendo influência na degradação térmica do PVA.

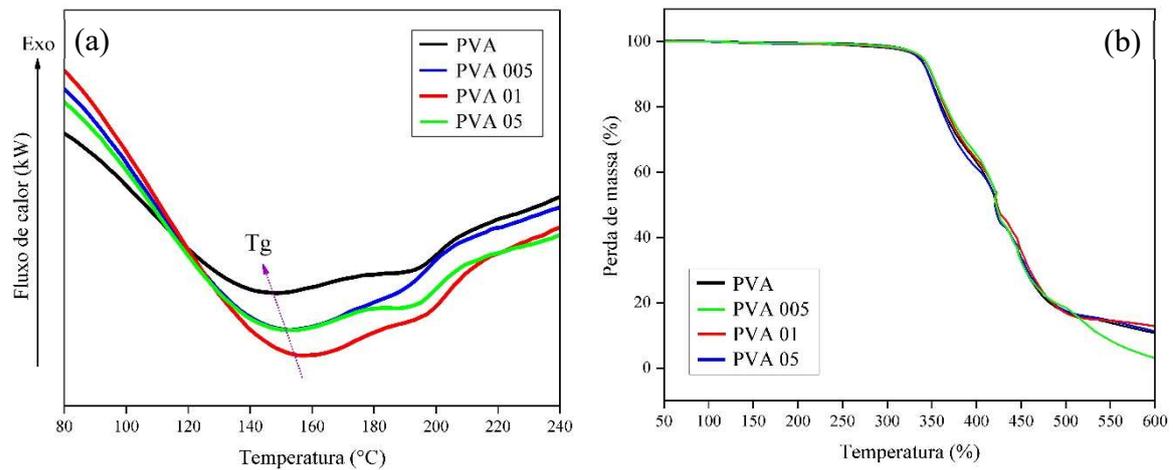


Figura 2. Curva DSC (a) e TG (b) dos filmes de PVA e PVA contendo NaNO_2 (0,005%, 0,01% e 0,05%)

Os espectros no infravermelho dos filmes de PVA e PVA contendo NaNO_2 (0,005%, 0,01% e 0,05%) são mostrados na Figura 3. O espectro apresenta todas as bandas características do PVA, sendo eles 3290 cm^{-1} , 2922 cm^{-1} , 1724 cm^{-1} , 1425 cm^{-1} , 1240 cm^{-1} e 1074 cm^{-1} , associados aos grupos O-H, C-H, C=O, CH_2 , C-O-C e C-O, respectivamente. Resultado em concordância com a literatura (dos Reis et al., 2006; Mansur et al., 2008). Picos referentes ao NaNO_2 na faixa de $1380\text{--}1350$ e $840\text{--}815\text{ cm}^{-1}$ (Sekhar et al., 2009) ou alterações nas bandas de absorção do PVA não foram detectados no presente trabalho. Possivelmente, as concentrações de nitrito incorporado nos filmes de PVA estão abaixo do limite de detecção do instrumento utilizando neste estudo tendo em vista que concentrações mais altas já foram detectadas em outros trabalhos (Chatkitanan & Harnkarnsujarit, 2020; Sekhar et al., 2009) indicando interação entre o nitrito e o PVA.

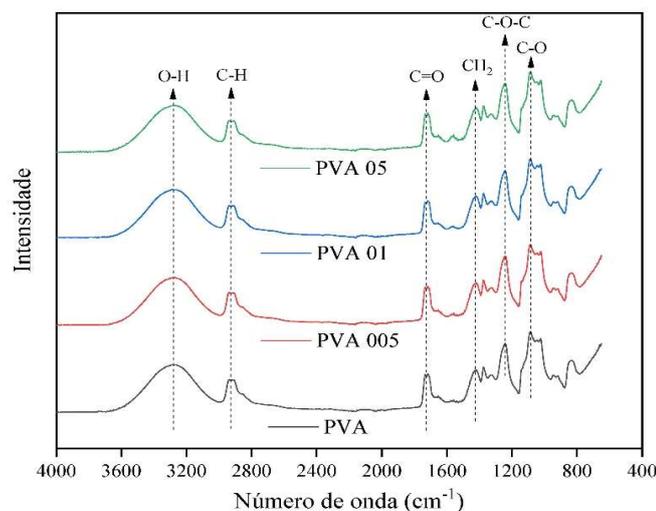


Figura 3. Espectros de absorção FTIR para os filmes de PVA e PVA contendo NaNO_2 (0,005%, 0,01% e 0,05%)

As propriedades mecânica, óticas, e de barreira à umidade são mostradas na figura 4, onde os dados foram analisados por modelos de regressão linear, quadráticos e cúbicos. Observou-se que a permeabilidade ao vapor de água não se enquadra em nenhum dos modelos avaliados ($p > 0,05$). Este resultado sugere que a concentração de nitrito não tem relação com a permeabilidade ao vapor d'água dos filmes de PVA, o que pode estar relacionado a alta solubilidade do PVA, visto que este exerce alta influência na barreira ao umidade. (Brandelero et al., 2013). O teste de solubilidade do PVA contendo nitrito foi realizado, todavia, todos os filmes se dispersaram completamente em água após 24 horas de análise, independente da concentração de nitrito, demonstrando alta solubilidade dos filmes. A facilidade de dispersão dos filmes em água se deve a presença de grupos hidroxilas na estrutura molecular do PVA (Chang et al., 2005). As hidroxilas do PVA promovem ligação de hidrogênio com as moléculas de água, fazendo com que as interações entre as cadeias do PVA se rompam, resultando na dispersão (Lei et al., 2009).

Outro parâmetro que não se enquadra nos modelos de regressão estudados é o ΔE ($p > 0,05$) (Figura 4), sugerindo que as diferenças de cor não são influenciadas pela concentração de nitrito. Apesar disso, nota-se que a presença de NaNO_2 nos filmes de PVA não gerou variações de cor perceptíveis ao olho humano, valores estes que equivalem a $\Delta E > 1$ (Thakhiew et al., 2013).

Diferente da variação de cor, a opacidade se adequou ao modelo de regressão quadrático ($p < 0,001$). Além disso, nota-se que os valores de opacidade apresentados neste estudo foram menores ao apresentado pelo estudo de Ahangar et al. (2015), que observaram valores o opacidade de PVA entre 1,15 - 1,81, classificando-os como altamente transparente. Portanto, considera-se que os filmes do PVA do presente estudo possuem alta transparência.

Os valores de modulo de elasticidade também se adequaram ao modelo de regressão quadrático ($p = 0,0216$). Para este resultado, esperava-se uma melhor adequação no modelo linear, visto que o nitrito gerou uma redução na estrutura cristalina dos filmes de PVA à medida que a concentração de nitrito aumentava. Apesar disso, os valores de ME mostrados no presente estudo foram menores do que o apresentado por Mousa & Dong (2018) de 11 GPa para a fase amorfa do PVA. Segundo os autores, a nanoestrutura do PVA exerce grande influência nos valores de ME, onde a fase cristalina do PVA apresenta valores de ME superiores à fase amorfa. No presente trabalho, o nitrito atuou como plastificante, reduzindo a cristalinidade do PVA e conseqüentemente reduzindo os valores de ME. Portanto, os filmes de PVA demonstram flexibilidade, ou seja, possuem a capacidade de esticar quando submetidos a uma tensão (Jones & Ashby, 2019).

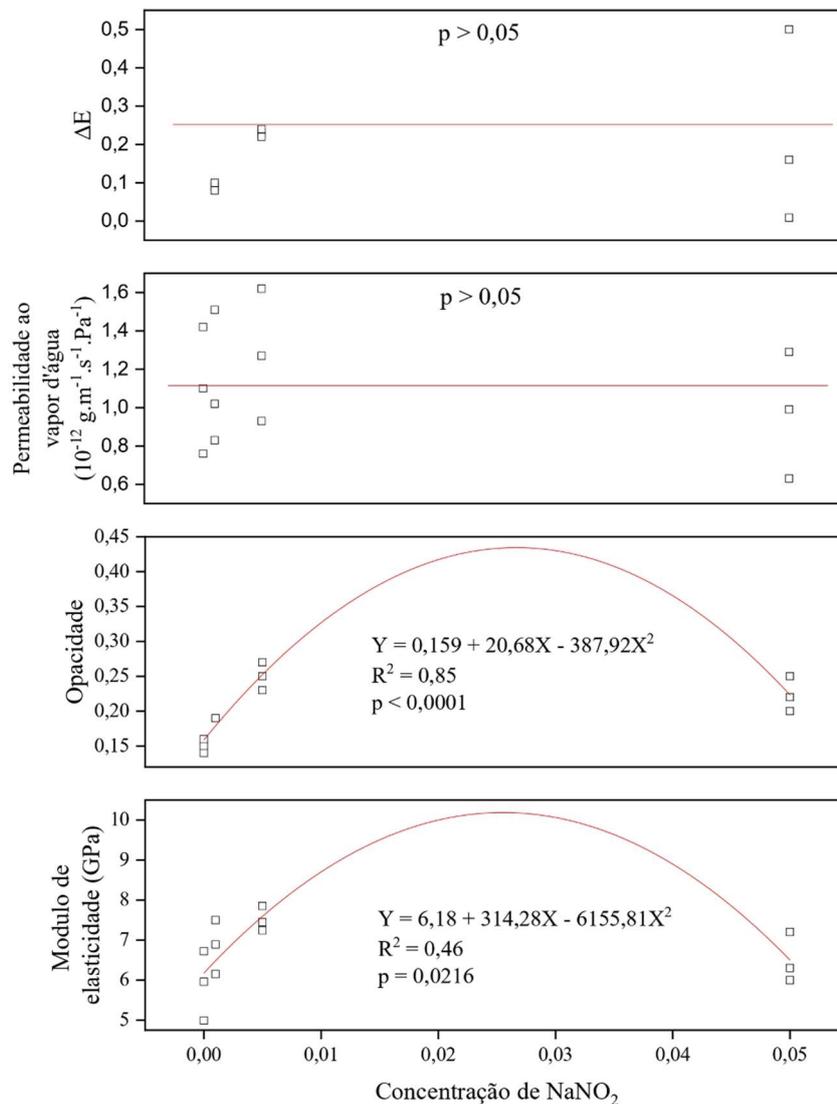


Figura 4. Propriedades mecânicas, ópticas e permeabilidade ao vapor d'água dos filmes de PVA e PVA contendo NaNO_2 (0,005%, 0,01% e 0,05%)

3.2. Aplicação dos filmes em carne de porco

Na Tabela 1 são apresentados os resultados para o nitrito residual na carne armazenada sob refrigeração. O aumento da concentração de nitrito adicionada à matriz polimérica de PVA influenciou no aumento do teor de nitrito residual nas carnes refrigeradas. Com relação a influência do tempo de armazenamento, observa-se que ocorreu aumento do teor de nitrito residual após o terceiro dia de armazenamento em todas as amostras contendo nitrito. A migração do nitrito do filme para a carne pode estar associada à capacidade de difusão do nitrito na carne (Fox, 1980). O nitrito de sódio é um composto altamente solúvel em água (Reynolds et al., 2021), o que facilitou sua migração para a carne de porco, visto que a água é o principal composto da carne de porco, representando aproximadamente 75% da composição total (Reig et al., 2013).

Apesar da migração do nitrito para a carne os valores de nitrito residual estão abaixo do estabelecido pela legislação brasileira que é de 150 mg.Kg⁻¹ (Brasil, 2019). Uma observação importante relacionada aos resultados está na detecção de concentrações de nitrito residual em amostras embaladas com filme de PVA onde não foram adicionados nitrito, como o filme controle (amostra embalada com PVC) e filme contendo somente PVA. É possível que para este caso as amostras podem ter sofrido interferência de compostos como sulfatos e nitrogênio amoniacal (Norwitz & Keliher, 1986).

Tabela 1. Conteúdo de nitrito na carne de porco embalada com e PVA contendo NaNO₂ (0,005%, 0,01% e 0,05%) em função do tempo de armazenamento refrigerado

Tratamento	Concentração de nitrito (mg.Kg ⁻¹)			R ²	p	Equação
	Dia 0	Dia 3	Dia 6			
Controle	0,00 ± 0,00	0,34 ± 0,29	0,15 ± 0,17	0,194	0,710	y=0,09+0,03x
PVA	0,00 ± 0,00	9,80 ± 0,37	7,45 ± 0,94	0,530	0,481	y=2,03+1,24x
PVA 005	0,00 ± 0,00	12,08 ± 2,34	10,56 ± 2,47	0,407	0,644	y=2,27+1,76x
PVA 01	0,00 ± 0,00	11,48 ± 2,84	10,68 ± 4,06	0,694	0,373	y=2,05+1,78x
PVA 05	0,00 ± 0,00	25,47 ± 7,62	23,83 ± 3,25	0,699	0,370	y=3,69+4,81x
R ²	—	0,984	0,991			
p	—	0,008	0,005			
Equação	—	y=9,60+314x	y=7,93+318x			

A Tabela 2 apresenta os valores de malondialdeído por grama da carne controle e embalada com filmes de PVA e PVA contendo nitrito. Observa-se que tanto a concentração de nitrito quanto a tempo de análise não influencia nos valores de MDA (p > 0,05). A literatura relata que o nitrito apresenta ação antioxidante (Gawel et al., 2004), todavia, este efeito antioxidante não foi mostrado pelos filmes, apesar da presença de nitrito na carne. A falta de ação antioxidante neste estudo está relacionada a baixa concentração de nitrito presente nas amostras. Rivera et al. (2019) estima que a concentração de nitrito necessária para inibição da oxidação dos lipídeos está na faixa de 20-50 ppm. No presente trabalho, as concentrações máximas presente na carne variaram de 7,5-24,0 ppm.

Tabela 2. Concentração de MDA da carne de porco sem revestimento e revestida com filmes de PVA e PVA contendo diferentes concentrações NaNO_2 (0,005%, 0,01% e 0,05%) durante armazenamento refrigerado

Tratamento	Concentração de MDA ($\mu\text{mol.g}^{-1}$)			R^2	p	Equação
	Dia 0	Dia 3	Dia 6			
Controle	0,33 ± 0,37	0,90 ± 0,21	0,63 ± 0,24	0,277	0,647	$y=0,47+0,05x$
PVA	0,33 ± 0,37	0,48 ± 0,55	1,19 ± 0,05	0,876	0,229	$y=0,24+0,14x$
PVA 005	0,33 ± 0,37	1,14 ± 0,62	0,61 ± 0,26	0,116	0,779	$y=0,55+0,05x$
PVA 01	0,33 ± 0,37	0,28 ± 0,16	0,49 ± 0,11	0,531	0,480	$y=0,29+0,03x$
PVA 05	0,33 ± 0,37	0,51 ± 0,37	0,99 ± 0,80	0,935	0,163	$y=0,31+0,08x$
R^2	—	0,041	0,035			
p	—	0,789	0,814			
Equação	—	$y=0,66+3,3x$	$y=0,78+2,65x$			

Na Figura 5 são mostrados os dados referentes às coordenadas colorimétricas (Lab^*) e ângulo Hue da carne de porco embalada com os filmes ativos de PVA em função do tempo de armazenamento. Após 6 dias de armazenamento, foi observado que a carne embalada em filmes de PVA contendo nitrito exibiu maiores valores de luminosidade (L^*) e menores valores da cor amarela (b^*) quando comparada com a carne controle. Para a coordenada de cor relacionada ao tom vermelho (a^*), não foi notada variação significativa entre o controle e demais amostras. Já com relação ao ângulo Hue, nota-se que o controle apresentou menores valores em comparação as amostras revestidas com filmes contendo nitrito, indicando que ocorreu descoloração da carne no armazenamento com a adição de nitrito (Yan et al., 2021). Esta descoloração também pode ser observada na Figura 6, sendo que os valores de ΔE das amostras de carnes embaladas em filmes ativos apresentaram valores superiores a 1, independente do tempo de armazenamento ou concentração de nitrito. Segundo a literatura (Thakhiew et al., 2013), valores de $\Delta E > 1$ indicam que a diferença de cor é perceptível ao olho humano. Portanto, a presença dos filmes de PVA e nitrito proporcionaram mudança de cor na carne visivelmente perceptível. A diferença de cor pode ter ocorrido devido a auto-oxidação da mioglobina para metamioglobina na presença do ar (George & Stratmann, 1952), visto que as amostras no presente estudo não foram submetidas à vácuo. Além da auto-oxidação da mioglobina na presença do ar, o nitrito também pode ter contribuído para mudança de coloração, visto que primeira mudança perceptível quando incorporado nitrito na carne é a alteração da cor vermelha para marrom, que ocorre devido a interação do nitrito com o ferro do grupo heme (Sebranek & Bacus, 2007). Para que o nitrito possa gerar a coloração rosa característica da carne de porco curada é necessária sua conversão a óxido nítrico (NO), que reagirá com o ferro do grupo heme formando os pigmentos da carne curada. Essa conversão de NO_2 para NO ocorre rapidamente na presença de redutores. Na ausência deste, o processo é longo e complexo, exigindo bastante tempo para o desenvolvimento da cor rosa (Ning et al., 2020).

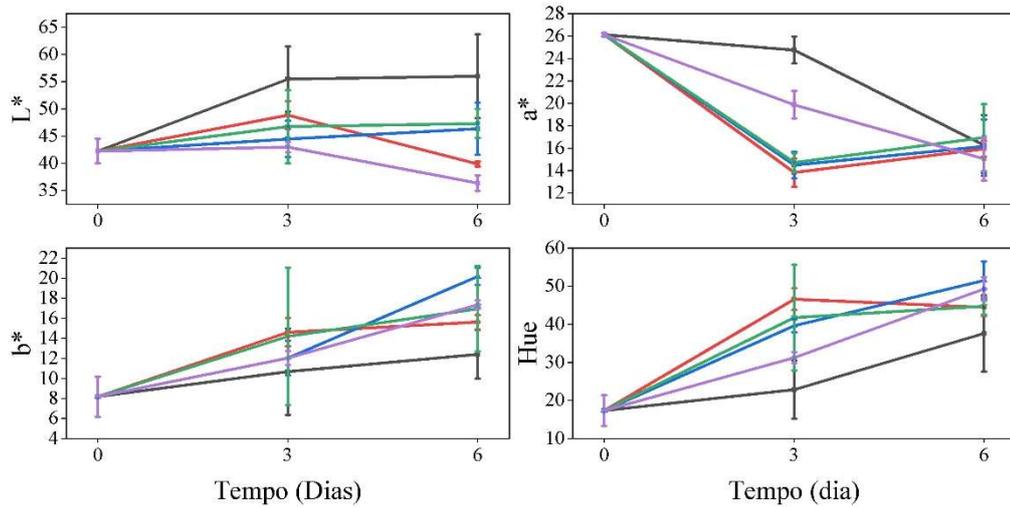


Figura 5. Estabilidade da cor da carne de porco durante 6 dias revestida com filme de PVA (■), PVA 005 (■), PVA 01 (■), PVA 05% (■) e sem revestimento (■)

	Controle	PVA	PVA 005	PVA 01	PVA 05
Dia 0	x = N.D. y = N.D.	x = N.D. y = N.D.	x = N.D. y = N.D.	x = N.D. y = N.D.	x = N.D. y = N.D.
Dia 3	x = N.D. y = 14.04	x = 13.39 y = 14.08	x = 15.11 y = 12.02	x = 15.11 y = 13.87	x = 15.11 y = 9.43
Dia 6	x = N.D. y = 17.47	x = 16.44 y = 12.85	x = 12.40 y = 16.13	x = 9.83 y = 13.89	x = 20.31 y = 15.57

Figura 6. Variação de cor da carne revestida com PVA e PVA contendo NaNO_2 em função do tempo de armazenamento. x são os valores de ΔE para a influência do tempo e y os valores de ΔE para a concentração de NaNO_2 .

4. CONCLUSÃO

Filmes ativos de PVA incorporados com NaNO_2 foram desenvolvidos e aplicados em lombo suíno. A incorporação de nitrito não influenciou nas propriedades mecânicas, ópticas e de barreira à umidade dos filmes de PVA mas interferiram nas características de cristalinidade dos filmes. Com relação à aplicabilidade, os filmes não promoveram a formação de cor compatível com a aplicação de nitrito em carnes curadas e não teve migração de nitrito suficiente para a carne para um efeito antioxidante notável, sendo sugerido a incorporação de uma maior quantidade de nitrito nos filmes de PVA para melhor aplicabilidade dos filmes.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

REFERÊNCIAS

- Ahangar, E. G., Abbaspour-Fard, M. H., Shahtahmassebi, N., Khojastehpour, M., & Maddahi, P. (2015). Preparation and characterization of PVA/ZnO nanocomposite. *Journal of Food Processing and Preservation*, *39*(6), 1442–1451. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12363>
- Andrić, J. M., Janjić, G. V., Ninković, D. B., & Zarić, S. D. (2012). The influence of water molecule coordination to a metal ion on water hydrogen bonds. *Physical Chemistry Chemical Physics*, *14*(31), 10896–10898. <https://doi.org/10.1039/c2cp41125c>
- ASTM D 618-13. (2013). Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing, ASTM International. *ASTM International*, *i*, 1–4. <https://doi.org/10.1520/D0618-13.2>
- ASTM D 882-02. (2002). Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, ASTM International. *ASTM International*, 1–12. <https://doi.org/10.1520/D0882-12>
- ASTM E96/E96M. (2021). Standard Test Methods for Gravimetric Determination of Water Vapor Transmission. *ASTM International*, 21–22. <https://doi.org/10.1520/E0096>
- Bedale, W., Sindelar, J. J., & Milkowski, A. L. (2016). Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. *Meat Science*, *120*, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.009>
- Brasil. RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 272, DE 14 DE MARÇO DE 2019 Estabelece, 38 (2019). <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-331-de-23-de-dezembro-de-2019-235332272>
- Chang, I. S., Kim, C. Il, & Nam, B. U. (2005). The influence of poly-vinyl-alcohol (PVA) characteristics on the physical stability of encapsulated immobilization media for advanced wastewater treatment. *Process Biochemistry*, *40*(9), 3050–3054. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.02.009>
- Chatkitanan, T., & Harnkarnsujarit, N. (2020). Development of nitrite compounded starch-based films to improve color and quality of vacuum-packaged pork. *Food Packaging and Shelf Life*, *25*(February), 100521. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100521>
- Chatkitanan, T., & Harnkarnsujarit, N. (2021). Effects of nitrite incorporated active films on quality of pork. *Meat Science*, *172*(November 2020), 108367. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108367>
- Chetty, A. A., & Prasad, S. (2016). Flow injection analysis of nitrate and nitrite in commercial baby foods. *Food Chemistry*, *197*, 503–508. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.079>
- Chiellini, E., Corti, A., D'Antone, S., & Solaro, R. (2003). Biodegradation of poly (vinyl alcohol) based materials. In *Progress in Polymer Science* (Vol. 28, Issue 6). [https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(02\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(02)00149-1)
- Dong, T., Yun, X., Li, M., Sun, W., Duan, Y., & Jin, Y. (2015). Biodegradable high oxygen barrier membrane for chilled meat packaging. *Journal of Applied Polymer Science*, *132*(16), 1–8. <https://doi.org/10.1002/app.41871>
- dos Reis, E. F., Campos, F. S., Lage, A. P., Leite, R. C., Heneine, L. G., Vasconcelos, W. L., Lobato, Z. I. P., & Mansur, H. S. (2006). Synthesis and characterization of poly (vinyl alcohol) hydrogels and hybrids for rMPB70 protein adsorption. *Materials Research*, *9*(2), 185–191. <https://doi.org/10.1590/s1516-14392006000200014>
- Fox, J. B. (1980). Diffusion of chloride, nitrite, and nitrate in beef and pork. *Journal of Food*

- Science*, 45(6), 1740–1744. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1980.tb07601.x>
- Franco, M. de O. K., Suarez, W. T., dos Santos, V. B., Resque, I. S., dos Santos, M. H., & Capitán-Vallvey, L. F. (2021). Microanalysis based on paper device functionalized with cuprizone to determine Cu²⁺ in sugar cane spirits using a smartphone. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 253, 119580. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2021.119580>
- Gaaz, T. S., Sulong, A. B., Akhtar, M. N., Kadhum, A. A. H., Mohamad, A. B., Al-Amiery, A. A., & McPhee, D. J. (2015). Properties and applications of polyvinyl alcohol, halloysite nanotubes and their nanocomposites. *Molecules*, 20(12), 22833–22847. <https://doi.org/10.3390/molecules201219884>
- Gaweł, S., Wardas, M., Niedworok, E., & Wardas, P. (2004). Malondialdehyde (MDA) as a lipid peroxidation marker. *Wiadomości Lekarskie (Warsaw, Poland: 1960)*, 57(9–10), 453–455.
- George, P., & Stratmann, C. J. (1952). The oxidation of myoglobin to metmyoglobin by oxygen. I. *The Biochemical Journal*, 51(1), 103–108. <https://doi.org/10.1042/bj0510103>
- Govari, M., & Pexara, A. (2015). Nitrates and nitrites in meat products. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 66(3), 127–140. <https://doi.org/10.12681/jhvms.15856>
- Haghighi, H., Gullo, M., La China, S., Pfeifer, F., Siesler, H. W., Licciardello, F., & Pulvirenti, A. (2021). Characterization of bio-nanocomposite films based on gelatin/polyvinyl alcohol blend reinforced with bacterial cellulose nanowhiskers for food packaging applications. *Food Hydrocolloids*, 113, 106454. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106454>
- Hospital, X. F., Hierro, E., & Fernández, M. (2014). Effect of reducing nitrate and nitrite added to dry fermented sausages on the survival of Salmonella Typhimurium. *Food Research International*, 62, 410–415. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.055>
- Hunt, M., King, A. AMSA Meat Color Measurement Guidelines, American Meat Science Association. 1 (2012).
- Ibrahim, H. M., Reda, M. M., & Klingner, A. (2020). Preparation and characterization of green carboxymethylchitosan (CMCS) – Polyvinyl alcohol (PVA) electrospun nanofibers containing gold nanoparticles (AuNPs) and its potential use as biomaterials. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151, 821–829. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.174>
- Jayakumar, A., K.V., H., T.S., S., Joseph, M., Mathew, S., G., P., Nair, I. C., & E.K., R. (2019). Starch-PVA composite films with zinc-oxide nanoparticles and phytochemicals as intelligent pH sensing wraps for food packaging application. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136, 395–403. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.018>
- Jones, D. R. H., & Ashby, M. F. (2019). Elastic Moduli. In *Engineering Materials 1* (pp. 31–47). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102051-7.00003-8>
- Kalaycıoğlu, Z., & Erim, F. B. (2019). Nitrate and Nitrites in Foods: Worldwide Regional Distribution in View of Their Risks and Benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(26), 7205–7222. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b01194>
- Klebanoff, S. J. (1993). Reactive nitrogen intermediates and antimicrobial activity: Role of nitrite. *Free Radical Biology and Medicine*, 14(4), 351–360. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(93\)90084-8](https://doi.org/10.1016/0891-5849(93)90084-8)
- Knipe, C. L., & Beld, J. (2014). Encyclopedia of Meat Sciences. In *Encyclopedia of Meat Sciences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00110-0>
- Konuk Takma, D., & Korel, F. (2019). Active packaging films as a carrier of black cumin essential oil: Development and effect on quality and shelf-life of chicken breast meat. *Food Packaging and Shelf Life*, 19(September), 210–217. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.11.002>
- Kumar, A., & Han, S. S. (2017). PVA-based hydrogels for tissue engineering: A review.

- International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 66(4), 159–182. <https://doi.org/10.1080/00914037.2016.1190930>
- Lei, C., Wang, Q., & Li, L. (2009). Effect of interactions between poly(vinyl alcohol) and urea on the water solubility of poly(vinyl alcohol). *Journal of Applied Polymer Science*, 114, 517–523. <https://doi.org/10.1002/app>
- Li, J., Zivanovic, S., Davidson, P. M., & Kit, K. (2011). Production and characterization of thick, thin and ultra-thin chitosan/PEO films. *Carbohydrate Polymers*, 83(2), 375–382. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.07.064>
- Liu, T., Wang, H., & Zhang, M. (2020). Fabrication of a solid H₂O₂ vapor sensor using Cu(II) chelating chitosan as catalyst and PVA/NaNO₂ as electrolyte. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 31(15), 12561–12569. <https://doi.org/10.1007/s10854-020-03806-9>
- Mansur, H. S., Sadahira, C. M., Souza, A. N., & Mansur, A. A. P. (2008). FTIR spectroscopy characterization of poly (vinyl alcohol) hydrogel with different hydrolysis degree and chemically crosslinked with glutaraldehyde. *Materials Science and Engineering C*, 28(4), 539–548. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2007.10.088>
- Mohsin, M., Hossin, A., & Haik, Y. (2011). Thermal and Mechanical Properties of Poly(vinyl alcohol) Plasticized with Glycerol. *Journal of Applied Polymer Science*, 122, 3102–3109. <https://doi.org/10.1002/app>
- Mousa, M., & Dong, Y. (2018). Elastic behavior of nanophases in polyvinyl alcohol (PVA)/Bamboo charcoal (BC) nanocomposite films. *Frontiers in Materials*, 5, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fmats.2018.00044>
- Muppalla, S. R., Kanatt, S. R., Chawla, S. P., & Sharma, A. (2014). Carboxymethyl cellulose-polyvinyl alcohol films with clove oil for active packaging of ground chicken meat. *Food Packaging and Shelf Life*, 2(2), 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.07.002>
- Nangia, R., Shukla, N. K., & Sharma, A. (2018). Frequency and temperature-dependent impedance spectroscopy of PVA/PEG polymer blend film. *High Performance Polymers*, 30(8), 918–926. <https://doi.org/10.1177/0954008318774837>
- Ning, C., Bao, P., Zhang, D., Li, L., Chen, L., Fang, H., Tang, Y., & Zhou, C. (2020). Reduction and coordination properties of L-Lysine/L-arginine/L-cysteine for the improvement of the color of cured sausage. *Food Chemistry*, 312(June 2019), 126122. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126122>
- Norwitz, G., & Keliher, P. N. (1986). Study of organic interferences in the spectrophotometric determination of nitrite using composite diazotisation - coupling reagents. *The Analyst*, 3(9), 1033–1037.
- Panrong, T., Karbowski, T., & Harnkarnsujarit, N. (2019). Thermoplastic starch and green tea blends with LLDPE films for active packaging of meat and oil-based products. *Food Packaging and Shelf Life*, 21(May), 100331. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100331>
- Pelissari, F. M., Yamashita, F., & Grossmann, M. V. E. (2011). Extrusion parameters related to starch/chitosan active films properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(4), 702–710. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02533.x>
- Rao, M. S., Kanatt, S. R., Chawla, S. P., & Sharma, A. (2010). Chitosan and guar gum composite films: Preparation, physical, mechanical and antimicrobial properties. *Carbohydrate Polymers*, 82(4), 1243–1247. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.06.058>
- Reig, M., Aristoy, M. C., & Toldrá, F. (2013). Variability in the contents of pork meat nutrients and how it may affect food composition databases. *Food Chemistry*, 140(3), 478–482. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.085>
- Reynolds, J. G., Britton, M. D., & Belsher, J. D. (2021). A review of sodium nitrite solubility in water and physical properties of the saturated solutions. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 66(8), 2931–2941. <https://doi.org/10.1021/acs.jced.1c00175>
- Rivera, N., Bunning, M., & Martin, J. (2019). Uncured-Labeled Meat Products Produced Using Plant-Derived Nitrates and Nitrites: Chemistry, Safety, and Regulatory Considerations.

- Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(29), 8074–8084.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b01826>
- Salas-Valero, L. M., Tapia-Blácido, D. R., & Menegalli, F. C. (2015). Biofilms based on canihua flour (*Chenopodium Pallidicaule*): Design and characterization. *Quimica Nova*, 38(1), 14–21. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140275>
- Sebranek, J. G., & Bacus, J. N. (2007). Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Science*, 77(1 SPEC. ISS.), 136–147. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.025>
- Sekhar, K. C., Nautiyal, A., & Nath, R. (2009). Analysis of ferroelectric switching in sodium nitrite:poly(vinyl alcohol) nanocomposite films. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, 95(2), 415–421. <https://doi.org/10.1007/s00339-008-4887-2>
- Silva, G. G. D., Sobral, P. J. A., Carvalho, R. A., Bergo, P. V. A., Mendieta-Taboada, O., & Habitante, A. M. Q. B. (2008). Biodegradable films based on blends of gelatin and poly(vinyl alcohol): Effect of PVA type or concentration on some physical properties of films. *Journal of Polymers and the Environment*, 16(4), 276–285. <https://doi.org/10.1007/s10924-008-0112-9>
- Singh, S., Gaikwad, K. K., & Lee, Y. S. (2018). Antimicrobial and antioxidant properties of polyvinyl alcohol bio composite films containing seaweed extracted cellulose nano-crystal and basil leaves extract. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, 1879–1887. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.10.057>
- Thakhiew, W., Devahastin, S., & Soponronnarit, S. (2013). Physical and mechanical properties of chitosan films as affected by drying methods and addition of antimicrobial agent. *Journal of Food Engineering*, 119(1), 140–149. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.05.020>
- USA. (2019). *Federal Regulations. Title 21--Food And Drugs, Chapter I--Food And Drug Administration, Department Of Health And Human Services, Subchapter B—Food For Human Consumption (Continued), Part 172—Food Additives Permitted For Direct Addition To Food For Human C.* <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm?fr=170.3&SearchTerm=170.3>
- Wu, J. G., Wang, P. J., & Chen, S. C. (2010). Antioxidant and antimicrobial effectiveness of catechin-impregnated pva-starch film on red meat. *Journal of Food Quality*, 33(6), 780–801. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00350.x>
- Wyrwa, J., & Barska, A. (2017). Innovations in the food packaging market: active packaging. *European Food Research and Technology*, 243(10), 1681–1692. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2878-2>
- Yan, Y., Lee, J., Hong, J., & Suk, H. J. (2021). Measuring and describing the discoloration of liquid foundation. *Color Research and Application*, 46(2), 362–375. <https://doi.org/10.1002/col.22584>
- Yildirim, S., Röcker, B., Pettersen, M. K., Nilsen-Nygaard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., Radusin, T., Suminska, P., Marcos, B., & Coma, V. (2018). Active Packaging Applications for Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 165–199. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12322>
- Zweier J. L., Li, H., Samouilov, A., & Liu, X. (2014). Mechanisms of nitrite reduction to nitric oxide in the heart and vessel wall. *Bone*, 23(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2009.12.004>.Mechanisms

IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos de investigação propostos para esta dissertação foram cumpridos. O filmes foram desenvolvidos e avaliados, além de aplicados em produtos cárneos para investigar sua eficácia, onde os filmes mostraram eficiência no controle oxidativo das carnes de porco.

Os filmes embalados à vácuo poderia dar resultados diferentes com relação a cor, portanto, sugere-se a investigação da influência do vácuo na aplicabilidade desta embalagem em produtos cárneos. Além disso, para que o filme ativo de PVA possa atuar de forma a contribuir na manutenção da coloração, recomenda-se que junto com a adição de nitrito de sódio ao filme, seja também adicionado agentes redutores, tal como o ascorbato.

V – ANEXOS

Anexo A. Normas para preparação de trabalhos científicos para publicação de acordo com a revista *Food Research International* com Qualis A1(2013-2016)



Introduction

Food Research International é o sucessor do Canadian Institute of Food Science and Technology Journal. Com base na qualidade e nos pontos fortes de seu antecessor, a *Food Research International* foi desenvolvida para criar um fórum verdadeiramente internacional para a comunicação de pesquisas em ciência de alimentos.

A *Food Research International* fornece um fórum para a rápida disseminação de pesquisas significativas e de alto impacto em ciência, tecnologia, engenharia e nutrição de alimentos. A revista publica apenas artigos de revisão novos, de alta qualidade e alto impacto, artigos de pesquisa originais e cartas aos editores, nas várias disciplinas que abrangem a ciência e tecnologia de alimentos. É política da revista publicar edições especiais sobre assuntos atuais e emergentes de pesquisa de alimentos ou áreas relacionadas à pesquisa de alimentos. Edições especiais de artigos selecionados e revisados por pares de reuniões científicas, workshops, conferências sobre ciência, tecnologia e engenharia de alimentos também serão publicados.

A *Food Research International* não publica artigos com ênfase em desenvolvimento de produtos, otimizações estatísticas de processos ou pesquisas. Isso se baseia na política editorial da revista de publicar trabalhos mais fundamentais com forte ênfase quantitativa e de natureza geral.

Os tópicos abordados pela revista incluem:

- Tecnologias emergentes
- Aspectos sensoriais dos alimentos
- Toxicologia Alimentar
- Química e Análise de Alimentos
- Omics de comida
- Nutrição, saúde e digestão de alimentos
- Engenharia de Alimentos e Ciência de Materiais de Alimentos
- Alimentos Funcionais
- Microbiologia, Segurança e Qualidade Alimentar

Consulte também a lista de assuntos não considerados na *Food Research International* antes de enviar seu artigo. Esses tópicos podem ser encontrados em todos os objetivos e escopo da revista .

Tipos de Artigos

1. Artigos de pesquisa - artigos de pesquisa originais completos que não tenham sido publicados anteriormente, exceto de forma preliminar. É preferível que os manuscritos não excedam 6.000 palavras. A contagem de palavras refere-se ao texto do manuscrito propriamente dito, ou seja, não são consideradas referências, figuras e tabelas. Este limite pode ser excedido conforme necessário para que os manuscritos sejam o mais completos possível para garantir qualidade, novidade e impacto. Não há limites nas figuras e tabelas para garantir que os manuscritos sejam completos.
2. Artigos de revisão - serão aceitos em todas as áreas da ciência de alimentos abrangidas pelo escopo da revista. Serão considerados artigos de revisão focados em literatura recente publicada (por exemplo, nos últimos 2-5 anos), bem como revisões abrangentes e definitivas. Os artigos de revisão devem conter avaliação crítica da literatura e também podem conter a visão do autor sobre o assunto. Não há contagem de palavras e número de referência limite para artigos de revisão.
3. Comunicações curtas - *Food Research International* não publica comunicações curtas.
4. Cartas ao Editor - Cartas são publicadas de tempos em tempos sobre assuntos de interesse atual.
5. Resenhas de livros

A *Food Research International* está preocupada em salvaguardar os direitos e o bem-estar de animais e sujeitos de pesquisa em humanos. Os autores devem fornecer uma carta com a aprovação do comitê de ética da respectiva Universidade ou centro de pesquisa onde o estudo foi realizado.

A lista de referências deve ser a mais atualizada possível. Fazer referência a trabalhos recentes na área é particularmente fundamental para destacar o contexto atual do manuscrito e torná-lo mais abrangente, para destacar a novidade para os leitores, bem como sua contribuição para o campo.

Detalhes de contato para submissão

A submissão de todos os tipos de manuscritos à *Food Research International* é realizada totalmente online. Através do site do Editorial Manager (EM) desta revista, <https://www.editorialmanager.com/foodres/default.aspx>, você será guiado passo a passo na criação e upload dos vários arquivos.

Perguntas sobre o conteúdo de uma proposta de submissão podem ser direcionadas para: fri.journal@elsevier.com.

Lista de verificação de submissão

Você pode usar esta lista para realizar uma verificação final de sua submissão antes de enviá-la à revista para revisão. Por favor, verifique a seção relevante neste Guia para Autores para mais detalhes.

Certifique-se de que os seguintes itens estejam presentes:

Um autor foi designado como autor correspondente com detalhes de contato:

- Endereço de e-mail
- Endereço postal completo

Todos os arquivos necessários foram carregados:

Carta de Apresentação, indicando claramente a novidade de sua pesquisa

Manuscrito:

- Incluir palavras-chave
- Todas as figuras (incluir legendas relevantes)
- Todas as tabelas (incluindo títulos, descrição, notas de rodapé)
- Assegurar todas as citações de figuras e tabelas no o texto corresponde aos arquivos fornecidos
- Indique claramente se a cor deve ser usada para quaisquer figuras impressas Arquivos de *resumos/destaques gráficos* (quando aplicável)

Arquivos suplementares (quando aplicável)

Outras considerações

- O manuscrito foi 'verificado ortográfico' e 'verificado gramatical'
- Todas as referências mencionadas na Lista de Referências são citadas no texto e vice-versa
- Foi obtida permissão para uso de material protegido por direitos autorais de outras fontes (incluindo a Internet)
- Uma declaração de interesses conflitantes é fornecida, mesmo que os autores não tenham interesses conflitantes a declarar
- As políticas do periódico detalhadas neste guia foram revisadas
- Sugestões de árbitros e detalhes de contato fornecidos, com base nos requisitos do periódico

Para mais informações, visite nosso Centro de Suporte.



Before You Begin

Ética na publicação

Consulte nossas informações sobre Ética na publicação.

Estudos em humanos e animais

Se o trabalho envolver o uso de seres humanos, o autor deve garantir que o trabalho descrito foi realizado de acordo com o Código de Ética da Associação Médica Mundial (Declaração de Helsinque) para experimentos envolvendo seres humanos. O manuscrito deve estar de acordo com as Recomendações para Conduta, Reportagem, Edição e Publicação de Trabalhos Acadêmicos em Revistas Médicas e visar a inclusão de populações humanas representativas (sexo, idade e etnia) conforme essas recomendações. Os termos sexo e gênero devem ser usados corretamente.

Os autores devem incluir uma declaração no manuscrito de que o consentimento informado foi obtido para experimentação com seres humanos. Os direitos de privacidade dos sujeitos humanos devem sempre ser observados.

Todos os experimentos com animais devem estar em conformidade com as diretrizes ARRIVE e devem ser realizados de acordo com a Lei de Animais (Procedimentos Científicos) do Reino Unido de 1986 e diretrizes associadas, Diretiva da UE 2010/63/UE para experimentos com animais ou o Guia do Conselho Nacional de Pesquisa para o Cuidados e Uso de Animais de Laboratório e os autores devem indicar claramente no manuscrito que tais diretrizes foram seguidas. O sexo dos animais deve ser indicado e, quando apropriado, a influência (ou associação) do sexo nos resultados do estudo.

Declaração de interesse

Todos os autores devem divulgar quaisquer relações financeiras e pessoais com outras pessoas ou organizações que possam influenciar de forma inadequada (viés) seu trabalho. Exemplos de potenciais interesses concorrentes incluem emprego, consultorias, propriedade de ações, honorários, testemunho de

especialistas pagos, pedidos/registros de patentes e subsídios ou outros financiamentos. Os autores devem divulgar quaisquer interesses em dois lugares: 1. Uma declaração resumida de declaração de interesse no arquivo da página de título (se duplamente anonimizado) ou no arquivo do manuscrito (se simples anonimizado). Se não houver interesses a declarar, indique o seguinte: 'Declarações de interesse: nenhum'. 2. Divulgações detalhadas como parte de um formulário de Declaração de Interesse separado, que faz parte dos registros oficiais da revista. Mais informações .

Declaração de submissão e verificação

A submissão de um artigo implica que o trabalho descrito não foi publicado anteriormente (exceto na forma de resumo, palestra publicada ou tese acadêmica, veja ' Publicação múltipla, redundante ou concorrente ' para mais informações), que não está sob consideração para publicação em outro lugar, que sua publicação seja aprovada por todos os autores e tácita ou explicitamente pelas autoridades responsáveis onde o trabalho foi realizado, e que, se aceito, não será publicado em outro lugar da mesma forma, em inglês ou em qualquer outro idioma, inclusive eletronicamente sem o consentimento por escrito do detentor dos direitos autorais. Para verificar a originalidade, seu artigo pode ser verificado pelo serviço de detecção de originalidade Crossref Similarity Check.

Preprints

Observe que os preprints podem ser compartilhados em qualquer lugar a qualquer momento, de acordo com a política de compartilhamento da Elsevier . Compartilhar seus preprints, por exemplo, em um servidor de preprints, não contará como publicação anterior (consulte ' Publicação múltipla, redundante ou simultânea ' para obter mais informações).

Uso de linguagem inclusiva

A linguagem inclusiva reconhece a diversidade, transmite respeito a todas as pessoas, é sensível às diferenças e promove a igualdade de oportunidades. O conteúdo não deve fazer suposições sobre as crenças ou compromissos de qualquer leitor; não conter nada que possa implicar que um indivíduo seja superior a outro em razão de idade, sexo, raça, etnia, cultura, orientação sexual, deficiência ou condição de saúde; e usar uma linguagem inclusiva por toda parte. Os autores devem garantir que a escrita esteja livre de preconceitos, estereótipos, gírias, referências à cultura dominante e/ou suposições culturais. Aconselhamos buscar a neutralidade de gênero usando substantivos plurais ("clínicos, pacientes/clientes") como padrão/sempre que possível para evitar o uso de "ele, ela" ou "ele/ela". Recomendamos evitar o uso de descritores que se referem a atributos pessoais como idade, gênero, raça, etnia, cultura, orientação sexual, deficiência ou condição de saúde, a menos que sejam relevantes e válidos. Quando a terminologia de codificação é usada, recomendamos evitar termos ofensivos ou excludentes, como "mestre", "escravo", "lista negra" e "lista branca". Sugerimos o uso de alternativas mais apropriadas e (auto) explicativas, como "primário", "secundário", "lista de bloqueio" e "lista de permissões". Essas diretrizes são um ponto de referência para ajudar a identificar a linguagem apropriada, mas não são de forma alguma exaustivas ou definitivas. "escravo", "lista negra" e "lista branca". Sugerimos o uso de alternativas mais apropriadas e (auto) explicativas, como "primário", "secundário", "lista de bloqueio" e "lista de permissões". Essas diretrizes são um ponto de referência para ajudar a identificar a linguagem apropriada, mas não são de forma alguma exaustivas ou definitivas. "escravo", "lista negra" e "lista branca". Sugerimos o uso de alternativas mais apropriadas e (auto) explicativas, como "primário", "secundário", "lista de bloqueio" e "lista de permissões". Essas diretrizes são um ponto de referência para ajudar a identificar a linguagem apropriada, mas não são de forma alguma exaustivas ou definitivas.

Contribuições dos autores

Para transparência, nós encorajamos os autores a enviar um arquivo de declaração do autor descrevendo suas contribuições individuais para o artigo usando as funções relevantes do CRediT: Conceituação; Curadoria de dados; Análise formal; Aquisição de financiamento; Investigação; Metodologia; Administração de projetos; Recursos; Programas; Supervisão; Validação; Visualização; Funções/Escrita - rascunho original; Redação - revisão e edição. As declarações de autoria devem ser formatadas com os nomes dos autores primeiro e a(s) função(ões) CRediT em seguida. Mais detalhes e um exemplo .

Mudanças na autoria

Espera-se que os autores considerem cuidadosamente a lista e a ordem dos autores **antes** de enviar seu manuscrito e forneçam a lista definitiva de autores no momento da submissão original. Qualquer adição, exclusão ou rearranjo de nomes de autores na lista de autoria deve ser feita somente **antes** do manuscrito ser aceito e somente se aprovado pelo Editor da revista. Para solicitar tal alteração, o Editor deve receber do **autor correspondente**: (a) o motivo da mudança na lista de autores e (b) confirmação por escrito (e-mail, carta) de todos os autores de que concordam com a adição, remoção ou reorganização. No caso de adição ou remoção de autores, isso inclui a confirmação do autor que está sendo adicionado ou removido.

Somente em circunstâncias excepcionais o Editor considerará a adição, exclusão ou reorganização de autores **após** a aceitação do manuscrito. Enquanto o Editor considerar a solicitação, a publicação do manuscrito será suspensa. Caso o manuscrito já tenha sido publicado em uma edição online, quaisquer solicitações aprovadas pelo Editor resultarão em uma retificação.

Serviço de transferência de artigos

Esta revista faz parte do nosso Serviço de Transferência de Artigos. Isso significa que, se o Editor achar que seu artigo é mais adequado para um de nossos outros periódicos participantes, você poderá ser solicitado a considerar a transferência do artigo para um desses periódicos. Se você concordar, seu artigo será transferido automaticamente em seu nome, sem necessidade de reformatação. Observe que seu artigo será revisado novamente pela nova revista. Mais informações .

Copyright

Após a aceitação de um artigo, os autores serão solicitados a preencher um 'Acordo de Publicação de Revista' (veja mais informações sobre isso). Um e-mail será enviado ao autor correspondente confirmando o recebimento do manuscrito juntamente com um formulário de 'Contrato de Publicação em Revista' ou um link para a versão online deste contrato.

Os assinantes podem reproduzir índices ou preparar listas de artigos incluindo resumos para circulação interna em suas instituições. É necessária a permissão do Editor para revenda ou distribuição fora da instituição e para todos os outros trabalhos derivados, incluindo compilações e traduções. Se forem incluídos trechos de outros trabalhos protegidos por direitos autorais, o(s) autor(es) deve(m) obter permissão por escrito dos proprietários dos direitos autorais e creditar a(s) fonte(s) no artigo. A Elsevier tem formulários pré -impressos para uso dos autores nesses casos.

Para artigos de acesso aberto gold: Após a aceitação de um artigo, os autores serão solicitados a preencher um 'Contrato de Licença' (mais informações). A reutilização permitida de artigos de acesso aberto de ouro por terceiros é determinada pela escolha da licença de usuário do autor .

Direitos autorais

Como autor, você (ou seu empregador ou instituição) tem certos direitos para reutilizar seu trabalho. Mais informações .

A Elsevier apoia o compartilhamento responsável. Descubra como você pode compartilhar suas pesquisas publicadas nos periódicos da Elsevier.

Papel da fonte de financiamento

Você deve identificar quem forneceu apoio financeiro para a realização da pesquisa e/ou preparação do artigo e descrever brevemente o papel do(s) patrocinador(es), se houver, no desenho do estudo; na coleta, análise e interpretação dos dados; na redação do relatório; e na decisão de submeter o artigo para publicação. Se a(s) fonte(s) de financiamento não tiveram tal envolvimento, isso deve ser declarado.

Acesso aberto

Visite nossa página de acesso aberto para obter mais informações.

Elsevier Researcher Academy

A Researcher Academy é uma plataforma de e-learning gratuita projetada para apoiar pesquisadores em início e meio de carreira ao longo de sua jornada de pesquisa. O ambiente "Learn" da Researcher Academy oferece vários módulos interativos, webinars, guias para download e recursos para orientá-lo no processo de redação para pesquisa e revisão por pares. Sinta-se à vontade para usar esses recursos gratuitos para melhorar seu envio e navegar pelo processo de publicação com facilidade.

Idioma (serviços de uso e edição)

Por favor, escreva seu texto em bom inglês (o uso americano ou britânico é aceito, mas não uma mistura destes). Os autores que acharem que seu manuscrito em inglês pode exigir edição para eliminar possíveis erros gramaticais ou ortográficos e para se adequar ao inglês científico correto podem desejar usar o serviço de edição de idioma inglês disponível nos Serviços de Autor da Elsevier.

Submissão

Nosso sistema de submissão on-line orienta você passo a passo através do processo de inserção dos detalhes do seu artigo e upload de seus arquivos. O sistema converte seus arquivos de artigo em um único arquivo PDF usado no processo de revisão por pares. Arquivos editáveis (por exemplo, Word, LaTeX) são necessários para compor seu artigo para publicação final. Toda a correspondência, incluindo notificação da decisão do Editor e pedidos de revisão, é enviada por e-mail.

Os autores devem fornecer e usar um endereço de e-mail exclusivo e não compartilhado com outro autor registrado no EM ou em um departamento. É obrigatório fazer o upload de uma Carta de Apresentação junto com seu manuscrito que explique em detalhes a novidade de sua pesquisa e por que ela é adequada para Food Research International. Se a novidade de sua pesquisa não for clara, o artigo poderá ser rejeitado pelos editores ou revisores.

Sugerindo revisores

Envie os nomes e endereços de e-mail institucionais de vários revisores em potencial.

Você não deve sugerir revisores que sejam colegas ou que tenham sido coautores ou colaboraram com você nos últimos três anos. Os editores não convidam revisores que tenham potenciais interesses conflitantes com os autores. Além disso, para fornecer uma avaliação ampla e equilibrada do trabalho e garantir o rigor científico, sugira diversos candidatos a revisores localizados em diferentes países/regiões do grupo de autores. Considere também outros atributos de diversidade, como gênero, raça e etnia, estágio de carreira, etc. Finalmente, você não deve incluir membros existentes da equipe editorial da revista, dos quais a revista já tenha conhecimento.

Observação: o editor decide se convida ou não seus revisores sugeridos.



Preparation

Dúvidas

Para dúvidas sobre o processo editorial (incluindo o status dos manuscritos em revisão) ou para suporte técnico nas submissões, visite nosso Centro de Suporte .

Revisão por pares

Esta revista opera um único processo de revisão anônima. Todas as contribuições serão inicialmente avaliadas pelo editor para adequação à revista. Os artigos considerados adequados são normalmente enviados a um mínimo de dois revisores especialistas independentes para avaliar a qualidade científica do artigo. O Editor é responsável pela decisão final quanto à aceitação ou rejeição dos artigos. A decisão do Editor é final. Os editores não estão envolvidos nas decisões sobre artigos que eles mesmos escreveram ou que foram escritos por familiares ou colegas ou que se relacionam a produtos ou serviços nos quais o editor tem interesse. Qualquer submissão desse tipo está sujeita a todos os procedimentos usuais da revista, com revisão por pares tratada independentemente do editor relevante e seus grupos de pesquisa. Mais informações sobre os tipos de revisão por pares .

Uso de software de processamento de texto

É importante que o arquivo seja salvo no formato nativo do processador de texto utilizado. O texto deve estar em formato de coluna única. Mantenha o layout do texto o mais simples possível. A maioria dos códigos de formatação serão removidos e substituídos no processamento do artigo. Em particular, não use as opções do processador de texto para justificar o texto ou hifenizar palavras. No entanto, use negrito, itálico, subscritos, sobrescritos etc. Ao preparar tabelas, se você estiver usando uma grade de tabela, use apenas uma grade para cada tabela individual e não uma grade para cada linha. Se nenhuma grade for usada, use tabulações, não espaços, para alinhar as colunas. O texto eletrônico deve ser preparado de forma muito semelhante à dos manuscritos convencionais (veja também o Guia de Publicação com a Elsevier). Observe que os arquivos de origem das figuras, tabelas e gráficos de texto serão necessários, independentemente de você incorporar ou não suas figuras no texto. Veja também a seção sobre arte eletrônica.

Para evitar erros desnecessários, é altamente recomendável usar as funções de 'verificação ortográfica' e 'verificação gramatical' do seu processador de texto.

Carta de Apresentação

As submissões de manuscritos devem ser acompanhadas de uma carta de apresentação. O autor correspondente deve declarar explicitamente em um parágrafo como o artigo se enquadra nos Objetivos e Escopo da revista. A carta de apresentação também deve descrever a novidade e o impacto do trabalho. Os autores são convidados a comentar brevemente como o trabalho apresentado no manuscrito avança o conhecimento na área.

Para artigos de revisão, os autores também devem divulgar claramente como o artigo adiciona novos insights ao campo e como ele difere de artigos de revisão publicados recentemente no mesmo assunto ou em assuntos semelhantes. Os autores também devem assegurar na carta de apresentação que o artigo de revisão contém avaliação crítica da literatura e perspectivas para a área. Para artigos de revisão mais curtos, os autores devem garantir que a literatura revisada seja recente (últimos 3 anos).

Qualquer declaração sobre conflito de interesses ou envio duplicado deve ser incluída na carta de apresentação. As aprovações do comitê de ética quando o trabalho envolver experimentos em humanos ou animais também devem ser divulgadas na carta de apresentação.

Somente serão consideradas as submissões que seguirem estas diretrizes.

Estrutura do artigo

Subdivisão - seções numeradas

Divida seu artigo em seções claramente definidas e numeradas. As subseções devem ser numeradas 1.1 (depois 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (o resumo não está incluído na numeração das seções). Use esta numeração também para referências cruzadas internas: não se refira apenas ao 'texto'. Qualquer subseção pode receber um breve título. Cada título deve aparecer em sua própria linha separada.

Introdução

Declare os objetivos do trabalho e forneça uma base adequada, evitando um levantamento detalhado da literatura ou um resumo dos resultados.

Material e métodos

Fornecer detalhes suficientes para permitir que o trabalho seja reproduzido por um pesquisador independente. Os métodos já publicados devem ser resumidos e indicados por uma referência. Se citar diretamente de um método publicado anteriormente, use aspas e também cite a fonte. Quaisquer modificações nos métodos existentes também devem ser descritas.

Teoria/cálculo

Uma seção de Teoria deve estender, não repetir, os antecedentes do artigo já tratado na Introdução e lançar as bases para trabalhos futuros. Em contraste, uma seção de Cálculo representa um desenvolvimento prático de uma base teórica.

Os autores são incentivados a ler as notas úteis sobre estatística aplicada no planejamento de experimentos e avaliação de resultados no campo da ciência e tecnologia de alimentos. Os métodos paramétricos e não paramétricos univariados e bivariados mais importantes, suas vantagens e desvantagens são apresentados em "Observações sobre o uso de métodos estatísticos em Ciência e Tecnologia de Alimentos por Granato (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996913005723>).

Todos os dados devem ser fornecidos considerando não apenas os valores médios, mas também o desvio associado (como usar o desvio padrão, etc.), para todas as tabelas e figuras. Além disso, quando relevante, as estatísticas devem ser fornecidas e discutidas.

Siga esta ordem na digitação dos manuscritos: Título, Autores, Afiliações, Resumo, Palavras-chave, Texto principal (Introdução, Material e Métodos, Resultados, Conclusão), Agradecimentos, Anexo, Referências. O autor correspondente deve ser identificado com asterisco e nota de rodapé. Todas as outras notas de rodapé (exceto notas de rodapé de tabela) devem ser identificadas com números arábicos sobrescritos. O título do trabalho deve refletir inequivocamente seu conteúdo.

Resultados

Os resultados devem ser claros e concisos.

Discussão

Deve explorar o significado dos resultados do trabalho, não repeti-los. Uma seção combinada de Resultados e Discussão geralmente é apropriada. Evite citações extensas e discussão da literatura publicada.

Conclusões

As principais conclusões do estudo podem ser apresentadas em uma breve seção de Conclusões, que pode ser isolada ou formar uma subseção de uma seção de Discussão ou Resultados e Discussão.

Apêndices

Se houver mais de um apêndice, eles devem ser identificados como A, B, etc. As fórmulas e equações nos apêndices devem ser numeradas separadamente: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; em um apêndice subsequente, a Eq. (B.1) e assim por diante. Da mesma forma para tabelas e figuras: Tabela A.1; Fig. A.1, etc.

Informações essenciais da página de título

- **Título.** Conciso e informativo. Os títulos são frequentemente usados em sistemas de recuperação de informações. Evite abreviações e fórmulas sempre que possível.
- **Nomes e afiliações dos autores.** Por favor, indique claramente o(s) nome(s) e sobrenome(s) de cada autor e verifique se todos os nomes estão escritos com precisão. Você pode adicionar seu nome entre parênteses em seu próprio script por trás da transliteração em inglês. Apresente os endereços de afiliação dos autores (onde o trabalho real foi feito) abaixo dos nomes. Indique todas as afiliações com letra minúscula sobrescrita imediatamente após o nome do autor e na frente do endereço apropriado. Forneça o endereço postal completo de cada afiliação, incluindo o nome do país e, se disponível, o endereço de e-mail de cada autor.
- **Autor correspondente.** Indique claramente quem irá lidar com a correspondência em todas as fases de

arbitragem e publicação, também pós-publicação. Essa responsabilidade inclui responder a quaisquer dúvidas futuras sobre Metodologia e Materiais. **Certifique-se de que o endereço de e-mail seja fornecido e que os detalhes de contato sejam mantidos atualizados pelo autor correspondente.**

• **Endereço atual/permanente.** Se um autor se mudou desde que o trabalho descrito no artigo foi feito, ou estava visitando no momento, um 'Endereço atual' (ou 'Endereço permanente') pode ser indicado como uma nota de rodapé ao nome desse autor. O endereço em que o autor realmente fez o trabalho deve ser mantido como o endereço principal de afiliação. Números arábicos sobrescritos são usados para essas notas de rodapé.

Destaques

Os destaques são obrigatórios para esta revista, pois ajudam a aumentar a descoberta de seu artigo por meio de mecanismos de pesquisa. Eles consistem em uma pequena coleção de marcadores que capturam os novos resultados de sua pesquisa, bem como novos métodos que foram usados durante o estudo (se houver). Por favor, dê uma olhada nos exemplos aqui: exemplo Destaques .

Os destaques devem ser enviados em um arquivo editável separado no sistema de submissão online. Por favor, use 'Destaques' no nome do arquivo e inclua de 3 a 5 marcadores (máximo de 85 caracteres, incluindo espaços, por marcador).

Resumo

É necessário um resumo conciso e factual. O resumo deve indicar brevemente o objetivo da pesquisa, os principais resultados e as principais conclusões. Um resumo é muitas vezes apresentado separadamente do artigo, por isso deve ser independente. Por esta razão, as referências devem ser evitadas, mas se forem essenciais, cite o(s) autor(es) e ano(s). Além disso, abreviaturas não padronizadas ou incomuns devem ser evitadas, mas, se essenciais, devem ser definidas na primeira menção no próprio resumo.

Resumo gráfico Um resumo

gráfico é obrigatório para esta revista. Ele deve resumir o conteúdo do artigo de forma concisa e pictórica projetada para capturar a atenção de um amplo público online. Os autores devem fornecer imagens que representem claramente o trabalho descrito no artigo. Os resumos gráficos devem ser enviados como um arquivo separado no sistema de submissão online. Tamanho da imagem: forneça uma imagem com um mínimo de 531 × 1328 pixels (h × w) ou proporcionalmente mais. A imagem deve ser legível em um tamanho de 5 × 13 cm usando uma resolução de tela regular de 96 dpi. Tipos de arquivo preferidos: arquivos TIFF, EPS, PDF ou MS Office. Você pode ver exemplos de resumos gráficos em nosso site de informações. Os autores podem usar os Serviços de Ilustração da Elsevier para garantir a melhor apresentação de suas imagens também de acordo com todos os requisitos técnicos.

Palavras

-chave Imediatamente após o resumo, forneça pelo menos 6 palavras-chave (máximo permitido: 12 palavras-chave), usando a ortografia americana e evitando termos gerais e plurais e conceitos múltiplos (evite, por exemplo, 'e', 'de'). Seja poupado com abreviaturas: apenas as abreviaturas firmemente estabelecidas no campo podem ser elegíveis. **As palavras-chave devem ser diferentes do título para melhorar a capacidade de pesquisa e localização** . Essas palavras-chave serão usadas para fins de indexação.

Abreviaturas

Defina as abreviaturas que não são padrão neste campo em uma nota de rodapé a ser colocada na primeira página do artigo. As abreviaturas inevitáveis no resumo devem ser definidas na primeira menção, bem como na nota de rodapé. Garanta a consistência das abreviaturas ao longo do artigo.

Agradecimentos

Agrupe os agradecimentos em uma seção separada no final do artigo antes das referências e, portanto, não os inclua na página de rosto, como nota de rodapé ao título ou de outra forma. Liste aqui aqueles indivíduos que forneceram ajuda durante a pesquisa (por exemplo, fornecendo ajuda linguística, assistência na redação ou revisão do artigo, etc.).

Formatação das fontes de financiamento

Liste as fontes de financiamento desta forma padrão para facilitar o cumprimento dos requisitos do financiador:

Financiamento: Este trabalho foi financiado pelos Institutos Nacionais de Saúde [números de concessão xxxx, yyyy]; a Fundação Bill & Melinda Gates, Seattle, WA [número de concessão zzzz]; e os Institutos da Paz dos Estados Unidos [número de concessão aaaa].

Não é necessário incluir descrições detalhadas sobre o programa ou tipo de bolsas e prêmios. Quando o financiamento for de uma doação em bloco ou outros recursos disponíveis para uma universidade, faculdade ou outra instituição de pesquisa, envie o nome do instituto ou organização que forneceu o financiamento.

Se nenhum financiamento foi fornecido para a pesquisa, inclua a seguinte frase:
Esta pesquisa não recebeu nenhuma bolsa específica de agências de financiamento nos setores público, comercial ou sem fins lucrativos.

Unidades

Siga as regras e convenções internacionalmente aceitas: use o sistema internacional de unidades (SI). Se outras unidades forem mencionadas, forneça seu equivalente no SI.

Fórmulas matemáticas

Envie equações matemáticas como texto editável e não como imagens. Apresente fórmulas simples alinhadas com o texto normal sempre que possível e use o solidus (/) em vez de uma linha horizontal para pequenos termos fracionários, por exemplo, X/Y. Em princípio, as variáveis devem ser apresentadas em itálico. Potências de e são muitas vezes mais convenientemente denotadas por exp. Numere consecutivamente quaisquer equações que devam ser exibidas separadamente do texto (se mencionadas explicitamente no texto).

Notas

de rodapé As notas de rodapé devem ser usadas com moderação. Numere-os consecutivamente ao longo do artigo. Muitos processadores de texto podem incluir notas de rodapé no texto e esse recurso pode ser usado. Caso contrário, indique a posição das notas de rodapé no texto e liste as notas de rodapé separadamente no final do artigo. Não inclua notas de rodapé na lista de Referências.

Obra de arte

Manipulação de imagens

Embora seja aceito que os autores às vezes precisem manipular imagens para fins de clareza, a manipulação para fins de engano ou fraude será vista como abuso ético científico e será tratada de acordo. Para imagens gráficas, esta revista está aplicando a seguinte política: nenhum recurso específico em uma imagem pode ser aprimorado, obscurecido, movido, removido ou introduzido. Ajustes de brilho, contraste ou equilíbrio de cores são aceitáveis se e desde que não obscureçam ou eliminem qualquer informação presente no original. Ajustes não lineares (por exemplo, alterações nas configurações de gama) devem ser divulgados na legenda da figura.

Arte eletrônica

Pontos gerais

- Certifique-se de usar letras e tamanhos uniformes em sua arte original.
- Incorpore as fontes usadas se o aplicativo fornecer essa opção.
- Procure usar as seguintes fontes em suas ilustrações: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol ou use fontes semelhantes.
- Numere as ilustrações de acordo com sua sequência no texto.
- Use uma convenção de nomenclatura lógica para seus arquivos de arte.
- Forneça legendas para as ilustrações separadamente.
- Dimensione as ilustrações próximas às dimensões desejadas da versão publicada.
- Envie cada ilustração como um arquivo separado.
- Assegure-se de que as imagens coloridas sejam acessíveis a todos, incluindo aqueles com visão de cores prejudicada.

Um guia detalhado sobre arte eletrônica está disponível.

Você é convidado a visitar este site; alguns trechos das informações detalhadas são fornecidos aqui.

Formatos

Se o seu trabalho artístico eletrônico for criado em um aplicativo do Microsoft Office (Word, PowerPoint, Excel), forneça 'como está' no formato de documento nativo.

Independentemente do aplicativo usado que não seja o Microsoft Office, quando sua arte eletrônica for finalizada, 'Salvar como' ou converter as imagens para um dos seguintes formatos (observe os requisitos de resolução para desenhos de linha, meios-tons e combinações de linha/meio-tom fornecidos abaixo):

EPS (ou PDF): Desenhos vetoriais, incorpore todas as fontes usadas.

TIFF (ou JPEG): Fotografias coloridas ou em tons de cinza (meios-tons), mantenha no mínimo 300 dpi.

TIFF (ou JPEG): Desenhos de linha em bitmap (pixels preto e branco puros), mantenha no mínimo 1000 dpi.

TIFF (ou JPEG): Combinações bitmap de linha/meio-tom (colorido ou em tons de cinza), mantenha no mínimo 500 dpi.

Por favor, não:

- Forneça arquivos otimizados para uso em tela (por exemplo, GIF, BMP, PICT, WPG); eles normalmente têm um número baixo de pixels e um conjunto limitado de cores;

- Forneça arquivos com resolução muito baixa;
- Envie gráficos desproporcionalmente grandes para o conteúdo.

Arte colorida

Certifique-se de que os arquivos de arte estão em um formato aceitável (TIFF (ou JPEG), EPS (ou PDF) ou arquivos do MS Office) e com a resolução correta. Se, juntamente com o artigo aceito, você enviar figuras coloridas utilizáveis, a Elsevier garantirá, sem custo adicional, que essas figuras aparecerão em cores on-line (por exemplo, ScienceDirect e outros sites), independentemente de essas ilustrações serem reproduzidas em cores ou não, na versão impressa. **Para reprodução em cores impressa, você receberá informações sobre os custos da Elsevier após o recebimento do artigo aceito.** Por favor, indique a sua preferência de cor: apenas impresso ou online. Mais informações sobre a preparação de arte eletrônica.

Legendas das figuras

Certifique-se de que cada ilustração tenha uma legenda. Fornecer legendas separadamente, não anexadas à figura. Uma legenda deve incluir um título breve (**não** na própria figura) e uma descrição da ilustração. Mantenha o texto nas próprias ilustrações ao mínimo, mas explique todos os símbolos e abreviaturas usados.

Tabelas

Por favor, envie as tabelas como texto editável e não como imagens. As tabelas devem ser colocadas em página(s) separada(s) no final do manuscrito. Numere as tabelas consecutivamente de acordo com sua aparência no texto e coloque as notas da tabela abaixo do corpo da tabela. Seja parcimonioso no uso de tabelas e assegure-se de que os dados nelas apresentados não dupliquem os resultados descritos em outras partes do artigo. Evite usar regras verticais.

Referências

Citação no texto

Certifique-se de que todas as referências citadas no texto também estejam presentes na lista de referências (e vice-versa). Quaisquer referências citadas no resumo devem ser fornecidas na íntegra. Resultados não publicados e comunicações pessoais não são recomendados na lista de referências, mas podem ser mencionados no texto. Se essas referências estiverem incluídas na lista de referências, elas devem seguir o estilo de referência padrão da revista e incluir a substituição da data de publicação por 'Resultados não publicados' ou 'Comunicação pessoal'. A citação de uma referência como 'no prelo' implica que o item foi aceito para publicação.

A lista de referências deve ser a mais atualizada possível. Fazer referência a trabalhos recentes na área é particularmente fundamental para destacar o contexto atual do manuscrito e torná-lo mais abrangente, para destacar a novidade para os leitores, bem como sua contribuição para o campo.

Referências da Web

No mínimo, a URL completa deve ser fornecida e a data em que a referência foi acessada pela última vez. Qualquer informação adicional, se conhecida (DOI, nomes dos autores, datas, referência a uma publicação fonte, etc.), também deve ser fornecida. As referências da Web podem ser listadas separadamente (por exemplo, após a lista de referências) sob um título diferente, se desejado, ou podem ser incluídas na lista de referências.

Referências de dados

Esta revista encoraja você a citar conjuntos de dados subjacentes ou relevantes em seu manuscrito, citando-os em seu texto e incluindo uma referência de dados em sua Lista de Referências. As referências de dados devem incluir os seguintes elementos: nome(s) do(s) autor(es), título do conjunto de dados, repositório de dados, versão (quando disponível), ano e identificador global persistente. Adicione [dataset] imediatamente antes da referência para que possamos identificá-lo corretamente como uma referência de dados. O identificador [conjunto de dados] não aparecerá em seu artigo publicado.

Referências em um número especial

Assegure-se de que as palavras 'este número' sejam adicionadas a quaisquer referências na lista (e quaisquer citações no texto) para outros artigos no mesmo número especial.

Software de gerenciamento de referência

A maioria dos periódicos da Elsevier tem seu modelo de referência disponível em muitos dos produtos de software de gerenciamento de referência mais populares. Isso inclui todos os produtos que suportam estilos de linguagem de estilo de citação, como Mendeley. Usando plug-ins de citação desses produtos, os autores só precisam selecionar o modelo de revista apropriado ao preparar seu artigo, após o qual as citações e

bibliografias serão formatadas automaticamente no estilo da revista. Se nenhum modelo ainda estiver disponível para esta revista, siga o formato das referências e citações de amostra conforme mostrado neste Guia. Se você usa software de gerenciamento de referências, certifique-se de remover todos os códigos de campo antes de enviar o manuscrito eletrônico. Mais informações sobre como remover códigos de campo de diferentes softwares de gerenciamento de referência .

Estilo de referência

Texto: As citações no texto devem seguir o estilo de referência utilizado pela American Psychological Association. Você é encaminhado para o Manual de Publicação da American Psychological Association, Sétima Edição, ISBN 978-1-4338-3215-4, cujas cópias podem ser encomendadas online .

Lista: as referências devem ser organizadas primeiro em ordem alfabética e depois ordenadas cronologicamente, se necessário. Mais de uma referência do(s) mesmo(s) autor(es) no mesmo ano deve ser identificada pelas letras 'a', 'b', 'c', etc., colocadas após o ano de publicação.

Exemplos:

Referência a uma publicação de periódico:

Van der Geer, J., Hanraads, JAJ, & Lupton, RA (2010). A arte de escrever um artigo científico. *Jornal de Comunicações Científicas*, 163 , 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.sc.2010.00372>.

Referência a uma publicação de periódico com um número de artigo:

Van der Geer, J., Hanraads, JAJ, & Lupton, RA (2018). A arte de escrever um artigo científico. *Heliyon* , 19 , artigo e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Referência a um livro:

Strunk, W., Jr., & White, EB (2000). *Os elementos do estilo* (4ª ed.). Longman (Capítulo 4).

Referência a um capítulo de um livro editado:

Mettam, GR, & Adams, LB (2009). Como preparar uma versão eletrônica do seu artigo. Em BS Jones, & RZ Smith (Eds.), *Introdução à era eletrônica* (págs. 281-304). E-Publishing Inc.

Referência a um site:

Powertech Systems. (2015). *Análise de custo de íon de lítio versus chumbo-ácido* . Recuperado de <http://www.powertechsystems.eu/home/tech-corner/lithium-ion-vs-lead-acid-cost-analysis/>. Acessado em 6 de janeiro de 2016

Referência a um conjunto de dados:

[conjunto de dados] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., & Nakashizuka, T. (2015). *Dados de mortalidade para a doença da murcha do carvalho japonês e composições da floresta circundante* . Dados Mendeley, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Referência a um documento de conferência ou apresentação de pôster:

Engle, EK, Cash, TF, & Jarry, JL (2009, novembro). *O Inventário de Comportamentos da Imagem Corporal-3: Desenvolvimento e validação das Ações Compulsivas da Imagem Corporal e Escalas de Evitação da Imagem Corporal* . Apresentação da sessão de pôsteres no encontro da Association for Behavioral and Cognitive Therapies, Nova York, NY.

Referência ao software:

Coon, E., Berndt, M., Jan, A., Svyatsky, D., Atchley, A., Kikinon, E., Harp, D., Manzini, G., Shelef, E., Lipnikov , K., Garimella, R., Xu, C., Moulton, D., Karra, S., Painter, S., Jafarov, E., & Molins, S. (2020, 25 de março). *Simulador Terrestre Avançado (ATS) v0.88 (Versão 0.88)* . Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3727209>.

Vídeo

A Elsevier aceita material de vídeo e sequências de animação para apoiar e aprimorar sua pesquisa científica. Os autores que possuem arquivos de vídeo ou animação que desejam enviar com seu artigo são fortemente encorajados a incluir links para eles no corpo do artigo. Isso pode ser feito da mesma forma que uma figura ou tabela, referindo-se ao conteúdo do vídeo ou da animação e anotando no corpo do texto onde deve ser colocado. Todos os arquivos enviados devem ser devidamente rotulados para que estejam diretamente relacionados ao conteúdo do arquivo de vídeo. Para garantir que seu vídeo ou material de animação seja diretamente utilizável, forneça o arquivo em um de nossos formatos de arquivo recomendados com um tamanho máximo preferencial de 150 MB por arquivo, 1 GB no total. ScienceDirect . Por favor, forneça 'stills' com seus arquivos: você pode escolher qualquer quadro do vídeo ou animação ou fazer uma imagem separada. Eles serão usados em vez de ícones padrão e personalizarão o link para seus dados de vídeo. Para obter instruções mais detalhadas, visite nossas páginas de instruções em vídeo . Nota: uma vez que o vídeo e a animação não podem ser incorporados na versão impressa da revista, forneça texto para a versão eletrônica e impressa para as partes do artigo que se referem a este conteúdo.

Visualização de dados Inclua visualizações

interativas de dados em sua publicação e permita que seus leitores interajam e se envolvam mais de perto

com sua pesquisa. Siga as instruções aqui para saber mais sobre as opções de visualização de dados disponíveis e como incluí-las em seu artigo.

Material

complementar Material complementar, como aplicativos, imagens e clipes de som, pode ser publicado com seu artigo para melhorá-lo. Os itens suplementares enviados são publicados exatamente como são recebidos (os arquivos do Excel ou do PowerPoint aparecerão como tal online). Envie seu material junto com o artigo e forneça uma legenda concisa e descritiva para cada arquivo suplementar. Se você deseja fazer alterações em material complementar durante qualquer etapa do processo, certifique-se de fornecer um arquivo atualizado. Não anote quaisquer correções em uma versão anterior. Desative a opção 'Rastrear alterações' nos arquivos do Microsoft Office, pois eles aparecerão na versão publicada.

Dados de pesquisa

Esta revista incentiva e permite que você compartilhe dados que apoiem sua publicação de pesquisa, quando apropriado, e permite que você interligue os dados com seus artigos publicados. Dados de pesquisa referem-se aos resultados de observações ou experimentação que validam os resultados da pesquisa. Para facilitar a reprodutibilidade e a reutilização de dados, esta revista também incentiva você a compartilhar seu software, código, modelos, algoritmos, protocolos, métodos e outros materiais úteis relacionados ao projeto. Abaixo estão algumas maneiras pelas quais você pode associar dados ao seu artigo ou fazer uma declaração sobre a disponibilidade de seus dados ao enviar seu manuscrito. Se você estiver compartilhando dados de uma dessas maneiras, é recomendável citar os dados em seu manuscrito e na lista de referências. Consulte a seção "Referências" para obter mais informações sobre citação de dados. Para obter mais informações sobre como depositar, compartilhar e usar dados de pesquisa e outros materiais de pesquisa relevantes, visite a página de dados de pesquisa .

Vinculação de dados

Se você disponibilizou seus dados de pesquisa em um repositório de dados, pode vincular seu artigo diretamente ao conjunto de dados. A Elsevier colabora com vários repositórios para vincular artigos no ScienceDirect a repositórios relevantes, dando aos leitores acesso a dados subjacentes que lhes dão uma melhor compreensão da pesquisa descrita.

Existem diferentes maneiras de vincular seus conjuntos de dados ao seu artigo. Quando disponível, você pode vincular diretamente seu conjunto de dados ao seu artigo fornecendo as informações relevantes no sistema de submissão. Para obter mais informações, visite a página de vinculação do banco de dados .

Para repositórios de dados suportados, um banner de repositório aparecerá automaticamente ao lado de seu artigo publicado no ScienceDirect.

Além disso, você pode vincular dados ou entidades relevantes por meio de identificadores no texto de seu manuscrito, usando o seguinte formato: Banco de dados: xxxx (por exemplo, TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

Este periódico suporta Mendeley Data, permitindo que você deposite quaisquer dados de pesquisa (incluindo dados brutos e processados, vídeo, código, software, algoritmos, protocolos e métodos) associados ao seu manuscrito em um repositório de acesso aberto e gratuito . Durante o processo de submissão, após o upload de seu manuscrito, você terá a oportunidade de fazer upload de seus conjuntos de dados relevantes diretamente para *Mendeley Data* . Os conjuntos de dados serão listados e diretamente acessíveis aos leitores ao lado do seu artigo publicado online.

Para obter mais informações, visite a página Mendeley Data for journals .

Declaração de dados

Para promover a transparência, incentivamos você a declarar a disponibilidade de seus dados em seu envio. Isso pode ser um requisito do seu órgão ou instituição financiadora. Se seus dados não estiverem disponíveis para acesso ou inadequados para publicação, você terá a oportunidade de indicar o motivo durante o processo de envio, por exemplo, declarando que os dados da pesquisa são confidenciais. A declaração aparecerá com seu artigo publicado no ScienceDirect. Para obter mais informações, visite a página Declaração de dados .



After Acceptance

Correção de prova online

Para garantir um processo de publicação rápido do artigo, pedimos aos autores que nos forneçam suas correções de prova em até dois dias. Os autores correspondentes receberão um e-mail com um link para o nosso sistema de provas online, permitindo a anotação e correção das provas online. O ambiente é semelhante

ao do MS Word: além de editar o texto, você também pode comentar figuras/tabelas e responder perguntas do Copy Editor. A prova baseada na Web fornece um processo mais rápido e menos propenso a erros, permitindo que você digite diretamente suas correções, eliminando a possível introdução de erros. Se preferir, você ainda pode optar por anotar e fazer upload de suas edições na versão em PDF. Todas as instruções para revisão serão dadas no e-mail que enviamos aos autores, incluindo métodos alternativos à versão online e PDF.

Faremos todo o possível para que seu artigo seja publicado com rapidez e precisão. Por favor, use esta prova apenas para verificar a composição, edição, integridade e correção do texto, tabelas e figuras. Alterações significativas no artigo aceito para publicação somente serão consideradas nesta fase com autorização do Editor. É importante garantir que todas as correções sejam enviadas de volta para nós em uma única comunicação. Por favor, verifique cuidadosamente antes de responder, pois a inclusão de quaisquer correções subsequentes não pode ser garantida. A revisão é de sua exclusiva responsabilidade.

Separações

O autor correspondente receberá, sem nenhum custo, um Link de compartilhamento personalizado, fornecendo 50 dias de acesso gratuito à versão final publicada do artigo no ScienceDirect . O Link de compartilhamento pode ser usado para compartilhar o artigo por meio de qualquer canal de comunicação, incluindo e-mail e redes sociais. Por um custo extra, as separatas em papel podem ser solicitadas através do formulário de pedido de separatas que é enviado assim que o artigo for aceito para publicação. Tanto os correspondentes quanto os coautores podem solicitar separatas a qualquer momento através dos Serviços de Autor da Elsevier. Os autores correspondentes que publicaram seu artigo gold open access não recebem um link de compartilhamento, pois sua versão final publicada do artigo está disponível em acesso aberto no ScienceDirect e pode ser compartilhada através do link do artigo DOI.

