

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

IASMIM PEREIRA DE MORAES

**HIDROGÉIS CONTENDO ÁCIDOS ORGÂNICOS APLICADOS COMO
ABSORVENTES PARA EMBALAGENS DE PRODUTOS CÁRNEOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2020

IASMIM PEREIRA DE MORAES

**HIDROGÉIS CONTENDO ÁCIDOS ORGÂNICOS APLICADOS COMO
ABSORVENTES PARA EMBALAGENS DE PRODUTOS CÁRNEOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia de Alimentos do Departamento Acadêmico de Engenharia de Alimentos – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dra. Fernanda Vitória Leimann

Coorientadora: MSc. Thaysa Fernandes Moya Moreira

CAMPO MOURÃO

2020



TERMO DE APROVAÇÃO

HIDROGÉIS CONTENDO ÁCIDOS ORGÂNICOS APLICADOS COMO ABSORVENTES PARA EMBALAGENS DE PRODUTOS CÁRNEOS

Por

IASMIM PEREIRA DE MORAES

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado no dia 11 de novembro de 2020 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Fernanda Vitória Leimann

Prof. Dr. Angela Maria Gozzo

Prof. Dr. Marcia Regina Ferreira
Geraldo Perdoncini

Nota: O documento original e assinado pela banca examinadora encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos da UTFPR campus Campo Mourão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus por ser minha luz e força durante toda caminhada nessa etapa de minha vida.

Aos meus familiares, minha mãe Fátima Pereira de Moraes, meu pai Vanildo Alves de Moraes, minhas irmãs Kátia Pereira de Moraes e Ana Claudia Pereira de Moraes, tios, tias e avós que de alguma forma me incentivaram e proporcionaram para a realização deste sonho.

A todos os meus amigos que direta ou indiretamente me ajudaram nesta jornada, em especial a Elis Regina de Lima, Paloma Martins de Oliveira, Naiara Martins de Oliveira, aos amigos que encontrei durante a graduação Maria Silva de Araújo, Katri Gasparin, Sergio Correia da Silva, meus sinceros agradecimentos.

A todos os professores que dedicaram seu tempo e contribuíram para minha formação profissional, a minha orientadora Fernanda Vitória Leimann por toda paciência, dedicação e ensinamentos para construção desse trabalho, a minha co-orientador Thaysa Fernandes Moya Moreira que teve grande contribuição para realização deste TCC, em especial a professora Anielle Oliveira.

RESUMO

A carne por ser um alimento perecível e apresentar alto teor de umidade, está susceptível à deterioração microbiana, desta forma é necessário ter alguns cuidados durante o armazenamento, assim como a escolha adequada da embalagem. Com isto surgem as embalagens ativas, uma tecnologia promissora, que possuem capacidades na interação do alimento com a embalagem. Uma forma de controlar o desenvolvimento microbiano é através de agentes antimicrobianos com a incorporação de ácidos orgânicos, como ácido lático e acético, que apresentam eficácia na sua utilização. Como atuante no controle de umidade temos os hidrogéis que são agentes naturalmente absorvedores de umidade. Os hidrogéis são polímeros reticulados que em suas estruturas podem ser introduzidos esses ácidos. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar hidrogéis de gelatina contendo ácidos lático e acético e serem aplicados em bandejas de filé de peito de frango como almofadas absorventes (GRL: $75 \mu\text{L.mL}^{-1}$ ácido lático; GRA: $4,68 \mu\text{L.mL}^{-1}$ ácido acético; GRLA: ácidos lático e acético (75 e $4,68 \mu\text{L.mL}^{-1}$)). Primeiramente foram realizadas análises da atividade antibacteriana das almofadas absorventes para inibição da *Salmonella* Typhimurium, e a partir da avaliação destes dados foi escolhida uma das formulações de hidrogel. Foram realizadas análise de absorção, pH, cor e análise microbiológica de coliformes a 45°C da carne de frango *in natural* no tempo de armazenamento de (0, 3, 5 e 7 dias). Os resultados demonstraram que a almofada absorvente GRLA apresentou melhor atividade antibacteriana, e assim foi utilizada na análise de qualidade da carne. No % perda de massa da carne não houve diferença significativa. Em relação ao pH e cor eles apresentaram diferença significativas, sendo que GRLA estavam de acordo com os padrões estabelecidos de pH. Na análise microbiológica de coliformes todas as amostras apresentaram condições sanitárias satisfatórias. Diante disso os hidrogéis de gelatina contendo ácidos orgânicos podem ser aplicados como almofadas absorventes na carne de frango, conforme os resultados da ação antimicrobiana destes ácidos.

Palavras-chaves: Filé de peito de frango. Embalagens ativas. Ácidos orgânicos. Hidrogel de gelatina.

ABSTRACT

Since meat is a perishable food and has a high moisture content, it is susceptible to microbial deterioration, so it is necessary to take some precautions during storage, as well as the proper choice of packaging. With this, active packaging emerges, a promising technology, which has capabilities in the interaction of food with packaging. One way to control microbial development is through antimicrobial agents with the incorporation of organic acids, such as lactic and acetic acid, which are effective in their use. As active in humidity control we have hydrogels which are naturally moisture absorbing agents. Hydrogels are cross-linked polymers that these acids can introduce into their structures. The present work aimed to characterize gelatin hydrogels containing lactic and acetic acids and to be applied to chicken breast fillet trays as absorbent pads (GRL: $75 \mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$ lactic acid; GRA: $4.68 \mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$ acid GRLA: lactic and acetic acids (75 and $4.68 \mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$). Firstly, analyzes of the antibacterial activity of absorbent pads were performed to inhibit *Salmonella Typhimurium*, and from the evaluation of these data, one of the hydrogel formulations was chosen. Analysis of absorption, pH, color and microbiological analysis of coliforms at 45°C of chicken meat in natural in the storage time of (0, 3, 5 and 7 days) The results showed that the absorbent pad GRLA presented better antibacterial activity, and so it was used in meat quality analysis. In the % loss of meat mass there was no significant difference. Regarding pH and color, they showed significant difference, being GRLA were in accordance with established pH standards. In the microbiological analysis of coliforms, all samples showed satisfactory sanitary conditions. Therefore, gelatin hydrogels containing organic acids can be applied as absorbent pads in chicken meat, according to the results of the antimicrobial action of these acids.

Keywords: Chicken breast fillet. Active packaging. Organic acids. Gelatin hydrogel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de embalagens emissoras e absorvedoras de alimentos.....	22
Figura 2. Esquema de três mecanismos de formação de redes de hidrogéis poliméricos....	27
Figura 3. Estrutura química da gelatina.....	29
Figura 4. Estrutura química do ácido acético e ácido lático.....	31
Figura 5. Amostras de carne de frango das formulações estabelecidas.....	34
Figura 6. Avaliação da atividade antibacteriana das formulações das almofadas absorventes.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Determinação do ΔE cor, % perda de massa e pH da carne em cada tempo de armazenamento.....	38
Tabela 2. Quantidade de tubos negativos para E.C. Confirmativa 45°C da amostra de carne de frango.....	39
Tabela 3. Determinação microbiológica das amostras de frangos <i>in natura</i>	40

LISTA DE ABREVIACÕES

CO₂ – Dióxido de carbono

O₂ – Oxigênio

Na₂CO₃ – Carbonato de sódio

FDA - *Food and Drug Administration*

OH - Hidroxila

COOH - Ácido carboxílicos

CONH₂ - Amida

CONH - Amina

Ca²⁺ - Cálcio

pK_a – Constante de ionização

pH – Potência hidrogeniônico

AgNO₃ – Nitrato de prata

KMnO₄ – Permanganato de potássio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS	21
2.1	Objetivo geral	21
2.2	Objetivos específicos	21
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
3.1	Embalagens ativas para alimentos	22
3.2	Embalagens com sistemas absorvedores	23
3.3	Embalagens absorvedoras em produtos cárneos	25
3.4	Hidrogéis	26
3.5	Reticulação enzimática de hidrogéis	28
3.6	Hidrogéis de gelatina	29
3.7	Ácidos orgânicos como antimicrobianos	30
4	METODOLOGIA	32
4.1	Amostras	32
4.2	Materiais	32
4.3	Microorganismo	32
4.4	Síntese dos hidrogéis	32
4.5	Caracterização dos hidrogéis	33
4.5.1	Avaliação da atividade antibacteriana	33
4.6	Aplicação como almofadas absorventes	34
4.7	Análises de qualidade da carne	34
4.7.1	Cálculo de perda de massa	35
4.7.2	Cálculo do Δe cor	35
4.7.3	Análise estatística	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5.1	Atividade antibacteriana das almofadas absorventes	36
5.2	Avaliação da qualidade da carne de frango	37
5.2.1	Análise físico-química	37
5.2.2	Análise microbiológica	39
6	CONCLUSÃO	41
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	42
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1 INTRODUÇÃO

A carne é um alimento altamente perecível, por isso, requer cuidados para que chegue ao consumidor com propriedades organolépticas desejáveis (SAHIN et al., 2007). Esta perecibilidade é devido ao grande teor de proteínas e umidade, possibilitando que o desenvolvimento microbiano e a oxidação lipídica sejam as causas primordiais de degradação da carne durante o período de armazenamento *in natura* (JRIDI et al., 2018).

É imprescindível garantir a qualidade dos alimentos perecíveis, que possuem influência dos fatores ambientais, condições de armazenamento e transporte (RONG; AKKERMAN; GRUNOW, 2011). Para isto, uma das ferramentas utilizadas é o uso de embalagens ativas. Segundo Yam et al. (2015) a embalagem ativa é um conjunto no qual o produto, a embalagem e o ambiente atuam em conjunto para oferecer uma propriedade positiva do alimento. Em algumas circunstâncias, isso é alcançado introduzindo compostos ativos nos materiais da embalagem para absorver substâncias do alimento ou dispersar agentes da embalagem no ambiente ou alimento.

As utilidades e tecnologias ativas de embalagem envolvem o controle de difusão de oxigênio, umidade, dióxido de carbono, etileno, odores, absorção ou sequestradores de oxigênio, formação de dióxido de carbono ou oxigênio, aperfeiçoamento de sabores e agente antimicrobianos (BRODY, 2005). Os tipos de embalagens ativas mais habituais são para fins antimicrobianos ou antioxidantes (ROMANO, 2017).

As embalagens que possuem substâncias antimicrobianas inseridas e/ou estáticas no material da embalagem, são qualificadas para diminuir, inibir ou retardar o desenvolvimento de microrganismos deterioradores ou patogênicos (QUINTAVALLA; VICINI, 2002). Os agentes antimicrobianos podem ser introduzidos na estrutura do polímero. Quando inserido na estrutura polimérica, o agente migra da embalagem para a superfície do alimento, em contrapartida na imobilização a substância atua apenas em nível superficial (VERMEIREN, 2003).

Como aplicações de antimicrobianos temos os anidridos, óleos essenciais e os ácidos orgânicos. Os ácidos orgânicos em comum se sobressaem como conservantes de alimentos por dispor de maior solubilidades, pequena intercessão no sabor e baixo nível de toxicidade (BAIRD-PARKER, 1980). Algumas pesquisas mostraram a eficácia em utilizar ácidos orgânicos com ação antimicrobiana em carnes como o ácido láctico (CASTILLO et al., 2001) e em frutas o ácido acético (LIAO; SHOLLENBERGER; PHILLIPS, 2003).

Uma das causas da deterioração de alimentos é devido à grande quantidade de água. Uma maneira eficiente de reduzir este problema é por meio da utilização de absorvedores ou dissecantes. Estes constituintes são vistos na forma de: folhas, sachês, cobertores e almofadas (*pads*), que apresentam como vantagem impedir o crescimento microbiano e a modificação do sabor e da textura, conservando a qualidade do produto e prolongando a sua vida de prateleira (ROMANO, 2017).

Uma alternativa para o sistema de embalagem ativa com características absorvedoras pode ser a utilização de hidrogéis, polímeros hidrofílicos reticulados, com estruturas tridimensionais, que são aptos para absorver, distender e reter uma grande parcela de água, sem se diluir (TENÓRIO-NETO et al., 2017; YADOLLAHI et al., 2015).

Na formulação de hidrogéis uma matéria prima interessante é a gelatina, por ser de fonte natural e, obtida pela hidrólise moderada do colágeno, que apresenta capacidades de gelificação, por possuir um grande número de grupos funcionais é capaz de ser reticulado com facilidade (LAI, 2010; MAITRA; SHUKLA, 2014). É um material biodegradável, apresenta boa compatibilidade, atóxico, de baixo custo e de fácil aplicação alimentícia (CLARKE et al, 2016).

A gelatina por ser higroscópica, restringe seu uso à alimentos com elevada quantidade de água (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2011). Como alternativa para o uso em hidrogéis, pode ser realizada a reticulação enzimática pois possui eficácia em diminuir a susceptibilidade à umidade mantendo suas características tridimensionais (KOLODZIEJSKA; PITROWSKA, 2007; WANG et al., 2015; YI et al., 2006).

As enzimas estão se destacando como agentes reticulantes por não serem tóxicas e por apresentarem especificidade (TEIXEIRA et al., 2012). Estudos mostraram que a reticulação enzimática com transglutaminases obteve suavidade e consistência dos filmes de gelatina combinados com glicerol (LIU et al., 2017).

Diante da demanda do consumo de produtos cárneos frescos de qualidade, com sistema de embalagens que possibilitam que isto aconteça, o presente trabalho consiste em desenvolver hidrogéis de gelatina reticulados com transglutaminases contendo ácidos láctico e acético aplicados em embalagens de produtos cárneos, verificando a ação antimicrobiana destes ácidos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a aplicabilidade de hidrogéis de gelatina antimicrobianos contendo os ácidos láctico e acético em bandejas de filé de peito de frango para uso como almofada absorvente.

2.2 Objetivos específicos

- Sintetizar hidrogéis de gelatina reticulados enzimaticamente por transglutaminases e adicionar os ácidos láctico e acético;
- Caracterizar os hidrogéis quanto a interação química entre hidrogel e os ácidos e atividade antibacteriana para *Salmonella* entérica Typhimurium;
- Avaliar a qualidade da carne de frango ao ser acondicionado em bandejas contendo os hidrogéis;
- Comparar a eficiência dos hidrogéis como almofadas absorventes em relação a amostras de almofadas absorventes comerciais.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

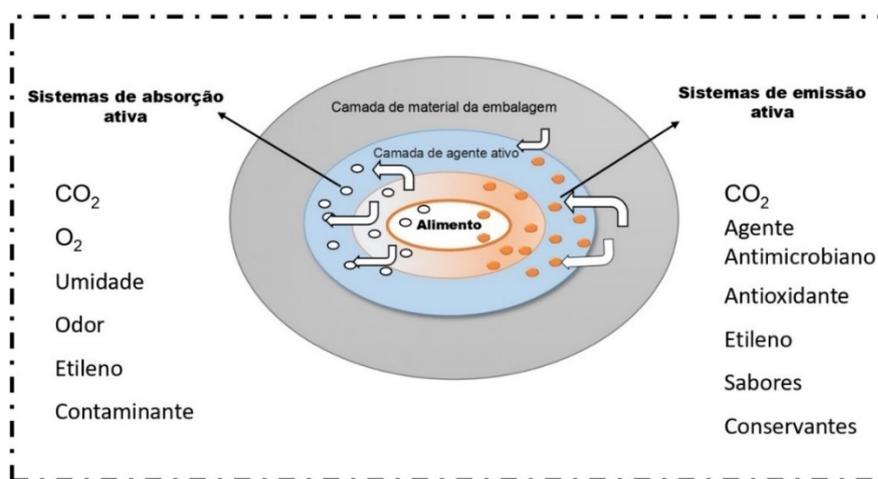
3.1 Embalagens ativas para alimentos

A embalagem ativa foi criada com o propósito de atender a busca do consumidor por alimentos frescos e com vida útil prolongada (LOPEZ-RUBIO et al., 2004). É uma embalagem contemporânea que possibilita a interação da embalagem com o alimento, aumentando a vida útil do produto e certificando sua qualidade nutricional e sensorial ao preservar as características dos alimentos embalados (AHVENAINEN, 2003).

A embalagem pode ser nomeada ativa quando desempenha alguma função pretendida na conservação de alimentos, exceto a barreira inerte á condições externas. A inserção de determinadas substâncias nas embalagens, visando a conservação dos alimentos, caracteriza as embalagens ativas. Essas substâncias podem ser inseridas no interior da embalagem junto ao alimento ou adicionadas juntamente com o polímero da embalagem durante sua produção, para que haja assim, a liberação controlada da substância (KERRY et al., 2006).

Os tipos de embalagens ativas podem ser visualizados na Figura 1, na qual, demonstra-se o funcionamento das embalagens do tipo i) emissoras de substâncias para o alimento como: CO₂, agente antimicrobiano, antioxidante, etileno, odor, aroma e conservantes; ii) absorvedoras de componentes indesejáveis do alimento como: CO₂, O₂, umidade, odor, etileno e contaminantes.

Figura 1- Sistema de embalagens emissoras e absorvedoras de alimentos.



Fonte: Adaptado de Ahmed et al. (2017).

3.2 Embalagens com sistemas absorvedores

As embalagens absorvedoras são amplamente utilizadas para absorverem substâncias indesejáveis como etileno, O₂, CO₂, umidade, entre outras. Estas embalagens possibilitam vários privilégios, como inibir o crescimento microbiano, preservar a qualidade dos alimentos que possuem conteúdo lipídico elevado (prevenir a oxidação) e diminuir a perda da coloração (JOHNSON; DECKER, 2015; NAYIK; MUZAFFAR, 2014).

Um dos agentes frequentemente utilizados na indústria de alimentos são os sequestradores de oxigênio, pois estendem a vida útil dos produtos de 3 a 4 dias para 14 dias ou mais (GAIKWAD; LEE 2017; SINGH et al. 2016, a, b, c). Diversas pesquisas também estão sendo realizadas na aplicação de absorvedores de oxigênio.

Devgan et al. (2019) utilizaram sachês absorvedores de oxigênio para avaliar a vida útil e propriedades físicas do pimentão amarelo. Como resultado, obtiveram uma vida de prateleira de 28 dias, apresentando um ganho de 16 dias em comparação com sistemas que não apresentavam absorvedores.

Otero-Pazos et al. (2018) aplicaram absorvedores de oxigênio na tampa interna de embalagem de manteiga na forma de etiqueta adesiva ou sachês feitos com óxido de ferro e tampa com ou sem ajuste. Os resultados mais favoráveis foram obtidos com as a sachês absorvedoras de oxigênio e com tampas com fechamento ajustável. Nestas circunstâncias por um tempo de 150 horas, apresentaram concentrações de oxigênio inferiores a 3%.

Outra substância amplamente estudada é o CO₂. A absorção ou retirada de CO₂ de um estado gasoso pode ser atingida por uma reação química com um soluto alcalino, adsorção física, divisão de membranas, e condensação criogênica (LEE, 2016). Para o uso de embalagens de alimentos que contenho absorvedores de CO₂, qualquer material absorvente tanto físico como químico pode ser adicionado ou preparado de diversas formas. Os absorvedores utilizados podem ser em pó, com substâncias elaboradas com aglutinante que produzem *pellets*, ocasionalmente os sequestradores em pó são denotados diretamente a uma atmosfera ambiental em que o excesso de CO₂ deve ser controlado (LEE, 2016).

O controle do etileno também é essencial em embalagens pois esta substância é agente da maturação em frutos. Após a colheita, para conservação, geralmente é utilizado o armazenamento refrigerado para manutenção da atmosfera controlada ou modificada,

administração de frutos inibidores de síntese como aminoetoxivinilglicina e da ação de 1-metilciclopropeno do etileno (KADER, 2002; CHITARRA; CHITARRA, 2005; WATKINS, 2006; RONGCAI; DAVID, 2007).

Como absorvedores de etileno, aplicações de sachês contendo KMnO_4 para frutos de sapotas em caixas, com três períodos de maturação, foram utilizadas por Bhutia et al. (2011). Neste estudo, os resultados foram promissores para produtos pós-colheita, onde esses sachês retardaram o grau de maturação, perda de peso e processo de deterioração sem afetar consideravelmente algumas propriedades. Isto se deve especialmente à redução do aglomerado de etileno na embalagem, impossibilitando a produção auto catalítica de etileno e diminuindo as atividades metabólicas.

Outro fator importante é a umidade, agente que induz vários sistemas de deterioração em alimentos como oxidação lipídica, desenvolvimento microbiano, reações escurecimento não enzimático e eliminação de pigmentos (MALTINI et al., 2003). Para expelir ou diminuir a umidade residual dentro do sistema de embalagem são utilizados agentes absorvedores em seu interior para amplificar um elemento ativo na embalagem de alimentos.

A princípio, os absorvedores de umidade englobam diversos substratos ou substâncias para aproximar e manter moléculas de água do ambiente que envolve a embalagem. Normalmente são substratos ou substância higroscópicas (YILDIRIM et al. 2018). Usualmente em embalagens de alimentos são utilizados como absorventes sistema na forma de sachês, bandejas de controle de umidade, almofadas e filmes poliméricos (GAIKWAD; SINGH; AJJI, 2019).

Como as almofadas absorventes de umidade consistem basicamente de um polímero superabsorvente, sendo que uma possibilidade é a utilização de hidrogéis para este fim. Os hidrogéis possuem capacidade de absorver de 100 a 500 vezes o seu peso de água líquida, conforme (OTONI et al., 2016; YILDIRIM et al., 2018). Estas almofadas sintetizadas a partir de hidrogéis podem ser elaboradas com o propósito de remoção de água em carnes cruas, e liberação de substâncias ativas de sua estrutura com características antimicrobianas, redutoras de pH e absorvedoras de odores.

3.3 Embalagens absorvedoras em produtos cárneos

A presença de O₂ em produtos cárneos pode acelerar a deterioração oxidativa. Além disso, contribui para o aumento de microrganismos aeróbios, desenvolvimento de odores e sabores indesejáveis e perdas nutricionais, ocasionando uma diminuição significativa na qualidade e segurança desses produtos (HOGAN; KERRY, 2008). Por mais que os produtos sensíveis ao O₂ possam ser embalados a vácuo, por ineficiências e perdas no processo, em diversas situações não é possível assegurar totalmente a remoção de O₂, estando assim, propício a se adentrar na embalagem e na superfície da carne (AHMED et al., 2017).

Portanto, torna-se necessário a utilização de novas técnicas para a eliminação do O₂, tais como as embalagens ativas que podem ser utilizadas nas formas de sachês, etiquetas e nanocompósitos passivos ou inseridos nas camadas poliméricas, possibilitando a diminuição das taxas de O₂ por meio da absorção do O₂ residual nas embalagens, reduzindo as alterações deteriorativas nos alimentos (AHMED et al., 2017).

Os absorvedores de O₂ tem se apresentado eficazes na conservação de carnes. Relacionados a atmosfera de CO₂, podem tardar desenvolvimento de bactérias psicotrópicas aeróbias (VENTURINI, 2003) e melhorar a maciez (SANTOS, 2011).

Comercialmente, dentre os diversos mecanismos para a eliminação de O₂, os mais utilizados são os fundamentados na oxidação de sais e metais de ferro (providos em pacotes) ao atuarem de forma eficiente como sequestradores. Estes sequestradores reagem com a água presente no próprio alimento e produzem um agente metálico hidratado apto a eliminar O₂ e transformá-lo em óxido estável. Como exemplo de materiais eliminadores estão o óxido de ferro ativo, que pode diminuir a quantidade residual de O₂ na embalagem para menos de 0,05% em 9 horas (DAY, 2003; KERRY et al., 2006).

Alimentos frescos como a carne apresentam perda de água em virtude do processo de respiração. Uma maneira eficaz para controlar o excesso de água dentro de embalagens é o emprego de absorvedores de umidade com elevada barreira a vapor d'água. Os materiais utilizados para elaboração destes absorvedores podem ser de: peneira molecular, argila natural e óxido de cálcio (OZDEMIR, 2004).

Alguns trabalhos têm desenvolvido embalagens absorvedoras para melhorar a qualidade de carnes. Labuza (1996) aplicou filme com propileno glicol e sachês com terra diatômica na

superfície da carne com o intuito de absorver a água e aumentar a vida de prateleira do produto em alguns dias. Silva, Domingues e Nerín (2018) avaliaram a eficácia de almofadas absorventes contendo complexos de inclusão de Pinosilvina no controle da contaminação microbiana de carne de frango fresca. Ren et al. (2018) também avaliaram a atividade antimicrobiana de almofadas absorventes em embalagens de carne adicionadas de N-halamina, 1-cloro-2,2,5,5-tetrametil-4-imidazolidinona (MC) como substâncias ativas.

3.4 Hidrogéis

Os hidrogéis são biopolímero que apresentam capacidade de absorver grandes quantidades de água sem se diluir. Isto é devido ao fato de possuírem grupos hidrofílicos ligados fortemente em sua cadeia, tais como OH, COOH, CONH₂ e CONH (DERGUNOV; MUN, 2009).

Os hidrogéis podem ser definidos por três critérios: volume de fração polimérica na condição intumescida, massa molar média entre as ligações e tamanho do poro. Pode-se estabelecer o tamanho do poro da rede polimérica através de proporções de equilíbrio de intumescimento dos hidrogéis. O equilíbrio é determinado por meio da densidade de reticulações, onde associa-se com a massa molar média entre duas ligações cruzadas (BARROS, 2007).

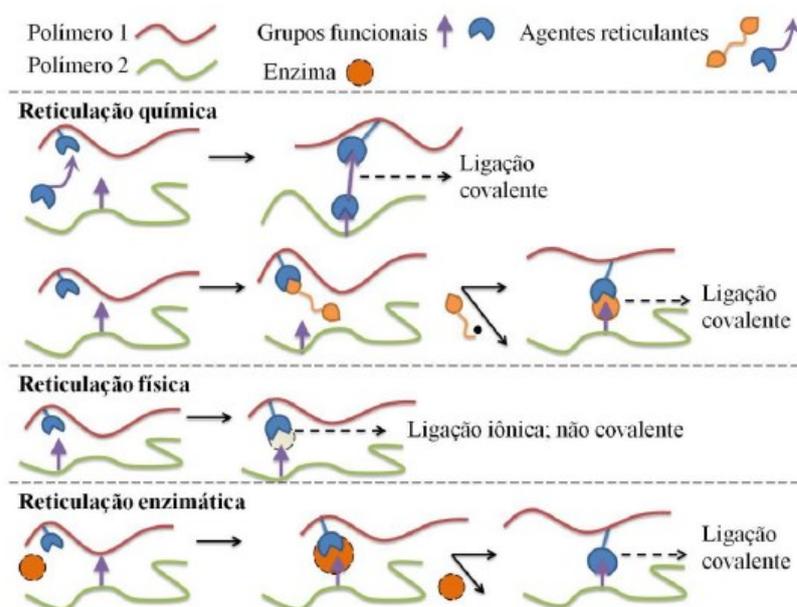
Segundo Hoffman (2012), há diversas estruturas moleculares capazes de caracterizar os hidrogéis, dentre estas estão os:

- a) Copolímeros lineares em blocos ou grafitizados;
- b) Políon multivalente, poliion- poliion ou complexos juntos por ligações de hidrogênio;
- c) Rede hidrofílicas consolidadas por propriedades hidrofóbicas;
- d) Redes interpenetrantes (IPNs);
- e) Blendas físicas;
- f) Hidrogéis de homopolímeros (quem possuem quantidades idênticas de monômeros), reticulados quimicamente ou fisicamente;

A formação de um hidrogel depende do agrupamento das cadeias poliméricas realizada por meio de uma quantidade crítica de reticulações. Antes da reticulação, o polímero é uma substância de uma mistura fluída e polidispersa de cadeias poliméricas de tamanho imensurável e monômeros reagentes ou moléculas reticuladas (KIRSCHNER; ANSETH, 2013).

Já após a formação de hidrogéis, uma quantidade crítica de reticulações é gerada, resultando em uma matriz 3D. A rede tridimensional dos hidrogéis pode ser gerada por intermédio de reticulações físicas ou químicas conforme demonstradas na Figura 2, de homopolímeros ou copolímeros, portanto, é possível que a reticulação aconteça durante e após a polimerização (DELIGKARIS et al., 2010).

Figura 2- Esquema de três mecanismos de formação de redes de hidrogéis poliméricos.



Fonte: Adaptado de Reddy; Reddy; Jiang (2015).

As reticulações químicas são constituídas por ligações covalentes, à medida que as físicas podem ter regiões cristalinas fortes ou organizações reversíveis de cadeias poliméricas, constituídas por interações mais fracas como hidrofóbicas, eletrostáticas, dipolo-dipolo (FARRIS et al., 2009). Os agentes reticulantes químicos podem possibilitar propriedades desejáveis, porém a biocompatibilidade de vários agentes de ligação cruzada é desconhecida, ao passo que outros foram classificados relativamente tóxicos, por exemplo o glutaraldeído (HOARE; KOHANE, 2008).

3.5 Reticulação enzimática de hidrogéis

O emprego de enzimas no processo de reticulação vem ganhando grande relevância devido, basicamente, a suavidade desta forma de reação. As reações enzimáticas são estimuladas por grande parte das enzimas em meio aquoso, pH neutro e em temperaturas controladas. Nas reações secundárias indesejáveis que podem acontecer com fotoiniciadores ou agentes reticulantes químicos são evitadas, por possuir umas de suas melhores propriedades da enzima, a especificidade (TEIXEIRA et al., 2012).

As enzimas possuem vantagem comparadas aos outros agentes reticulantes, por não serem tóxicas e adequadas na modificação das propriedades de variados tipos de resíduos, auxiliando na minimização da poluição ambiental (CABRAL, 2012).

A aplicação de enzimas como intermédio são relativamente um tanto recentes e apontam para condições favoráveis na obtenção de hidrogéis. Com a utilização de enzimas temos a transglutaminases, que apresentam grande integração entre o gel produzido e tecido nativo. As transglutaminases demonstraram catalisar a reação de reticulação em diversos tipos de elementos, tais como elastina, poli (etileno glicol) e gelatina (TEIXEIRA et al., 2012; HENNINK; VAN NOSTRUM, 2012).

As enzimas transglutaminases (TG) são capazes de catalisar a composição de ligações amidas entre os resquícios de glutamina e lisina na proteína e aprimorar a estrutura espacial da gelatina, ocasionando em melhorias na resistência à água, características térmicas e morfológicas (HONG; XIONG, 2012, LIU et al., 2017).

NIU et al. (2019), elaboraram géis de gelatina-alginato com polímeros intermitentes por reticulação com a enzima transglutaminases e ou reticulação de alginato usando Ca^{2+} , para se obter propriedades funcionais aperfeiçoadas. A introdução da transglutaminases e Ca^{2+} , demonstrou um aumento significativo no módulo de elasticidade.

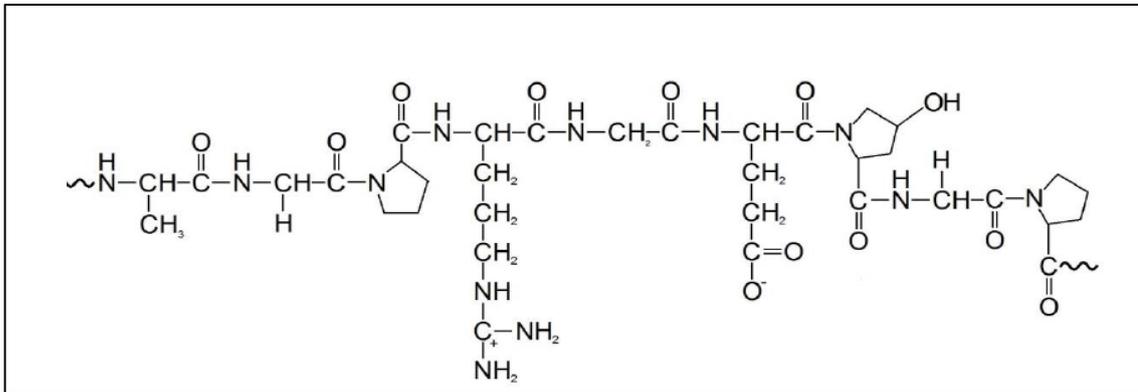
Análises realizadas por Liu et al. (2017), mostraram que a utilização de transglutaminases associado ao glicerol em filmes de gelatina, aumentou a suavidade e a consistência dos filmes. A transglutaminases também se mostrou promissora para reticular diversos filmes de gelatina, obtendo benefícios resultantes nas propriedades de resistência à água, barreira térmica, mecânica e morfológica (KOLODZIEJSKA; PIOTROWSKA, 2007; WANG et al., 2015, YI et al., 2006).

3.6 Hidrogéis de gelatina

A gelatina é um biopolímero natural proveniente do colágeno a partir da hidrólise alcalina, ácida ou enzimática (GHASEMI-MOBARAKEH et al., 2008). Em produtos farmacêuticos, cosméticos e alimentícios, é classificada como produto seguro para a aplicação conforme descrito em FDA (1975).

As propriedades da gelatina são estabelecidas por sua estrutura, e não só por estas, mas também por componentes interruptos do colágeno e seu modo de agregação (YANG et al, 2007). Apresenta mais de um monômero sendo assim um copolímero, formado por aproximadamente 20 aminoácidos (ROSS, 1987), conforme demonstra a Figura 3.

Figura 3- Estrutura química da gelatina.



Fonte: Kommareddy, Shenoy e Amiji(2007).

Pela decorrência de sua origem biológica, a gelatina dispõe de excelente biodegradabilidade e biocompatibilidade e, por ser um produto acessível, apresenta um custo moderadamente baixo (GHASEMI-MOBARAKEH et al., 2008).

Devido sua transformação, pode produzir hidrogéis de diversas características mecânicas diversificando-se a densidade de reticulações (NICHOL et al., 2010). Feng et al. (2016) avaliaram a utilização de hidrogéis de gelatina para regeneração tecidual, demonstrando que estes hidrogéis podem ser utilizados como biomateriais condutores de células e medicamentos terapêuticos em procedimentos menos agressivos. Resmi et al. (2017) estudaram hidrogéis de gelatina com nanopartículas de prata com ação antimicrobiana para aplicação de curativos de pele, resultando em hidrogéis com excelente estabilidade mecânica, retenção da umidade e dificultando a contaminação microbiana.

3.7 Ácidos orgânicos como antimicrobianos

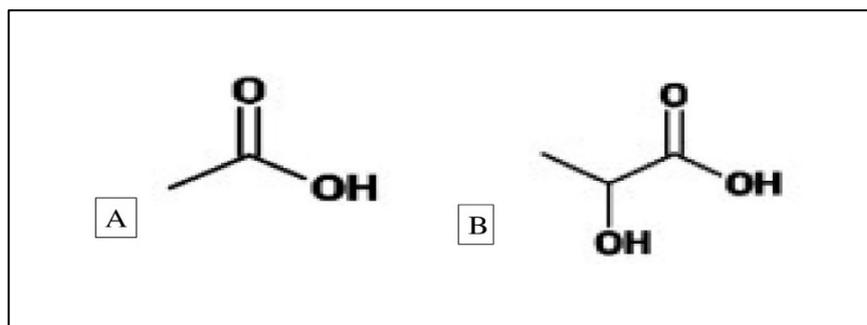
Os ácidos orgânicos são compostos que apresentam em sua estrutura um ou mais grupo carboxílico (-COOH). Eles possuem três classes como os ácidos orgânicos de cadeia curta que, desempenham seu papel em diminuir o pH, ser fonte de energia, e estar relacionado com a atividade antimicrobiana. Os ácidos de cadeia média que constata eficiência antimicrobiana, especificamente os ácidos cáprico, caprílico, capróico e láurico e também os ácidos orgânicos resguardados, que tem o propósito de resguardar e possibilitar a liberação moderada do princípio ativo sem desintegrar-se (NG et al., 2009; DIERICK et al., 2002, LEHNINGER; NELSON; COX, 2008).

Os ácidos orgânicos e seus sais são classificados como ácidos fracos, ou seja, que não se ionizam facilmente em uma solução, apresentando uma relação direta com o pH. Como resultado, a ação antimicrobiana dos ácidos orgânicos é aperfeiçoada à medida que o pH do alimento decresce para o valor do pK_a do ácido ou inferior ao dele. A medida em que o pH diminui, aumenta a concentração de ácido protonado, reduzindo a polaridade da molécula e elevando a difusão do ácido pelo interior da membrana e no citoplasma (TAYLOR et al., 2012).

Alguns microrganismos formam ácidos e álcoois orgânicos via fermentação anaeróbica de substratos alimentares e, impedem que outros microrganismos possam deteriorar o alimento ou transformá-lo em tóxico. O ácido láctico é frequentemente utilizado em carnes frescas como um eficiente agente inibidor (THERON; LUES 2007).

O ácido acético é um ácido que apresenta em sua estrutura apenas um grupo carboxílico Figura 4, com odor e sabor forte e aguçado, o que diminui sua aplicação em alimentos, possui pK_a igual a $1,75 \times 10^{-5}$. É conhecido como um dos básicos componentes do vinagre, é utilizado preferencialmente por conter capacidades aromatizantes e, extremamente solúvel em água. Este ácido usualmente é considerado como seguro, é encontrado em produtos em conserva e derivados de porco (MANI-LÓPEZ; GARCIA; LÓPEZ-MALO, 2012; THERON; LUES 2007).

Figura 4- Estrutura química do ácido acético (A) e ácido láctico (B).



Fonte: Adaptado de Mani-López; Garcia; López-Malo et al. (2012).

Em análises realizadas por Chitra et al. (2017), foram formulados nanocompósitos à base de ácido acético sintetizados com AgNO_3 , obtiveram resultados excelente para ação antimicrobiana.

O ácido láctico, assim como o ácido acético, possui um grupo carboxílico em sua estrutura Figura 4, apresenta pK_a igual a 3,70, é formado durante a respiração anaeróbica por diversos microrganismos bacterianos, e também utilizado pelas bactérias do ácido láctico (AXELSSON, 1998). Advém em duas formas isoméricas (D -, L-), foi elencado como L o isômero como eficiente inibidor de patógenos (MCWILLIAM-LEITCH; STEWART, 2002a; MCWILLIAM-LEITCH; STEWART, 2002b).

O ácido láctico é admitido pela FDA como antimicrobiano para utilização em carcaças de animais antes e depois do resfriamento (< solução a 5 % de ácido), cortes iniciais e subsequentes (2 a 3% de ácido, abaixo de 55 °C) e em partes da carne de boi, cabeças e línguas (2,0 - 2,8 em técnicas de lavagem) (USDA-FSIS, 2010).

A utilização de ácido láctico é algo comum na indústria de carne, e vários pesquisadores comprovaram sua efetividade na minimização de patógenos entéricos nas superfícies de carcaças e cortes derivados (BAIRD et al., 2006, BOSILEVAC et al., 2006, CASTILLO et al., 2001, DELMORE et al., 2000).

Segundo Li et al. (2015) a eficiência destes ácidos depende da temperatura da solução ácida e concentração, tempo de exposição, e pressão aplicada, período de aplicação no processo de abate, tipo de tecido, conjunto de microrganismo e concentrações iniciais. Desta forma, uma concentração maior de ácido láctico ou ácido acético, podem ser previstas em carnes tratadas utilizando estes ácidos (CARPENTER; SMITH, BROADBENT, 2011).

4 METODOLOGIA

4.1 Amostras

Foram utilizados filé de peito de frango *in natura* sem pele proveniente do mercado da cidade de Campo Mourão-PR. As amostras foram mantidas sobre refrigeração a 4°C.

4.2 Materiais

Para a síntese dos hidrogéis foi utilizado conforme Moreira et al. (2019) gelatina (Dinâmica, grau analítico), ácido láctico (85% *v/v*, Êxodo científico, grau analítico), ácido acético glacial (Dinâmica, Êxodo científico, grau analítico) e transglutaminases (TGase, ACTIVA WM, 110 unidades.g⁻¹, Ajinomoto Inc.). Os meios de cultura caldo Brain Heart Infusion (BHI, Biomark), caldo Mueller Hinton Broth (MHB, Biomark), peptona (KASVI), ágar Mueller Hinton (MHA, Biomark), ágar Enteric Hektoen (KASVI) para *S. Typhimurium* e caldo E.C. (KASVI) para coliformes a 45°C. Almofada absorvente comercial ALL DRY (BrasilPack).

4.3 Microorganismo

Para a análise antibacteriana das almofadas absorventes (Item 4.5.1) foi analisada a bactéria Gram-Negativa (*Salmonella entérica* Typhimurium (ATCC 14028)). Essa bactéria foi incubada em caldo Mueller Hinton Broth 37°C/24 horas e depois foi adicionada em ágar nutriente.

4.4 Síntese dos hidrogéis

Foram preparadas quatro formulações de hidrogéis de gelatina: controle (C); formulação 1 (GRL), formulação 2 (GRA), formulação 3 (GRLA). A formulação C não foi adicionada de ácidos, sendo utilizadas para comparação com as outras formulações. Nas formulações GRL e GRA, foram aplicados os ácidos láctico e acético (75 e 4,68 µL mL⁻¹), respectivamente. Já na formulação GRLA foram aplicadas combinações do ácido láctico (37,5 µL mL⁻¹) e ácido acético (7,5 µL mL⁻¹). As concentrações de ácidos adicionados nas formulações foram determinadas conforme análises prévias descritas em trabalho anterior (MOREIRA et al., 2019).

A síntese de hidrogel foi realizada conforme a metodologia descrita por Simoni et al. (2007) com algumas adaptações. Inicialmente, a gelatina (4,2 g) foi dissolvida em água destilada (60 mL) a 50 °C sob agitação magnética. Então, foi adicionada a enzima

transglutaminases (763 mg ou 20 unidades ativas. g⁻¹ gelatina) na solução sob agitação durante 15 minutos. Em seguida, os ácidos foram adicionados às formulações. Por fim, a solução resultante foi vertida num recipiente de alumínio (4x9 cm) e rapidamente transferida para um ultra-freezer (-90°C durante 5 horas) e foi assim liofilizada (Liotop 101L, Liobras) (-50 °C durante 120 h-156 µmHg). Os experimentos foram realizados em triplicata para cada condição experimental.

4.5 Caracterização dos hidrogéis

4.5.1 Avaliação da atividade antibacteriana

De acordo com a metodologia de Silva, Domingues e Nerín (2018) com algumas adaptações. As amostras de carne de frango foram preparadas (4-5 g e dimensões 3x3 cm) e colocadas em luz ultravioleta por 15 minutos em cada lado, em seguida inoculadas com suspensões padronizadas na escala de 0,5 MacFarland de *Salmonella* Typhimurium obtendo 10⁸ UFC.mL⁻¹, assim os pedaços de frango foram imersos na suspensão de 20 mL por 20 segundos e drenados por 10 segundos.

As almofadas absorventes foram alocadas sobre a superfície de placas de petri, na proporção padronizada de 28,9 mg.cm⁻² (massa de absorvente/área superficial da amostra de peito de frango) (SILVA; DOMINGUES; NERÍN, 2018). Este procedimento foi adotado para os hidrogéis C, GRLA, GRL e GRA, bem como a amostra de absorvente comercial (CM). As amostras de frango inoculadas foram então acondicionadas sobre os hidrogéis e absorvente comercial. Somente a amostra B (Branco) foi colocada diretamente sobre a superfície da placa de petri, sem contato com nenhum absorvente. As placas de Petri foram incubadas a 4° C em geladeira por 7 dias, e analisadas após 3, 5 e 7 dias de incubação. Após a incubação as amostras de frango foram colocadas em um erlenmeyer contendo 45 mL de água peptonada 1% (p/v), foram agitadas por 1 minuto e realizadas a diluição em série em eppendorf (900 µL de solução salina 0,85% (p/v)), semeadas em placas com meio seletivo Hektoen, adicionadas 20 µL em duplicata em placas com separações de diluição. Após a incubação em 35 °C por 24 horas foram realizadas as contagens das placas. Os resultados foram expressos em UFC.gramas⁻¹.

Após obter os resultados da contagem foi escolhida a formulação que apresentasse melhor resultado para seguir adiante com as análises de qualidade da carne de frango.

4.6 Aplicação como almofadas absorventes

Os hidrogéis formulados foram padronizados conforme descrito no item 4.5.1 para serem aplicados como almofadas absorventes de carne de frango *in natura*. As amostras foram armazenadas em geladeira na temperatura de 4 °C e foram avaliadas, em relação à qualidade da carne, nos tempos de 0, 3, 5 e 7 dias.

4.7 Análises de qualidade da carne

No período de armazenamento (0, 3, 5 e 7 dias) foram realizadas análises físico-químicas, microbiológicas da carne de frango das amostras (B, GRLA, C e CM) conforme a Figura 5. As análises físico-químicas foram de pH (GEHAKA), absorção (% perda de massa do frango) conforme o Item 4.7.2 e coloração da carne utilizando colorímetro (DELTA COLOR), obtendo ΔE cor conforme o Item 4.7.3.

A análise microbiológica da carne de frango foi realizada conforme a Instrução normativa nº62 Brasil (2003), na qual foi determinado coliformes a 45 °C. Foram adicionados assepticamente alíquotas de 5 g das amostras em um erlenmeyer contendo 45 mL de água peptonada a 0,1% (p/v) devidamente esterilizada. Assim foram homogeneizadas durante 1 minuto. Em tubos contendo 9 mL de água peptonada a 0,1% (p/v) esterilizada, foram realizadas diluições partindo da 10^{-1} e por meio destas foram feitas as demais (10^{-2} , 10^{-3}). Em triplicata foram adicionados 1 mL em tubos contendo caldo E.C. com gás e incubados a 45°C por 24 horas e assim analisados. Os resultados foram expressos por NMP.gramas⁻¹.

Figura 5. Amostras de carne de frango das formulações estabelecidas



Fonte: Autoria Própria

4.7.1 Cálculo de perda de massa

Para os cálculos de percentual da perda de massa da carne de frango foi utilizada a Equação 1.

$$\% \text{ Carne de frango} = 100 - \frac{mtc \times 100}{mic} \quad (1)$$

Onde:

mtc = massa no intervalo de tempo (t) da carne de frango;

mic = massa inicial da carne de frango (tempo zero).

4.7.2 Cálculo do ΔE cor

Através do equipamento colorímetro foram obtidos os valores de L* (luminosidade), a* (intensidade de cor vermelha/azul) e b* (intensidade de cor amarela/verde), e por meio destes parâmetros foram calculados o ΔE da cor da carne de frango *in natura*, conforme a Equação 2.

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

4.7.3 Análise estatística

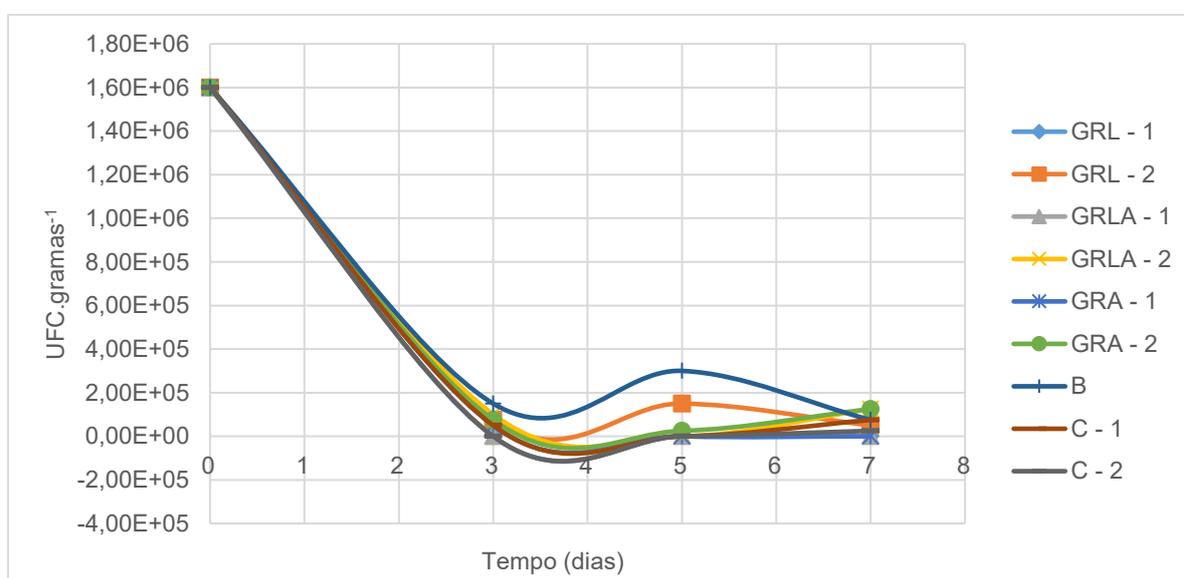
Os resultados obtidos das médias e desvio padrão das análises físico-químicas foram utilizados para análise estatística (ANOVA) para a comparação das médias foi usado o teste de Tukey ($p < 0,05$). O *software* utilizado foi Statistica 10.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Atividade antibacteriana das almofadas absorventes

Na Figura 6 são apresentados os resultados da redução (10^8 UFC.mL⁻¹) do crescimento microbiano da *Salmonella* Typhimurium durante a interação das almofadas absorventes com a carne de frango.

Figura 6- Avaliação da atividade antibacteriana das formulações das almofadas absorventes. GRL (com ácido láctico), GRLA (com ácido acético e ácido láctico), GRA (ácido acético), B (sem almofada absorvente), C (controle). As configurações 1 e 2 refere-se à primeira e segunda amostra (duplicata).



Fonte: Autoria própria

Conforme apresentado na Figura 6 as amostras de frango dispostas das almofadas absorventes das formulações GRA, GRL e C apresentaram presença de *Salmonella* Typhimurium, sendo insatisfatórias para o consumo humano, de acordo com os padrões estabelecidos pela Instrução Normativa n° 12 (BRASIL, 2001), já as amostras com a formulação GRLA apresentaram ausência. Desta forma estas amostras apresentam condições sanitárias satisfatórias sendo próprias para o consumo humano, assim as almofadas absorventes GRLA apresentaram ação antimicrobiana nas amostras de frango pelas condições de tempo e temperatura estabelecidos.

Segundo Cherrington et al. (1991) e Roth (1998), admita-se que os ácidos orgânicos desempenham atividade antimicrobiana por meio da redução do pH no interior da célula

microbiana. No interior da célula, o ácido se dissocia mudando o pH citoplasmático, afetando o metabolismo e acarretando na morte da célula bacteriana (RUSSEL, 1992).

Na análise realizada por Milillo e Ricke (2010), que avaliaram o efeito do tratamento térmico ($55^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$) e a utilização de ácidos orgânicos (ácido lático, ácido cítrico e acético) por aspersão, observaram que estes apresentaram redução de 2,5 % dos níveis de *Salmonella* Typhimurium em carne de frango, onde o ácido lático e ácido propiônico foi apto de possibilitar uma diminuição no crescimento bacteriano. Isso também foi mostrado em trabalhos de Over et al. (2009) que utilizou ácido lático a 150 mM em cubos de carne de peito de frango por infusão a vácuo e reduziu as contagens de *Salmonella* Typhimurium em torno de 2,5 log UFC/g até o 6° dia de armazenamento a 4 °C.

5.2 Avaliação da qualidade da carne de frango

5.2.1 Análise físico-química

Na Tabela 1 estão exibidos os valores das médias e desvio padrões alcançados na determinação do ΔE cor, % perda de massa e pH das amostras de carne de frango, nos tempos de 0, 3, 5 e 7 dias. A partir da análise estatística, foram avaliados os tempos de estocagem (linha) e o tratamentos realizados (coluna).

Um parâmetro muito significativo de avaliação da carne pelos consumidores é a sua cor, que é percebida como um indicador do frescor e qualidade do produto, assim preservar a cor desejável pelo maior tempo possível é uma premissa das embalagens ativas (MARCINKOWSKA-LESIAK et al., 2016). A cor da carne vermelha fresca é alterada como resultado da desnaturação da globina na mioglobina e deslocamento ou liberação da heme e oxidação ferrosa. A desnaturação de outras proteínas, como miosina e actina, resulta em maior opacidade e, portanto, minimiza o aspecto vermelho. Em contraste com a carne bovina e suína, a carne das aves não é drasticamente descolorida por causa de seu menor teor de mioglobina (ZHOU; XU; LIU, 2010). Mesmo assim, com os resultados da análise de variação de cor (ΔE^*) apresentados na Tabela 1, é possível notar que as amostras B, C e GRLA tiveram aumento significativo ($p < 0,05$) na diferença de cor ao longo dos 7 dias de armazenamento, sendo que a maior variação encontrada foi para a amostra branco (frango sem contato com nenhum absorvente/hidrogel) e a menor variação determinada foi para a amostra embalada com o hidrogel GRLA. A amostra de frango que não apresentou variação de cor significativa ($p >$

0,05) ao longo de todo o tempo de armazenamento foi a embalada em contato com o absorvente comercial (CM).

Tabela 1- Determinação do ΔE^* cor, % perda de massa e pH da carne de frango em cada tempo de armazenamento. CM- absorvente comercial; B- Branco; C- Hidrogel controle; GRLA- Hidrogel adicionado de ácidos lático e acético.

Tratamento	Tempo (dias)			
	0	3	5	7
ΔE^*				
CM	-	11,49 ^{a,A} \pm 3,09	12,02 ^{a,A} \pm 3,54	10,74 ^{a,A} \pm 2,61
B	-	8,39 ^{ab,A} \pm 1,14	13,03 ^{b,AB} \pm 5,86	14,81 ^{b,B} \pm 2,29
C	-	7,48 ^{a,A} \pm 2,19	18,92 ^{ab,B} \pm 8,13	11,93 ^{b,AB} \pm 2,63
GRLA	-	5,88 ^{a,A} \pm 1,87	7,29 ^{a,AB} \pm 1,71	10,62 ^{b,B} \pm 2,67
pH				
CM	5,66 ^{a,A} \pm 0,00	5,46 ^{a,A} \pm 0,45	6,23 ^{b,A} \pm 0,29	6,14 ^{a,A} \pm 0,22
B	5,66 ^{a,AB} \pm 0,00	6,06 ^{a,B} \pm 0,00	5,60 ^{a,AB} \pm 0,27	5,45 ^{b,A} \pm 0,07
C	5,66 ^{a,A} \pm 0,00	5,63 ^{a,A} \pm 0,39	6,12 ^{a,A} \pm 0,81	5,58 ^{b,A} \pm 0,10
GRLA	5,66 ^{a,A} \pm 0,00	6,03 ^{a,A} \pm 0,00	6,06 ^{ab,A} \pm 0,30	5,89 ^{b,A} \pm 0,07
% perda de massa pelo frango				
CM	-	68,80 ^{a,A} \pm 0,78	69,34 ^{a,A} \pm 0,46	69,68 ^{a,A} \pm 0,39
B	-	69,75 ^{a,A} \pm 0,25	70,21 ^{a,A} \pm 0,11	70,44 ^{a,A} \pm 0,25
C	-	70,47 ^{a,A} \pm 0,42	70,87 ^{a,A} \pm 0,16	71,18 ^{a,A} \pm 0,11
GRLA	-	61,86 ^{a,A} \pm 19,80	68,75 ^{a,A} \pm 10,40	68,76 ^{a,A} \pm 9,80

* As médias das amostras acompanhadas pela mesma letra, na mesma coluna (minúsculo) e/ou na mesma linha (maiúsculo), não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria

Apesar de apresentar variação de cor ao longo do a período de armazenamento, o hidrogel GRLA apresentou resultado positivo para este fator, quando comparado ao frango sem controle de absorção de umidade (B).

Com relação aos resultados e pH, a única amostra que a apresentou variação (aumento) significativo ($p < 0,05$) de pH no terceiro dia de armazenamento foi a amostra de frango sem contato com absorvente/hidrogel (branco). As demais amostras não apresentaram aumento significativo de pH ($p > 0,05$) em todo o período avaliado. Os aumentos no pH durante o armazenamento são devido à rápida proliferação de microrganismos específicos. Outros estudos relatam que o crescimento de espécies psicotrópicas de microrganismos geralmente é acompanhado por um aumento no pH devido aos produtos da degradação das proteínas (SUJIWO; KIM; JANG, 2018).

Quando comparados os tratamentos em cada período de armazenamento, no quinto dia a amostra CM apresentou o maior pH ($p < 0,05$) dentre os tratamentos. A amostra GRLA

apresentou-se estatisticamente semelhante à todas as amostras. Já no sétimo dia de avaliação, o único tratamento que se apresentou estatisticamente diferente ($p < 0,05$) dos demais foi o CM, sendo o resultado de pH superior aos demais. As carnes de frango *in natura* devem apresentar pH dentro de faixa compreendida entre 5,8 e 6,2 (JAY, 2005). Assim considerando os valores encontrados para o pH no sétimo dia, e aplicando o desvio padrão das medidas para determinação dos valores de limite superior e inferior destas amostras, somente a amostra GRLA apresenta-se dentro desse padrão estabelecido, sendo assim estaria própria para o consumo humano.

Para a análise de % perda de massa, com os resultados apresentados na Tabela 1, verifica-se que todas as amostras (CM, B, C e GRLA) se assemelham estatisticamente ($p > 0,05$), por todo o período de armazenamento avaliado. Além disso, nota-se que a perda de massa ocorreu principalmente no primeiro intervalo de tempo avaliado (3 dias) mantendo-se inalterado ao longo dos 7 dias. Assim, a mesma perda de massa foi determinada para a amostra de frango sem contato com absorvente/hidrogel e as amostras de absorvente/hidrogel. Esse resultado possivelmente está associado ao acondicionamento das amostras sem estarem cobertas por filme PVC ou outra barreira à perda de umidade ao ambiente.

5.2.2 Análise microbiológica

Na Tabela 2 estão discriminados os resultados negativos referentes a prova confirmativa de coliformes termotolerantes.

Tabela 2- Quantidade de tubos negativos para E.C. Confirmativa 45°C da amostra de carne de frango. CM- absorvente comercial; B- Branco; C- Hidrogel controle; GRLA- Hidrogel adicionado de ácidos lático e acético.

Tratamento	Tempo (dias)											
	0			3			5			7		
	Diluição											
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GRLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Os resultados apresentados na Tabela 2 apresentam uma sequência idêntica de tubos negativos (0;0;0) em todos os tratamentos das amostras da carne de frango *in natura*. A partir da combinação de números correspondentes aos tubos que apresentaram resultados negativos no teste confirmativo (coliformes termotolerantes), foi possível obter o Número Mais Provável (NMP) por gramas, utilizando a Tabela 1 do Anexo III, da Instrução Normativa nº 62 (BRASIL, 2003). Na Tabela 3 são apresentados os resultados encontrados.

Tabela 3- Determinação microbiológica das amostras de frangos *in natura*. CM- absorvente comercial; B- Branco; C- Hidrogel controle; GRLA- Hidrogel adicionado de ácidos lático e acético.

Análise Microbiológica E.C. Confirmativa 45 °C (NMP. gramas ⁻¹)	Tempo (dias)			
	0	3	5	7
CM	<3	<3	<3	<3
B	<3	<3	<3	<3
C	<3	<3	<3	<3
GRLA	<3	<3	<3	<3

Fonte: Autoria própria

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, RDC nº12 (BRASIL, 2001), o padrão microbiológico para amostra indicativa tolerável da carne de frango *in natura* é de 10^4 NMP. gramas⁻¹, para coliformes a 45°C. Nesta pesquisa, o resultado encontrado foi de <3 NMP. gramas⁻¹ para o meio (E.C.), desta forma, este valor apresentou-se abaixo do padrão microbiológico estabelecido pela norma vigente. Sendo assim, o produto está com condições sanitárias satisfatórias, pois os resultados analíticos de coliformes a 45°C estão abaixo dos limites estabelecidos para a amostra indicativa de frango *in natura*, segundo a RDC nº 12/2001. Desta forma, o produto está em acordo com os padrões legais vigentes.

6 CONCLUSÃO

Os hidrogéis contendo ácido láctico e acético utilizados como almofadas absorventes, promoveram a redução da *Salmonella* Typhimurium até sua ausência, se destacando a formulação GRLA. A partir desta formulação em comparação com almofadas comerciais, foi verificado alterações no pH e ΔE da carne de frango, onde a almofada absorvente GRLA estavam dentro do padrão estabelecido de pH, mostrando que os ácidos não apresentaram interferência. Na perda de massa da carne de frango não mostrou diferença significativa dentre as formulações testadas, em função da falta de barreira adequada à perda de umidade. Na análise de coliformes termotolerantes todas as amostras estavam com condições sanitárias satisfatórias. Por meio disto é possível utilizar hidrogéis contendo ácidos orgânicos, pelos os ácidos serem considerados como seguros e apresentarem efeitos antimicrobianos.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se que em trabalhos futuros avalie-se:

- a) uma proporção maior de frango com relação à quantidade de absorvente/hidrogel;
- b) o armazenamento das amostras cobertas para evitar perda da umidade para o ambiente;
- c) avaliação de textura e oxidação lipídica das amostras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, I.; LIN, H.; ZOU, L.; BRODY, A. L.; LI, Z.; QAZI, I. M.; PAVASE, T.R. A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods. **Food Control**, v. 82, p. 163-178, 2017. DOI 10.1016/j.foodcont.2017.06.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713517303006>. Acesso em: 8 out. 2020.
- AHVENAINEN, R. Active and intelligent packaging: an introduction. *In*: AHVENAINEN, R. (Ed.). **Novel food packaging techniques**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003, cap. 2, p. 5-21. DOI 10.1533/9781855737020.1.5. Disponível em: <https://cris.vtt.fi/en/publications/active-and-intelligent-packaging-an-introduction>. Acesso em: 10 out. 2020.
- AXELSSON, L. Lactic acid bacteria: Classification and physiology. *In*: SALMINEN, S.; VON WRIGHT, A (org.). **Lactic Acid Bacteria**. Londres: CRC Press, 1998, Cap. 1, p. 1-72. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=P0p5_uXL9uQC&oi=fnd&pg=PA1&dq=bacteria:+Classification+and+physiology&ots=gP3a_TTBHj&sig=JA83bUqyT95FjY6wZYaHjFDTuZM#v=onepage&q=bacteria%3A%20Classification%20and%20physiology&f=false. Acesso em: 11 out. 2020.
- BAIRD, B. E.; LUCIA, L. M.; ACUFF, G. R.; HARRIS, K. B.; SAVELL, J. W. Beef hide antimicrobial interventions as a means of reducing bacterial contamination. **Meat science**, v.73, n.2, p. 245-248, 2006. DOI 10.1016/j.meatsci.2005.11.023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174005004304>. Acesso em: 10 out. 2020.
- BAIRD-PARKER, A. C. Ácidos orgânicos. *In*: INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS. SILLIKER, J. H.; ELLIOTT, R. P.; BAIRD-PARKER, A. C.; BRYAN, S. L.; CHRISTIAN, J. H. B.; CLARKE, D. S.; OLSON JR., J.C.; ROBERTS, T. A (org.). **Ecologia microbiana de los alimentos 1**. New York: Academic Press, 1980, v. 1, p. 132-142.
- BARROS, J. A. G. **Reticulação da Poli (N-vinil-2- pirrolidona) e copolímeros por processos químicos**. 2007. Tese (Doutorado em Química) – Faculdade de Química, Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. DOI 10.11606/T.46.2007.tde-29112007-160103. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46135/tde-29112007-160103/publico/TeseJanainaAGBarros.pdf>. Acesso em: set out. 2020.
- BHUTIA, W.; PAL, R. K.; SEN, S.; JHA, S. K. Response of different maturity stages of sapota (Manilkara achras Mill.) cv. Kallipatti to in-package ethylene absorbent. **Journal of food science and technology**, v.48, n.6, p.763-768, 2011. DOI 10.1007/s13197-011-0360-x. Disponível: <https://link-springer-com.ez48.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s13197-011-0360-x>. Acesso: 11 set. 2020.
- BOSILEVAC, J. M.; NOU, X.; BARKOCY-GALLAGHER, G. A.; ARTHUR, T. M.; KOOHMARAIE, M. Treatments using hot water instead of lactic acid reduce levels of aerobic bacteria and Enterobacteriaceae and reduce the prevalence of Escherichia coli O157: H7 on previsceration beef carcasses. **Journal of food protection**, v.69, n.8, p.1808-1813, 2006. DOI 10.4315/0362-028X-69.8.1808. Disponível em:

<https://meridian.allenpress.com/jfp/article/69/8/1808/172592/Treatments-Using-Hot-Water-Instead-of-Lactic-Acid>. Acesso em: 13 set. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária (Dispoa). **Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003**, que aprova os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. Disponível em:

<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=2851>. Acesso em 10 set. 2019.

BRASIL. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, v. 139, n. 7-E, 2001.

BRODY, A. L. Commercial uses of active food packaging and modified atmosphere packaging systems. *In*: HAN, J.H (Ed.). **Innovations in food packaging**. London: Academic Press, 2005, p.457-474. DOI 10.1016/B978-012311632-1/50057-7. Disponível:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123116321500577>. Acesso em: 12 set.2020.

CABRAL, B.V. **Hidrólise de sacarose por invertase imobilizada em Duolite A-568 por adsorção e ligação cruzada**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Uberlândia, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15184>. Acesso em: 02 set. 2020.

CARPENTER, C. E.; SMITH, J. V.; BROADBENT, J. R. Efficacy of washing meat surfaces with 2% levulinic, acetic, or lactic acid for pathogen decontamination and residual growth inhibition. **Meat science**, v.88, n.2, p.256-260, 2011. DOI 10.1016/j.meatsci.2010.12.032. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174010004626>. Acesso em: 08 ago. 2020.

CASTILLO, A.; LUCIA, L. M.; MERCADO, I.; ACUFF, G. R. In-plant evaluation of a lactic acid treatment for reduction of bacteria on chilled beef carcasses. **Journal of Food Protection**, v.64, n.5, p.738-740, 2001. DOI 10.4315/0362-028X-64.5.738. Disponível em: <https://meridian.allenpress.com/jfp/article/64/5/738/167929/In-Plant-Evaluation-of-a-Lactic-Acid-Treatment-for>. Acesso em: 09 ago. 2020.

CHERRINGTON, C.A.; HINTON, M.; CHOPRA, I. Organic Acids: Chemistry antibacterial activity and practical application. **Advances in Microbiological Physiology**, v. 32, p.87-108, 1991. DOI 10.1016/S0065-2911(08)60006-5. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065291108600065>. Acesso em: 10 ago. 2020.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. Lavras: UFLA, p.785, 2005.

CHITRA, G.; FRANKLIN, D. S.; SUDARSAN, S.; SAKTHIVEL, M.; GUHANATHAN, S. Preparation, antimicrobial and antioxidant evaluation of indole-3-acetic acid-based pH-responsive bio-nanocomposites. **Polymer Bulletin**, v.74, n.8, p.3379-3398, 2017. DOI 10.1007/s00289-016-1900-3. Disponível em: <https://link.springer->

com.ez48.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s00289-016-1900-3. Acesso em: 10 set. 2020.

CLARKE, D.; MOLINARO, S.; TYUFTIN, A.; BOLTON, D.; FANNING, S.; KERRY, J. P. Incorporation of commercially-derived antimicrobials into gelatin-based films and assessment of their antimicrobial activity and impact on physical film properties. **Food Control**, v.64, p.202-211, 2016. DOI 10.1016/j.foodcont.2015.12.037. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713515303509?via%3Dihub>. Acesso em: 11 ago. 2020.

DAY B.P.F. Active packaging. *In*: COLES, R.; MCDOWELL, D.; KIRWAN, M. (Eds.), **Food packaging technologies**. USA: CRC Press, 2003, cap. 1, p. 282-302.

DELIGKARIS, K.; TADELE, T.S.; OLTHUIS, W.; VAN DEN BERG, A. Hydrogel-based devices for biomedical applications. **Sensors and Actuators, B: Chemical**, v. 147, n. 2, p. 765–774, 2010. DOI 10.1016/j.snb.2010.03.083. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925400510003096>. Acesso em: 12 ago. 2020.

DELMORE JR, R. J.; SOFOS, J. N.; SCHMIDT, G. R.; BELK, K. E.; LLOYD, W. R.; SMITH, G. C. Interventions to reduce microbiological contamination of beef variety meats. **Journal of food protection**, v.63, n.1, p.44-50, 2000. DOI 10.4315/0362-028X-63.1.44. Disponível: <https://meridian.allenpress.com/jfp/article/63/1/44/167022/Interventions-to-Reduce-Microbiological>. Acesso em: 15 set. 2020.

DERGUNOV, S. A.; MUN, G. A. Gama-irradiated chitosan-polyvinyl pyrrolidone hydrogels as pH-sensitive protein delivery system. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 78, n. 1, p. 65–68, 2009. DOI 10.1016/j.radphyschem.2008.07.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969806X08001643>. Acesso em:

DEVGAN, K.; KAUR, P.; KUMAR, N.; KAUR, A. Active modified atmosphere packaging of yellow bell pepper for retention of physico-chemical quality attributes. **Journal of food science and technology**, v.56, n.2, p.878-888, 2019. DOI 10.1007/s13197-018-3548-5. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-018-3548-5>. Acesso em: 11 jul. 2020.

DIERICK, N. A.; DECUYPERE, J.A. MOLLY, K.; VAN BEEK, E.; VANDERBEKE, E. The combined use of triacylglycerols (TAGs) containing medium chain fatty acids (MCFAs) and exogenous lipolytic enzymes as an alternative to nutritional antibiotics in piglet nutrition: II. In vivo release of MCFAs in gastric cannulated and slaughtered piglets by endogenous and exogenous lipases; effects on the luminal gut flora and growth performance. **Livestock Production Science**, v. 76, n. 1-2, p. 1-16, 2002. DOI 10.1016/S0301-6226(01)00331-1. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301622601003311>. Acesso em: 14 jul. 2020.

FARRIS, S.; SCHAICH, K.; LIUC, L.; PIERGIOVANNIA, L.; YAM, K.; Development of polyioncomplex hydrogels as an alternative approach for the production of bio-based polymers for food packaging applications: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v.20, pp.316-332, 2009. DOI 10.1016/j.tifs.2009.04.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224409001538>. Acesso em: 22 jul. 2020.

FDA. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Gelatin**, 1975.

FENG, Q.; WEI, K.; LIN, S.; XU, Z.; SUN Y.; SHI P.; LI G.; BIAN L. Mechanically resilient, injectable, and bioadhesive supramolecular gelatin hydrogels crosslinked by weak host-guest interactions assist cell infiltration and in situ tissue regeneration. **Biomaterials**, v. 101, p. 217-228, 2016. DOI 10.1016/j.biomaterials.2016.05.043. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142961216302289>. Acesso em: 12 jun. 2020.

GAIKWAD, K. K.; SINGH, S.; AJJI, A. Moisture absorbers for food packaging applications. **Environmental Chemistry Letters**, v. 17, n. 2, p. 609-628, 2019. DOI 10.1007/s10311-018-0810-z. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-018-0810-z>. Acesso em: 14 jun. 2020.

GAIKWAD, K. K.; LEE, Y. S. Effect of storage conditions on the absorption kinetics of non-metallic oxygen scavenger suitable for moist food packaging. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 11, n. 3, p. 965-971, 2017. DOI 10.1007/s11694-017-9470-0. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-017-9470-0>. Acesso em: 15 jun. 2020.

GHASEMI-MOBARAKEH, L.; PRABHAKARAN, M. P.; MORSHED, M., NASR-ESFAHANI, M.-H.; RAMAKRISHNA, S. Electrospun poly (ϵ -caprolactone)/gelatin nanofibrous scaffolds for nerve tissue engineering. **Biomaterials**, v.29, n.34, p.4532–4539, 2008. DOI 10.1016/j.biomaterials.2008.08.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142961208005681>. Acesso em: 16 jun. 2020.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; GIMÉNEZ, B.; LÓPEZ-CABALLERO, M. A.; MONTERO, M. P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. **Food hydrocolloids**, v.25, n.8, p.1813-1827, 2011. DOI 10.1016/j.foodhyd.2011.02.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X11000427>. Acesso em: 23 jun. 2020.

HENNINK, W.E.; VAN NOSTRUM, C.F. Novel crosslinking methods design hydrogels. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 64, p.223-236, 2012. DOI 10.1016/j.addr.2012.09.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169409X12002694>. Acesso em: 25 jun. 2020.

HOARE, T.R.; KOHANE, D.S. Hydrogels in drug delivery: Progress and challenges. **Polymer**, v.49, n.8, p1993-2007, 2008. DOI 10.1016/j.polymer.2008.01.027. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032386108000487>. Acesso em: 26 jun. 2020.

HOFFMAN, A. S. Hydrogels for biomedical applications. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 64, p. 18–23, 2012. DOI 10.1016/j.addr.2012.09.010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169409X12002700>. Acesso em: 26 jun. 2020.

HOGAN, S. A.; KERRY, J. P. Smart packaging of meat and poultry products. **Smart packaging technologies for fast moving consumer goods**, p. 33-54, 2008. DOI 10.1002 /

9780470753699. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470753699#page=49>. Acesso em: 14 ago. 2020.

HONG, G.P.; XIONG, Y.L. Microbial transglutaminase-induced structural and rheological changes of cationic and anionic myofibrillar proteins. **Meat Science**, v.91, n.1, p. 36-42, 2012. DOI 10.1016/j.meatsci.2011.12.002. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174011004086>. Acesso em: 14 abr. 2020.

JAY, J.M. **Microbiologia de Alimentos**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

JOHNSON, D. R.; DECKER, E. A. The role of oxygen in lipid oxidation reactions: a review. **Annual review of food science and technology**, v. 6, p. 171-190, 2015. DOI 10.1146/annurev-food-022814-015532. Disponível em:

<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-food-022814-015532>. Acesso em: 25 abr. 2020.

JRIDI, M.; MORA, L.; SOUISSI, N.; ARISTOY, M.C.; NASRI, M.; TOLDRÁ, F. Effects of henna extract (*L. inermis*) coated active gelatin on beef quality during refrigerated storage.

Food control, v.84, p.238-245, 2018. DOI 10.1016/j.foodcont.2017.07.041. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713517303936>. Acesso em: 26 jun. 2020.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural products**. 3. ed. California: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 2002. p. 535.

KERRY, J. P.; O'GRADY, M. N.; HOGAN, S. A. Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. **Meat science**, v. 74, n. 1, p. 113-130, 2006. DOI 10.1016/j.meatsci.2006.04.024. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174006001367>. Acesso em: 13 jun. 2020.

KIRSCHNER, C. M.; ANSETH, K. S. Hydrogels in healthcare: From static to dynamic material microenvironments. **Acta Materialia**, v. 61, n. 3, p. 931–944, 2013. DOI 10.1016/j.actamat.2012.10.037. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359645412007847> Acesso em: 16 out. 2020.

KOŁODZIEJSKA, I.; PIOTROWSKA, B. The water vapour permeability, mechanical properties and solubility of fish gelatin–chitosan films modified with transglutaminase or 1-ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl) carbodiimide (EDC) and plasticized with glycerol. **Food Chemistry**, v.103, p. 295-300, 2007. DOI 10.1016/j.foodchem.2006.07.049. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814606006418>. Acesso em: 18 out. 2020.

KOMMAREDDY, S.; SHENOY, D. B.; AMIJI, M. M. Gelatin Nanoparticles and Their Biofunctionalization. In: KUMAR, C.R.S.S.(Ed.). **Nanotechnologies for the life sciences**. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2007, p. 330–352. DOI 10.1002 / 9783527610419. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9783527610419.ntls0011>. Acesso em: 22 out. 2020.

LABUZA, T.P. Introduction to active packaging for foods. **Food Technology**, v.50, p. 68-71, 1996.

LAI, J. Y. Biocompatibility of chemically cross-linked gelatin hydrogels for ophthalmic use. **Journal of Materials Science: Materials in Medicine**, v.21, n.6, p.1899-1911, 2010. DOI 10.1007/s10856-010-4035-3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10856-010-4035-3>. Acesso em: 24 out. 2020.

LEE, D. S. Carbon dioxide absorbers for food packaging applications. **Trends in food science & technology**, v. 57, p. 146-155, 2016. DOI 10.1016/j.tifs.2016.09.014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224416302278>. Acesso em: 04 out. 2020.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo, Editora Sarvier, v.238, p 33-34, 2008.

LI, S.; KUNDU, D.; HOLLEY, R. A. Use of lactic acid with electron beam irradiation for control of Escherichia coli O157: H7, non-O157 VTEC E. coli, and Salmonella serovars on fresh and frozen beef. **Food microbiology**, p.46, 34-39, 2015. DOI 10.1016/j.fm.2014.06.018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0740002014001555>. Acesso em: 13 set. 2020.

LIAO, C. H.; SHOLLENBERGER, L. M.; PHILLIPS, J. G. Lethal and sublethal action of acetic acid on Salmonella in vitro and on cut surfaces of apple slices. **Journal of food science**, v. 68, n. 9, p. 2793-2798, 2003. DOI 10.1111/j.1365-2621.2003.tb05807.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05807.x>. Acesso em: 24 out. 2020.

LIU, F.; CHIOU, B. S.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; ZHANG, Y.; LI, Y.; MCHUGH, T. H.; ZHONG, F. Study of combined effects of glycerol and transglutaminase on properties of gelatin films. **Food hydrocolloids**, v.65, p.1-9, 2017. DOI 10.1016/j.foodhyd.2016.10.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X16305240>. Acesso em: 28 set. 2020.

LOPEZ-RUBIO, A.; ALMENAR, E.; HERNANDEZ-MUÑOZ, P.; LAGARÓN, J. M.; CATALÁ, R.; GAVARA, R. Overview of active polymer-based packaging technologies for food applications. **Food Reviews International**, v.20, n.4, p.357–387, 2004. DOI 10.1081/FRI-200033462. Disponível em: <http://web-a-ebscost.ez48.periodicos.capes.gov.br/ehost/detail/detail?vid=0&sid=11863fdc-0052-44a4-a0a4-820f4bdda219%40sessionmgr4008&bdata=Jmxhbm9cHQYnImc210ZT1laG9zdC1saXZl#AN=14898111&db=fsr>. Acesso em: 21 out. 2020.

MAITRA, J.; SHUKLA, V. K. Cross-linking in hydrogels-a review. **American Journal of Polymer Science**, v.4, n.2, p.25-31, 2014. DOI 10.5923/j.ajps.20140402.01. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50859111/10.5923.j.ajps.20140402.01.pdf?1481613671=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCross_linking_in_Hydrogels_A_Review.pdf&Expires=1608670643&Signature=UOKfiRqZVe8SUhIGUf7qaOe4rXJQdGCiiAotkIWpitghtHmd1VkwakiI1UufVJs2vnlRfvUKNuS6dYyDXz5i4L3dlr1Tcbk9R66KLFgniTeVXnzYhtPWQV3VFSi0~~s49CXhxTUcaHxatO~lLkTUCR7I3L3mBSkShD6TbFkuxS-Az7U2NeaNe89dQAaPbGcK4QkP1qJYUGoSx8d1xXD2vW6rb5C0YUTTSW52sPeCkh8ce

XQQhmAWSbNf3IldnT4~jNb7rXzTqCx45GGCiVKYAYOQZm5OsFrwycDrSf9Zat4vmI22S7oLJUpTPjpKHVvBWw5VNkjqWkwqnoKrF4wHZw &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 10 out. 2020.

MALTINI, E.; TORREGGIANI, D.; VENIR, E.; BERTOLO, G. Water activity and the preservation of plant foods. **Food Chemistry**, v.82, p.79–86, 2003. DOI 10.1016/S0308-8146(02)00581-2. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814602005812>. Acesso em: 2 set. 2020

MANI-LÓPEZ, E.; GARCÍA, H. S.; LÓPEZ-MALO, A. Organic acids as antimicrobials to control Salmonella in meat and poultry products. **Food Research International**, v. 45, n. 2, p. 713-721, 2012. DOI 10.1016/j.foodres.2011.04.043. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096399691100278X>. Acesso em: 08 set. 2020.

MARCINKOWSKA-LESIAK, M.; ZDANOWSKA-SAŚIADEK, Ż.; STELMASIAK, A.; DAMAZIAK, K.; MICHALCZUK, M.; POŁAWSKA, E.; WIERZBICKA, A. Effect of packaging method and cold-storage time on chicken meat quality. **CyTA-Journal of Food**, v. 14, n. 1, p. 41-46, 2016. DOI 10.1080/19476337.2015.1042054. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2015.1042054>. Acesso em: 11 set. 2020.

MCWILLIAM-LEITCH, E. C.; STEWART, C. S. Susceptibility of Escherichia coli O157 and non-O157 isolates to lactate. **Letters in Applied Microbiology**, v. 35, n. 3, p. 176-180, 2002a. DOI 10.1046/j.1472-765X.2002.01164.x. Disponível em: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1472-765X.2002.01164.x>. Acesso em: 12 set. 2020.

MCWILLIAM-LEITCH, E.C.; STEWART, C. S. Escherichia coli O157 and Non-O157 Isolates Are More Susceptible to L-Lactate than to D-Lactate. **Applied and environmental microbiology**, p. 4676-4678, 2002b. DOI 10.1128/AEM.68.9.4676-4678.2002. Disponível em: <https://aem.asm.org/content/68/9/4676.short>. Acesso em: 13 set. 2020.

MILILLO, S. R.; RICKE, S. C. Synergistic reduction of Salmonella in a model raw chicken media using a combined thermal and acidified organic acid salt intervention treatment. **Journal of Food Science**, v.75, p.121–12. 2010. DOI 10.1111/j.1750-3841.2009.01510.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1750-3841.2009.01510.x>. Acesso em: 12 set. 2020.

MOREIRA, T. F. M.; OLIVEIRA, A.; SILVA, T. B. V.; SANTOS, A. R.; GONÇALVES, O. H.; GONZALEZ, S. R.; DROVAL, A.A; LEIMANN, F. V. Hydrogels based on gelatin: Effect of lactic and acetic acids on microstructural modifications, water absorption mechanisms and antibacterial activity. **LWT**, v.103, p.69-77, 2019. DOI 10.1016/j.lwt.2018.12.040. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643818310983>. Acesso em: 24 set. 2020.

NAYIK, G. A.; MUZAFFAR, K. Developments in packaging of fresh fruits—Shelf life perspective: A review. **American Journal of Food Science and Nutrition Research**, v. 1, n. 5, p. 34-39, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gulzar_Nayik/publication/269686308_Developments_in

Packaging of Fresh Fruits-

Shelf Life Perspective A Review/links/549154d20cf2d1800d87ed7f.pdf. Acesso em: 24 set. 2020.

NG, W.K.; KOH, C.B.; SUDESH, K.; SITI-ZAHRAHA, A. Effects of organic acids on growth, nutrient digestibility and gut microflora of red hybrid tilapia, *Oreochromis sp.*, and subsequent survival during a challenge test with *Streptococcus agalactiae*. **Aquaculture Research**, v.40, p.1451-1466, 2009. DOI 10.1111/j.1365-2109.2009.02249.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2109.2009.02249.x>. Acesso em: 24 set. 2020.

NICHOL, J. W.; KOSHY, S. T.; BAE, H.; HWANG, C. M. YAMANLAR, S.; KHADEMHOSEINI, A. Cell-laden microengineered gelatin methacrylate hydrogels. **Biomaterials**, v.31, n.21, p.5536–5544, 2010. DOI 10.1016/j.biomaterials.2010.03.064. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142961210004485>. Acesso em: 25 set. 2020.

NIU, Y.; XIA, Q.; LI, N.; WANG, Z.; YU, L.L. Gelling and bile acid binding properties of gelatin-alginate gels with interpenetrating polymer networks by double cross linking. **Food chemistry**, v. 270, p. 223-228, 2019. DOI 10.1016/j.foodchem.2018.07.105. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814618312457>. Acesso em: 23 out. 2020.

OTERO-PAZOS, P.; SENDÓN, R.; MARTÍNEZ, I.; AURREKOETXEA, G. P.; ANGULO, I.; QUÍROS, A. R.B. Evaluation of oxygen absorber system effectiveness in butter containers. **CyTA-Journal of Food**, v.16, n.1, p.205-212, 2018. DOI 10.1080/19476337.2017.1379561. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2017.1379561>. Acesso em: 24 out. 2020.

OTONI, C.G.; ESPITIA, P.J.; AVENA-BUSTILLOS, R.J.; MCHUGH, T.H. Trends in antimicrobial food packaging systems: Emitting sachets and absorbent pads. **Food Research International**, v.83, p.60-73, 2016. DOI 10.1016/j.foodres.2016.02.018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996916300631>. Acesso em: 24 set. 2020.

OVER, K. F.; HETTIARACHCHY, N.; JOHNSON, M. G.; DAVIS, B. Effect of organic acids and plant extracts on *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella Typhimurium* in broth culture model and chicken meat systems. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 9, p. M515-M521, 2009. DOI 10.1111/j.1750-3841.2009.01375.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1750-3841.2009.01375.x>. Acesso em: 10 out. 2020.

OZDEMIR, M.; FLOROS, J. D. Active food packaging technologies. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 44, n. 3, p. 185-193, 2004. DOI 10.1080/10408690490441578. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408690490441578>. Acesso em: 25 set. 2020.

QUINTAVALLA, S.; VICINI, L. Antimicrobial food packaging in meat industry. **Meat Science**, v.62, p.373-80, 2002. DOI 10.1016/S0309-1740(02)00121-3. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174002001213>. Acesso em: 25 set. 2020.

- REDDY, N.; REDDY, R.; JIANG, Q. Crosslinking biopolymers for biomedical applications. **Trends in Biotechnology**, v. 33, n. 6, p. 362–369, 2015. DOI 10.1016/j.tibtech.2015.03.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167779915000700>. Acesso em: 24 out. 2020.
- REN, T.; QIAO, M.; HUANG, T.S.; WEESE, J.; REN, X. Efficacy of N-halamine compound on reduction of microorganisms in absorbent food pads of raw beef. **Food Control**, v.84, p.255-262, 2018. DOI 10.1016/j.foodcont.2017.08.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713517304012>. Acesso em: 23 set. 2020.
- RESMI, R. UNNIKRISHNAN, S.; KRISHNAN, L. K.; KALLIYANA KRISHNAN, V. Synthesis and characterization of silver nanoparticle incorporated gelatin-hydroxypropyl methacrylate hydrogels for wound dressing applications. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 134, n. 10, 2017. DOI 10.1002/app.44529. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/app.44529>. Acesso em: 23 set. 2020.
- ROMANO, A.S. **Embalagens ativas e inteligentes: estudo do desenvolvimento e viabilidade econômica no Brasil**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade estadual de Campinas, São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=001062140&opt=1>. Acesso em: 19bset. 2020.
- RONG, A.; AKKERMAN, R.; GRUNOW, M. An optimization approach to managing fresh food quality throughout the supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 1, p. 421-429, 2011. DOI 10.1016/j.ijpe.2009.11.026. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527309004290>. Acesso em: 19 set. 2020.
- RONGCAI, Y.; DAVID, H.C. Effects of NAA, AVG, and 1-MCP on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of 'Golden Supreme' and 'Golden Delicious' apples. **Hortscience**, Alexandria, v.42, n.1, p.101-105, 2007. DOI 10.21273/HORTSCI.42.1.101. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/42/1/article-p101.xml>. Acesso em: 19 set. 2020.
- ROSS, P. I. Gelatin, *In*: MARK H.F.; BIKALES, N.M.; OVERBERGER, C. G; MENGES, G. (Eds). **Encyclopedia of Polymer Science and Engineering**. New York: John Wiley & Sons, 1987, v.7, p.488. DOI 10.1002/pol.1986.140240720. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/pol.1986.140240720>. Acesso em: 24 set. 2020.
- ROTH, F. X.; KIRCHGESSNER, M. Organic acids as feed additives for young pigs: nutritional and gastrointestinal effects. **Journal of Animal and Feed Science**, n. 8, p. 25-33, 1998. DOI 10.22358/jafs/69953/1998. Disponível em: <http://www.jafs.com.pl/Organic-acids-as-feed-additives-for-young-pigs-nNutritional-and-gastrointestinal-effects,69953,0,2.html>. Acesso em: 20 set. 2020.
- RUSSEL, J. B. Another Explanation for the toxicity of fermentation acids at low pH: anion accumulation versus uncoupling. **Journal of Applied Bacteriology**, v.73, p.363-370, 1992. DOI 10.1111/j.1365-2672.1992.tb04990.x. Disponível em:

<https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2672.1992.tb04990.x>. Acesso em: 25 set. 2020.

SAHIN, E.; ZIED BABAÏ, M.; DALLERY, Y.; VAILLANT, R. Ensure supply chain security through time temperature integrators. **The International Journal of Logistics Management**, v.18, n.1, p.102-124, 2007. DOI 10.1108/09574090710748199. Disponível em: <https://www-emerald.ez48.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/09574090710748199/full/html>. Acesso em: 24 set. 2020.

SANTOS, P.R.; CONTRERAS-CASTILLO, C.J.; PINO, A.P.M.; FELDMANN, V.; DELGADO, E.F. & MONTES-VILLANUEVA, N.D. **Amaciamento de carne bovina de fêmeas de descarte sob atmosfera modificada e vácuo**. VIII Congresso Iberoamericano de ingeniería de alimentos. Lima, 2011. Disponível em: Disponível em: http://www.cibia8peru.org/Nuevas_Tecnologias_NT/NT-002.pdf. Acesso em: 12 ago. 2020.

SILVA, F.; DOMINGUES, F.C.; NERÍN, C. Control microbial growth on fresh chicken meat using pinosylvin inclusion. **Food Science and Technology**, v.80, p.148-154, 2018. DOI 10.1016/j.lwt.2017.10.043. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002364381730796X>. Acesso em: 24 set. 2020.

SIMONI, R. C.; LEMES, G. F.; FIALHO, S.; GONÇALVES, O. H.; GOZZO, A. M.; CHIARADIA, V.; SAYER, C.; SHIRAI, M. A.; LEIMANN, F. V. Effect of drying method on mechanical, thermal and water absorption properties of enzymatically crosslinked gelatin hydrogels. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 2, p. 1–11, 2017. DOI 10.1590/0001-3765201720160241. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S000137652017005007102&script=sci_arttext. Acesso em: 24 se. 2020.

SINGH, S.; GAIKWAD, K. K.; OMRE, P. K.; LEE, Y. S. Process development for stabilization of sugarcane juice using response surface methodology. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v.10, n.4, p.727-737, 2016a. DOI 10.1007/s11694-016-9357-5. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-016-9357-5>. Acesso em: 15 out. 2020.

SINGH, S.; HO LEE, M.; PARK, I.; SHIN, Y. J.; LEE, Y. S. Antimicrobial properties of polypropylene films containing AgSiO₂, AgZn and AgZ for returnable packaging in seafood distribution. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v.10, n.4, 781-793, 2016b. DOI 10.1007/s11694-016-9363-7. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-016-9363-7>. Acesso em: 15 out. 2020.

SINGH, S.; HO LEE, M.; SHIN, Y.; LEE, Y. S. Antimicrobial seafood packaging: a review. **Journal of food science and technology**, v.53, n.6, p.2505-2518, 2016c. DOI 10.1007/s13197-016-2216-x. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-016-2216-x>. Acesso em: 15 out. 2020.

SUJIWO, J.; KIM, D.; JANG, A. Relation among quality traits of chicken breast meat during cold storage: correlations between freshness traits and torrymeter values. **Poultry science**, v. 97, n. 8, p. 2887-2894, 2018. DOI 10.3382/ps/pey138. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119308259>. Acesso em: 10 out. 2020.

TAYLOR, M.; JOERGER, R.; PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; AVILA-SOSA, R.; CALIX-LARA, T. Alternatives to Traditional Antimicrobials for Organically Processed Meat and Poultry. **Organic meat production and processing**, v. 53, 2012. DOI 10.1002 / 9781118229088. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118229088#page=216>. Acesso em: 12 out. 2020.

TEIXEIRA, L.S; FEIJEN, J.; BLITTERSWIJK, C.A.V.; DAKE, S.A.; KARPERIEN, M. Enzyme-catalyzed crosslinkable hydrogels: emerging strategies for tissue engineering.

Biomaterials, v.33, n.5, p.1281-1290, 2012. DOI 10.1016/j.biomaterials.2011.10.067.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014296121101283X>. Acesso em:

TENÓRIO-NETO, E.T.; SOUZA D.L.; GUILHERME, M.R.; LIMA-TENÓRIO, M.K.; SCARIOT, D.B.; NAKAMURA, C.V.; KUNITA, M.H.; RUBIRA, A.F. Synthesis and drug release profile of a dual-responsive poly (ethylene glycol) hydrogel nanocomposite. **RSC Advances**, v.7, n.44, p.27637-27644, 2017. DOI 10.1039 / C7RA02846F. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2007/ra/c7ra02846f>. Acesso em: 18 set. 2020.

THERON, M. M.; LUES, J. F. R. Organic Acids and Meat Preservation: A Review. **Food Reviews International**, v. 23, n. 2, p. 141–158, 2007. DOI 10.1080/87559120701224964.

Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87559120701224964>. Acesso em: 18 set. 2020.

USDA-FSIS. **Safe and suitable ingredients used in the production of meat and poultry products**, 2010.

VENTURINI, A. C. **Embalagens de transporte (Masterpack) com atmosfera modificada e absorvedores de oxigênio para aumento da vida útil de carne bovina**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003. DOI 10.11606/D.11.2003.tde-30052003-141646. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-30052003-141646/en.php>. Acesso em: 10 set. 2020.

VERMEIREN, L.; HEIRLINGS, I.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Oxygen, ethylene and scavengers. *In*: AHVENAINEN, R. **Novel food packaging technique**. Boca Raton, FL: CRC PRESS, p. 22-49, 2003. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=6RWkAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA22&dq=Oxygen,+ethylene+and+scavengers&ots=NPD4T3Pzzj&sig=GYuKq95Zv1mZKPFuFZowIDfXn1k&redir_esc=y#v=onepage&q=Oxygen%2C%20ethylene%20and%20scavengers&f=false. Acesso em: 20 set. 2020.

WANG, H. J.; AN, D. S.; RHIM, J. W.; LEE, D. S. A Multi-Functional Biofilm Used as an Active Insert in Modified Atmosphere Packaging for Fresh Produce. **Packaging Technology and Science**, v.28, n.12, p.999-1010, 2015. DOI 10.1002/pts.2179. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pts.2179>. Acesso em: 24 set. 2020.

WANG, Y.; LIU, A.; YE, R.; WANG, W.; LI, X. Transglutaminase-induced crosslinking of gelatin–calcium carbonate composite films. **Food chemistry**, v.166, p.414-422, 2015. DOI 10.1016/j.foodchem.2014.06.062. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814614009480>. Acesso em: 20 out. 2020.

WATKINS, C.B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, Amsterdam, v.24, n.4, p.389-409, 2006. DOI 10.1016/j.biotechadv.2006.01.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S073497500600022X>. Acesso em: 20 set. 2020.

YADOLLAHI, M.; GHOLAMALI, I.; NAMAZI, H.; AGHAZADEH, M. Synthesis and characterization of antibacterial carboxymethylcellulose/CuO bio-nanocomposite hydrogels. **International journal of biological macromolecules**, v.73, p.109-114, 2015. DOI 10.1016/j.ijbiomac.2014.10.063. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014181301400748X>. Acesso em: 28 set. 2020.

YAM, K. L.; TAKHISTOV, P. T.; MILTZ, J. Intelligent packaging: concepts and applications. **Journal of food science**, v. 70, n. 1, p. R1-R10, 2005. DOI 10.1111/j.1365-2621.2005.tb09052.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09052.x>. Acesso em: 28 set. 2020.

YANG, H.; WANG, Y.; REGENSTEIN, J.M.; ROUSE, D.B. Nanostructural characterization of catfish skin gelatin using atomic force microscopy. **Journal of Food Science**. v.72, n.8, p. C430-C440, 2007. DOI 10.1111/j.1750-3841.2007.00480.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1750-3841.2007.00480.x>. Acesso em: 18 set. 2020.

YI, J. B.; KIM, Y. T.; BAE, H. J.; WHITESIDE, W. S.; PARK, H. J. Influence of transglutaminase-induced cross-linking on properties of fish gelatin films. **Journal of food science**, v.71, n.9, p.E376-E383, 2006. DOI 10.1111/j.1750-3841.2006.00191.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1750-3841.2006.00191.x>. Acesso em: 25 out. 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. DOI 10.1111/1541-4337.12322. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12322>. Acesso em: 29 set. 2020.

ZHOU, G. H.; XU, X. L.; LIU, Yuan. Preservation technologies for fresh meat—A review. **Meat science**, v. 86, n. 1, p. 119-128, 2010. DOI 10.1016/j.meatsci.2010.04.033. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174010001658>. Acesso em: 10 out. 2020.