



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
CAMPUS DE PATOS-PB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E SAÚDE ANIMAL

Kallyne Sousa Soares

Efeito do filme de cebola comestível (*Allium cepa L.*) na qualidade, propriedades sensoriais e vida útil de hambúrgueres de carne bovina

**Patos-PB**  
**2022**

Kallyne Sousa Soares

Efeito do filme de cebola comestível (*Allium cepa L.*) na qualidade, propriedades sensoriais e vida útil de hambúrgueres de carne bovina

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Saúde Animal, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Saúde Animal.

Prof. Dr. Leilson Rocha Bezerra

Orientador

Prof. Dr. Hernane Silva Barud

Coorientador

**Patos-PB**  
**2022**

S343e

Soares, Kallyne Sousa.

Efeito do filme de cebola comestível (*Allium cepa L.*) na qualidade, propriedades sensoriais e vida útil de hambúrgueres de carne bovina / Kallyne Sousa Soares. - Patos, 2022.

60f. : il. Color

Dissertação (Mestrado em Ciência e Saúde Animal) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2022.

"Orientação: Prof. Dr. Leilson Rocha Bezerra, Prof. Dr. Hernane Silva Barud".

Referências.

1. Hambúrgueres de Carne Bovina. 2. *Allium cepa L.* 3. Revestimento Comestível. 4. Antimicrobiano. 5. Oxidação Lipídica. 6. Textura do Alimento. I. Bezerra, Leilson Rocha. II. Barud, Hernane Silva. III. Título.

CDU 613.28(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E SAÚDE ANIMAL**  
Rua Aprígio Veloso, 882, - Bairro Universitário, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

## FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

**KALLYNE SOUSA SOARES**

**EFEITO DO FILME DE CEBOLA COMESTÍVEL (*Allium Cepa L.*) NA QUALIDADE,  
PROPRIEDADES SENSORIAIS E VIDA ÚTIL DE HAMBÚRGUERES DE CARNE BOVINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Saúde Animal como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Saúde Animal.

Aprovada em: 17/02/2022.

### BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Leilson Rocha Bezerra (Orientador - PPGCSA/UFCG)

Prof. Dr. Clovis Augusto Ribeiro (Examinador Externo - UNESP)

Profa. Dra. Marthyna Pessoa de Souza (Examinadora Externo - UFCG)

### OBSERVAÇÕES:

1 - Por não possuírem cadastro como usuários externos no SEI, os examinadores Clovis Augusto Ribeiro e Marthyna Pessoa de Souza receberão cópia da presente Ata e darão ciência e aprovação dos termos por e-mail.

2 - Os examinadores internos signatários certificam que os examinadores externos acima identificados participaram da defesa da dissertação e tomaram conhecimento do teor deste documento.



Documento assinado eletronicamente por **LEILSON ROCHA BEZERRA, PROFESSOR**, em 17/02/2022, às 11:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **2123548** e o código CRC **698C9BF8**.

Aos meus pais, Francileide Sousa e José Lopes  
por todo amor, dedicação e ajuda  
incondicional para que todos meus sonhos  
sejam alcançados.

**DEDICO!**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por ter sido meu alicerce durante toda essa jornada, guiando-me e me dando força para enfrentar os obstáculos do dia a dia, iluminando os caminhos da minha vida, por seu infinito amor e bondade, por todas as conquistas, incluindo a realização desse sonho, e por todas as bênçãos em minha vida.

Aos meus queridos pais, Francileide Sousa e José Lopes, por jamais medir esforços para concretização de todos os meus sonhos, por todo amor, esforço, dedicação, incentivo, ensinamentos e abdições. Amo vocês demais!

A toda minha família, por todo amor e apoio de sempre e por vibrarem comigo a cada conquista alcançada! Agradeço a Deus por cada um de vocês!

Ao meu professor e orientador, Dr. Leilson Rocha, por ter me acolhido tão bem e assumido com maestria a responsabilidade de me orientar durante esse percurso, por todos os ensinamentos, disponibilidade, paciência, compreensão, “puxões de orelha” e pela confiança em mim depositada durante esse período. O senhor é um grande exemplo profissional, ético e moral a ser espelhado o qual tenho grande estima e admiração. Muito obrigada!

Ao Prof. Dr. Hernane Barud pela coorientação.

À professora Dra. Marthyna Pessoa, que foi meu braço direito no desenvolvimento desse trabalho. Muito obrigada, Marthyna, por toda ajuda, paciência, disponibilidade, por ter dividido a bancada comigo e, principalmente, pelos ensinamentos. A senhora tem minha eterna gratidão e admiração! Obrigada por tudo!

As minhas amigas e parceiras, que me ajudaram com as análises em laboratório fazendo com que, assim, fosse possível a realização desta dissertação, especialmente, Larruama, Débora, Sabrina, Stella, Laisy, Elisama, Stella. Vocês são muito especiais para mim. Obrigada por tudo!

A equipe do Laboratório de Nutrição Animal (LANA), em especial ao professor Dr. André Leandro, por toda disponibilidade e ensinamentos. Tenho grande respeito e admiração por você! Agradeço também ao senhor Otávio, por estar sempre prontamente disponível e disposto a ajudar sempre que necessário.

À Coordenação de Apoio do Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil), pela concessão da bolsa de estudos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e

Tecnológico (CNPq), pelos recursos concedidos que me auxiliaram na condução deste Projeto.

Ao Dr. Diogenes dos Santos Dias da BioSmart Nanotechnology (BioSmart®, Araraquara, São Paulo, Brasil), pela produção e fornecimento dos filmes utilizados nesta pesquisa.

À Universidade Federal de Campina Grande – Patos, através dos Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Saúde Animal e seu corpo docente, pela oportunidade, ensinamentos e possibilidade de somar tantos conhecimentos primordiais para meu crescimento e desenvolvimento profissional.

A todos vocês, meus sinceros agradecimentos!

## SUMÁRIO

	<b>RESUMO</b>	
	<b>ABSTRACT</b>	
	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>14</b>
	<b>CAPÍTULO I: Filmes e revestimentos comestíveis para preservação de carnes e derivados</b>	
	<b>RESUMO</b> .....	<b>19</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>20</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<i>Pesquisa de Literatura e Coleta de Dados</i> .....	<b>21</b>
<b>2.2</b>	<i>Crítérios de Eleição</i> .....	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>31</b>
	<b>CAPÍTULO II: Effect of edible onion (<i>Allium cepa</i> L.) film on quality, sensory properties and shelf life of beef burger patties</b>	
	<b>ABSTRACT</b> .....	<b>39</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>39</b>
<b>2</b>	<b>RESULTS</b> .....	<b>41</b>
<b>3</b>	<b>DISCUSSION</b> .....	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>MATERIALS E METHODS</b> .....	<b>48</b>
<b>4.1</b>	<i>Ethical considerations and design experimental</i> .....	<b>48</b>
<b>4.2</b>	<i>Obtaining, handling and applying onion-based film</i> .....	<b>48</b>
<b>4.3</b>	<i>Beef burger patties preparation</i> .....	<b>49</b>
<b>4.4</b>	<i>Physicochemical analyses</i> .....	<b>50</b>
<b>4.5</b>	<i>Lipid oxidation of beef burger patties</i> .....	<b>51</b>
<b>4.6</b>	<i>Microbiological analysis of beef burger patties</i> .....	<b>51</b>
<b>4.7</b>	<i>Sensory attributes</i> .....	<b>52</b>
<b>4.8</b>	<i>Statistical analysis</i> .....	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>53</b>
	<b>REFERENCES</b> .....	<b>54</b>
	<b>CONCLUSÃO GERAL</b> .....	<b>60</b>



## RESUMO

A aplicação de novas tecnologias que visem promover a obtenção de alimentos de melhor qualidade e maior tempo de prateleira vem aumentando notoriamente. Os filmes comestíveis e biodegradáveis se destacam como uma excelente alternativa para a substituição de seus equivalentes sintéticos, contribuindo para melhoria das questões ambientais, conservação dos alimentos e otimização das qualidades sensoriais. De acordo com esta estratégia promissora, a cebola (*Allium cepa L.*) surge como uma fonte potencial de filmes comestíveis para aplicações relacionadas à embalagem biodegradável. Sendo assim, o objetivo do estudo foi avaliar os efeitos dos filmes comestíveis de cebola na vida de prateleira do hambúrguer bovino durante o período de armazenamento de 9 dias a 4 °C e sua aceitação pelo consumidor. Foram utilizados dois tratamentos (controle e filme de cebola) e três repetições, com realização de análises em intervalo de quatro tempos (0, 3, 6 e 9), a partir das propriedades físico-químicas, oxidação lipídica, análises microbiológicas relativas à contagem total de mesófilos e psicrófilos e análise sensorial do músculo *Quadriceps femoris*. Os hambúrgueres não revestidos (controle) sofreram as modificações de cor mais intensas durante o armazenamento ( $p < 0,05$ ). O índice de luminosidade foi maior ( $p < 0,05$ ) no controle em todos os tempos de armazenamento, exceto no dia 6, e a vermelhidão, amarelecimento e cromo foram maiores ( $p < 0,05$ ) nos hambúrgueres de cebola comestível em todos os tempos de armazenamento. O pH das amostras controle aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ), enquanto os valores de pH das amostras revestidas com filme diminuíram significativamente ( $p < 0,05$ ). A CRA de todas as amostras reduziu à medida que o tempo de armazenamento aumentou. A PPC, o teor de Ferro heme e os valores de TBA não demonstram diferença significativa ( $p > 0,05$ ). Ao analisar o perfil de textura, a mastigabilidade mostrou-se maior em função da inclusão do filme em relação ao tratamento controle ao longo do tempo de armazenamento. Como resultado, também observou-se diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) no crescimento microbiano de mesófilos e psicrófilos nos tratamentos com o filme em relação ao controle. Os maiores escores para os atributos sensoriais analisados e o maior índice de aceitação foram para os tratamentos com o filme a base de cebola. Concluímos assim que, a inclusão dos filmes a base de cebola apresentou características promissoras para preservação dos hambúrgueres, além de melhorar os atributos sensoriais e aumentar a aceitação do consumidor, podendo vir a ser utilizado na indústria de embalagens de carnes e produtos à base de carne em substituição as embalagens convencionais garantindo melhoria da qualidade e aumento da vida útil dos alimentos.

**Palavras Chaves:** revestimento comestível; hambúrgueres de carne bovina; antimicrobiano; oxidação lipídica; textura.

## ABSTRACT

The application of new technologies that aim to promote the dissemination of better quality food and longer shelf life has been increasing remarkably. Edible and degradable films stand out as an excellent alternative for replacing their synthetic equivalents, contributing to the improvement of environmental issues, food conservation and optimization of sensory qualities. According to this promising strategy, an onion (*Allium cepa L.*) emerges as a potential source of edible films for applications related to biodegradable packaging. Therefore, the aim of the study was to evaluate the effects of onion edible films on the shelf life of beef hamburger during the 9-day storage period at 4 °C and its acceptance by the consumer. Two treatments (control and onion film) and three replications were used, with analyzes performed at four times intervals (0, 3, 6 and 9), from the defined physical properties, lipid oxidation, microbiological analysis related to the count total mesophiles and psychrophils and sensory analysis of the Quadriceps femoris muscle. With the results of the evaluation, it was observed that, between treatments, there was no statistical difference ( $p > 0.05$ ) for coordinates  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ , however over the storage time, it was observed to decrease ( $p > 0.05$ ) in  $b^*$  values for as a control, while the film treatment preserved these values. The pH of the studied controls increased ( $p < 0.05$ ), while the pH values of the studied film-coated decreased ( $p < 0.05$ ). The CRA of all decreased as the increase time increased. PPC, heme iron content and TBA values do not show a slope difference ( $p > 0.05$ ). When analyzing the texture profile, chewability was shown to be higher due to the inclusion of the film in relation to the control treatment over the storage time. As a result, it was also observed a decrease ( $p < 0.05$ ) in the microbial growth of mesophiles and psychrophiles in treatments with the film compared to the control. The highest scores for the sensory attributes they provide and the highest acceptance index were for the treatments with the onion-based film. We conclude that the inclusion of onion-based films have promising characteristics for the preservation of hamburgers, in addition to improving sensory attributes and increasing consumer acceptance, and could be used in the meat packaging industry and meat products instead of conventional packaging, ensuring improved quality and increased shelf life of food.

**Keywords:** edible coating; beef burgers patties; antimicrobial; lipid oxidation; texture

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b> Coloration parameters of beef burger patties uncoated (control) and coated with edible onion film submitted to different storage factor (4 °C).....	42
<b>TABELA 2.</b> Physicochemical parameters and lipid oxidation of beef burger patties uncoated (control) and coated with edible onion performed at different storage factor (4°C).....	43
<b>TABELA 3.</b> Texture profile of beef burger patties uncoated (control) and coated with edible onion performed at different storage factor (4°C).....	43

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Total aerobic bacteria count ( $\log_{10}$  CFU) in bovine beef burger patties uncoated (control) and coated with edible onion performed at different storage times (4°C). Mesophiles (a) and psychrophiles (b). Each data point represents the mean, and the error bars are the standard deviation ( $n=3$ )..... 44
- FIGURA 2.** Impression of consumers consuming beef burger patties uncoated (control) and coated with edible onion from a sensory panel in a nine-point hedonic scale (ranging between: "1 disliked it extremely" and "9 liked it extremely")..... 44
- FIGURA 3.** Consumer preference perception of beef burger patties coated or not with edible onion from a sensory panel (Means followed by different lowercase letters in the lines differ by Fisher's LSD test at  $p < 0.05$ )..... 45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

B NLPs - Nanolipossomas de betaleína  
BAL - Bactérias do ácido láctico  
BPO - Óleos essenciais de *Bunium persicum*  
BSM - Mucilagem de semente de manjeriço  
CEO - Óleo essencial de chicória  
CH - Quitosana  
CH NF - Nanofibras de quitosana  
CH-S - Quitosana-amido  
CIN - Cinamaldeído  
CL - Cooking loss  
CLEO - Óleo essencial de *Citrus limon*  
CWL - Cooking weight loss  
DPPH - Betanina  $\alpha$ -difetil- $\beta$ -picrilhidrazil  
EO - Óleo essencial  
EOs - Óleos essenciais  
EO-WPC - Óleo essencial de *Origanum vulgare*  
FOS - Frutooligossacarídeos  
G - Gelatina  
g - Grama  
h - Hora  
HAE - Extratos aquosos de hena  
HCL – Ácido clorídrico  
kg - quilo  
l - Litro  
LPSM - Mucilagem de semente de *Lepidium perfoliatum*  
LRSM - Mucilagem de semente de *Lallemantia royleana*  
Mb - Mioglobina  
MbO<sub>2</sub> - Oximioglobina  
MDA - Malondialdeído  
mg - Miligrama

ml - Mililitro

MPEO - Óleo essencial de *Mentha pulegium*

MPO - *Mentha piperita*

N - Newton

n° - Número

NC - Nanoceluloce

PE - Própolis

pH – Potencial hidrogeniônico

PLA - Ácido poli-láctico

PMSM - Mucilagem de sementes de *Plantago major*

PPE - Extrato de casca de romã

PTEO - Óleo essencial nanoencapsulado de *Paulownia Tomentosa*

RTC - Costeletas de porco prontas para cozinhar

SBM-CEO - Mucilagem de semente de *Shahri Balangu*

TBARS - Substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico

TEO - Óleo essencial de *Thymus kotschyanus*

TPA – Perfil de textura

TPEO - Óleo essencial de *Tanacetum parthenium*

TVC - Contagem total de microorganismos mesofílica

UFMG - Federal University of Campina Grande

VP - Valor de peróxido

WHC - Water holding capacity

ZEO - Óleo essencial de *Zataria multiflora*

ZnO NPs - Nanopartículas de oxido de zinco

$\alpha$  - Alfa

$\beta$  - Beta

$\mu\text{g}$  - Micrograma

% - Porcentagem

°C - Graus Celsius

a\* - Redness

b\* - Yellowness

C\* - Chrome

L\* - Luminosity

## Introdução geral

No processo de produção, processamento, distribuição e, especialmente, armazenamento, os alimentos sofrem deterioração por diversos processos químicos e microbiológicos, principalmente os perecíveis. Dessa forma, surge como alternativa, a utilização de embalagens comestíveis, como os filmes e/ou revestimento, que podem auxiliar veemente na manutenção de alimentos seguros do ponto de vista alimentar e nutricional, preservando-os por um período mais longo, e contribuir com a menor poluição do ambiente (GÓMEZ et al., 2014).

A carne de origem animal por ser um alimento de elevado valor nutricional e uma das fontes proteicas mais consumidas no mundo merece uma atenção especial quanto a sua forma de apresentação, conservação e consumo. Em 2018, no Brasil, foram produzidos 9.900 milhões de toneladas de carne bovina para uma população de 209,3 milhões de pessoas (BRASIL, 2019).

No entanto, o referido alimento, em virtude de sua complexidade e riqueza de nutrientes, apresenta um ótimo meio de cultura para o crescimento microbiano, seja em virtude de fatores intrínsecos favoráveis, como: composição química, elevada atividade de água, e pH próximo à neutralidade; seja por fatores extrínsecos, como: umidade, temperatura e composição química da atmosfera. Estes fatores, em conjunto, podem alterar a microbiota natural da carne e contribuir para o desenvolvimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes, sendo a temperatura ambiental o fator extrínseco de maior importância e determinante na multiplicação microbiana (DORTA, 2014).

Dentre as funções dos sistemas de embalagem de alimentos, destaca-se a de separar os alimentos do ambiente circundante, reduzindo a interação com fatores de deterioração (como microrganismos, vapor de água, oxigênio e sabores desagradáveis) e evitar perdas de compostos desejáveis (por exemplo, voláteis aromatizantes), prolongando assim o prazo de validade dos alimentos (BASCHETTI; MINELLI, 2020).

Dessa forma, a aplicação de novas tecnologias que visem promover a obtenção de alimentos de melhor qualidade e maior tempo de validade comercial, ou tempo de prateleira, vem aumentando notoriamente, em vistas ao alto potencial oferecidos pelas técnicas alternativas, em que aliadas aos métodos tradicionais de conservação, é possível diminuir os efeitos bioquímicos indesejáveis como reduzir a oxidação e a

contaminação da carne e com isso expor o consumidor ao menor risco possível, além de melhorara a qualidade sensorial do produto (NOVAES et al., 2012).

Na nova economia global, os polímeros derivados de petróleo usados em aplicações de embalagem tornaram-se uma questão central, pois suas cadeias de valor atualmente envolvem inconvenientes substanciais. Embora a maioria desses materiais possua características atraentes (por exemplo, baixo custo, propriedades mecânicas e processabilidade adequadas), seu descarte contínuo e extenso suscitou consideráveis preocupações com seus efeitos deletérios sobre o meio ambiente (EPA, 2014; HKC, 2016; BRITO et al., 2011; OTONI et al., 2017)

Nesse cenário, os filmes comestíveis e degradáveis se destacam como uma excelente alternativa para a substituição de seus equivalentes sintéticos. No que diz respeito à embalagem de alimentos, os filmes comestíveis podem desempenhar papéis passivos ou ativos, dependendo do próprio produto alimentar. Entre as funções não passivas estão as características sensoriais, nutricionais e antioxidantes únicas quando os filmes comestíveis são compostos de frutas e legumes (OTONI et al., 2017). Além disso são ambientalmente corretos.

Mais de 35 espécies de plantas já foram utilizadas como ingredientes primários na produção de filmes comestíveis (ANDRADE et al., 2016; OTONI et al., 2018). De acordo com esta estratégia promissora para fabricar embalagens inovadoras e sem polímeros sintéticos, a cebola (*Allium cepa L.*) surge como uma fonte potencial de filmes comestíveis para aplicações relacionadas à embalagem biodegradável (BINDU e PODIKUNJU, 2015). *Allium cepa L.* possui vários fitonutrientes como: flavonóides, frutooligossacarídeos (FOS) e tiossulfureto e outros compostos de enxofre, reconhecidos como importantes elementos de alto valor nutricional (SLIMESTAD ET AL., 2007). A quercitina é o principal flavonóide presente na cebola (SANTAS ET AL., 2010), que apresenta diversas propriedades, entre elas atividade antioxidante e antimicrobianas (DE ANCOS ET AL., 2015).

Diante disso, esta dissertação consiste em dois capítulos: o capítulo I, que será submetido à revista Ciência e tecnologia de alimentos (Qualis B1, fator de impacto 1.52), onde se trata de uma revisão sistemática acerca de filmes e revestimentos comestíveis para preservação de carnes e derivados. O capítulo II trata-se da avaliação do efeito do filme de cebola comestível (*Allium cepa L.*) na qualidade, propriedades sensoriais e vida útil de hambúrgueres bovinos, a fim de avaliar, dentre outros, as características físicas-químicas, microbiológicas, antioxidantes das carnes revestidas e a



capacidade de aumentar a vida útil do produto, preservando a qualidade higiênico-sanitária e nutricional. O referido capítulo foi publicado na revista *Molecules* (Qualis A2, fator de impacto 4.4).

## Referências

- Ancos, B. C.; Colina, C. D.; Gonzalex, P. E.; Sanchez, M. (2015) “Compostos bioativos de vegetais e frutas. *J. Microbiol. Biotechnol.*
- Andrade, R.M.; Ferreira, M.S.; Goncalves, E.C. (2016). Development and characterization of edible films based on fruit and vegetable residues. *Journal of Food Science*. 2016.
- Baschetti, M. G., Minelli, M. (2020). Test methods for the characterization of gas and vapor permeability in polymers for food packaging application: A review. *Polymer Testing*, 106606. doi:10.1016/j.polymertesting.2020.106606
- Bindu, B.; Podikunju B. (2015). Performance evaluation of onion (*Allium Cepa* L. Var. *Cepa*) varieties for their suitability in kollam district. *International Journal of Research in Agricultural Sciences*.
- Brasil. *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. Portaria nº 40, de 19 de março de 2019. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 mar. 2019. Seção 1.
- Brito, G.F.; Agrawal, P.; Araújo, E.M.; Mélo, T. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. *Rev. Eletrôn. Mater. Process.* 2011.
- Dorta, C.; Kadota, J. C.P.; Nakamatsu, M. S. I. Qualidade microbiológica de carnes bovinas embaladas a vácuo e das vendidas a granel. Faculdade de Tecnologia (FATEC). *Revista analytica*. 2014.
- EPA. Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures of 2012. *United States Environmental Protection Agency*. 2014.
- Gómez, J., López-de-Dicastillo, C., Hernández-Muñoz, P., Catalá, R., Gavara, R. (2014). Advances in antioxidant active food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 35(1), 42–51. doi:10.1016/j.tifs.2013.10.008
- HKC. *Bioplastics Market Worldwide 2017-2018-19-2020-2025 State 2019 new*. 2019.

- Novaes, S. F.; Conte-Júnior, C. A.; Franco, R. M.; Mano, S. B. Influência das novas tecnologias de conservação sobre os alimentos de origem animal. *Rev. científica eletrônica de medicina veterinária*, v. 19, 2012.
- Otoni, C.G.; Avena-Bustillos, R.J.; Azeredo, H.M.C.; Lorevice, M.V.; Moura, M.R.; Mattoso, L.H.C.; Mchugh, T.H. Recent advances on edible films based on fruits and vegetables – a review. *Rev. Food Science and Food Safety*. 2017.
- Otoni, C.G., Lodi, B.D., Lorevice, M.V., Leitaó, R.C., Ferreira, M.D., De Moura, M.R., Mattoso, L.H. C. Optimized and scaled-up production of cellulose-reinforced biodegradable composite films made up of carrot processing waste. *Ind. Crops Prod.* 2018.
- Slimestad, R.; Fossen, T.; Vagem, I. M. Reviews. Onions: a source of unique dietary flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 55, 2007.
- Santas, J.; Almajano, M. P.; Carbo, R. Antimicrobial and antioxidant activity of crude onion (*Allium cepa*, L.) extracts. *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 45, 2010.

## **CAPÍTULO I**

### **Filmes e revestimentos comestíveis para preservação de carnes e derivados**

O artigo será submetido na revista: Ciência e tecnologia de alimentos

ISSN: 1678-457X

Fator de Impacto: 1,52

Qualis Capes: B1

## **Filmes e revestimentos comestíveis para preservação de carnes e derivados**

### **Resumo**

Alimentos de origem animal são amplamente distribuídos e consumidos em todo o mundo devido à sua alta disponibilidade de nutrientes, mas também podem fornecer um ambiente adequado para o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes. Um imenso potencial para a produção de filmes e revestimentos comestíveis vem sendo estudado por ser uma tecnologia de preservação promissora para carnes e derivados crus e processados porque fornecem uma boa barreira contra a deterioração e microorganismos patogênicos. Além disso, as propriedades de barreira de gás dos filmes contribuem para prolongar a vida de prateleira porque as alterações físico-químicas, como cor, textura e umidade, podem ser significativamente minimizadas. Dessa forma, o presente estudo objetivou reunir pesquisas atualizadas relatadas nos últimos cinco anos relacionadas à filmes e revestimentos comestíveis aplicada à carne e produtos derivados. Como resultados, verificou-se que o uso de filmes e revestimentos comestíveis possuem compostos que preservam a qualidade de carne e derivados por períodos de vida útil mais longos, melhorando suas características físico-químicas e sensoriais, sendo, assim, uma boa alternativa para conservação de carnes e derivados.

**Palavras chaves:** filme e revestimento comestível; carne; conservação de alimentos.

## 1. Introdução

Carne e seus derivados sofrem deterioração química e microbiana durante a produção, transporte, armazenamento e consumo (Takma & Korel, 2019). Devido ao alto teor de umidade e nitrogênio, pH adequado e carboidratos fermentáveis, a carne é um meio ideal para a proliferação de diferentes espécies de bactérias e fungos deteriorantes (Behbahani & Fooladi, 2018). Além disso, a oxidação lipídica é considerada como a principal causa da deterioração da qualidade da carne, que pode modificar textura, cor, sabor e reduzir a qualidade nutricional (Alexandre et al., 2020).

As embalagens desempenham um papel vital na preservação de produtos alimentares perecíveis, como, por exemplo, carnes frescas (Ahmed et al., 2019) e a indústria vem dando cada vez mais atenção especial à embalagens biodegradáveis em substituição às embalagens sintéticas devido a preocupações ambientais e demanda do consumidor (Nisar et al., 2019).

Os sistemas de embalagem de alimentos têm funções diferentes, incluindo aqueles relacionados à contenção, informação e marketing. Sua função primária, porém, é separar os alimentos do ambiente circundante, reduzindo a exposição a fatores de deterioração e evitar perda de compostos desejáveis, assim, prolongando a vida útil dos alimentos (Xiong, Li, Dorothy, & Fang, 2020).

Dentre as matérias-primas utilizadas na confecção dessas embalagens biodegradáveis, polissacarídeos e polipeptídios atendem bem os requisitos e têm boas propriedades de formação de filme. A maioria das proteínas e carboidratos também são comestíveis e podem ser usados como matrizes para filmes e revestimentos comestíveis, que podem supostamente ser ingerido com os alimentos (Ahmed et al., 2019).

Filmes e revestimentos comestíveis, às vezes, são apresentados como sinônimos, mas eles são aplicados de formas diferentes. Basicamente, os filmes são estruturas autônomas pré-formadas separadamente e então aplicadas na superfície do alimento. Os revestimentos comestíveis por sua vez são formados diretamente na superfície do alimento por imersão, ocorrendo, após a secagem, a formação de uma fina película sobre o produto (Andrade, 2012).

Embora filmes e revestimentos comestíveis não devam completamente substituir os materiais de embalagem convencionais, eles podem ser usados para otimizar a estabilidade dos alimentos reduzindo a troca de umidade, gases, lipídios, e voláteis entre a comida e o ambiente circundante e evitando a contaminação da superfície, ajudando a melhorar a eficiência de embalagem de alimentos, reduzindo, dessa forma, os

componentes utilizados para a fabricação de polímeros derivados de petróleo (Alavi, Dehestaniathar, Mohammadi, Maleki, & Karimi, 2021).

A adição de compostos bioativos na composição dos filmes e revestimentos comestíveis torna esse tipo de embalagem ainda mais atrativo. A utilização de óleos e extratos de plantas, por exemplo, que possuem efeitos antimicrobianos e antioxidantes na formulação pode ser uma solução adequada para inibir a deterioração microbiana e química de produtos alimentícios (Behbahani, Shahidi, Yazdi, Mortazavi, & Mohebbi, 2017). Além do mais, características como biodegradabilidade, liberação gradual dos compostos ativos presentes, minimização da perda de umidade dos produtos alimentícios estão entre os benefícios do emprego dessa técnica de armazenamento (Yang et al., 2016).

Estudos recentes com revestimento a base de polissacarídeos e/ou proteínas vêm apresentando resultados satisfatórios em carne e produtos cárneos, mostrando ser uma técnica promissora para melhorar as características físico-químicas e a qualidade microbiológica durante o tempo de prateleira.

Diante do exposto, há um interesse crescente no desenvolvimento e uso de filmes e revestimentos comestíveis para preservar a qualidade da carne por períodos de vida útil mais longos, mantendo a segurança alimentar, que se baseia na demanda dos consumidores por produtos naturais e seguros (Alghooneh, Behbahani, Noorbakhsh, & Yazdi, 2015). Outras questões importantes são a sustentabilidade por meio do uso de materiais de embalagem biodegradáveis e aplicações de subprodutos da indústria de alimentos que podem gerar valor agregado (Behbahani, Falah, Arab, Vasiee, & Yazdi, 2020).

Deste modo, este texto reúne pesquisas atualizadas relatadas nos últimos cinco anos relacionadas a filmes e revestimentos comestíveis e sua aplicação em carne e derivados.

## **2. Material e Métodos**

### *Pesquisa de Literatura e Coleta de Dados*

Foi realizado um levantamento bibliográfico sistematicamente nas bases de dados indexadas: *Medical literature Analysis and Retrivial System Online* (MEDLINE) via PubMed, *Scientific Eletronic Library Oline* (SciELO) e *Science Direct*.

A seleção dos estudos foi realizada entre julho e outubro de 2021, fazendo combinações dos seguintes descritores: filme e revestimento comestível; carne; conservação de alimentos; embalagens bioativas.

### *Crítérios de Eleição*

Os critérios de elegibilidade consistiram em selecionar publicações de estudos disponibilizados na íntegra, publicados em língua portuguesa, inglesa ou espanhola, compreendido no período entre 2017 e 2021 nas determinadas bases de dados. Foram incluídos: I) apenas estudos relacionados com filme e revestimentos comestíveis na conservação de carnes e derivados; II) e que apresentaram estudos totalmente concluídos e demonstraram discussões de aspectos relevantes quanto as características dos filmes e revestimentos comestíveis e sua utilização em carnes e derivados.

Foram excluídos os estudos que não cumpriram com a avaliação de qualidade preestabelecida, nos quais não eram voltados para o uso em carnes e/ou derivados ou não correspondiam com o tema abordado e quando não foi possível o acesso completo do artigo original.

A análise criteriosa dos estudos resultou na amostra de 12 artigos científicos, aos quais, atendiam aos critérios de inclusão pré-estabelecidos.

### **3. Resultados**

Jridi et al. (2017) avaliaram o efeito do revestimento de gelatina enriquecido com extratos aquosos de hena (HAE) na preservação da qualidade da carne bovina durante 8 dias de armazenamento a frio. Em laboratório, os pesquisadores constataram que o revestimento de gelatina combinado com HAE aumentou a vida útil da carne, diminuindo a contagem de bactérias psicrófilas ao final do armazenamento como também a oxidação lipídica e a taxa do processo de proteólise durante o período de armazenamento e ainda preservou propriedades de cor em comparação com as amostras de carne não revestidas.

O efeito da aplicação de revestimentos ativos de proteína de soro de leite com o óleo essencial de *Origanum virens* (EO-WPC) nas características físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais de dois enchidos tradicionais portugueses, nomeadamente o *paínho* e a *alheira*, demonstrou que houve uma acidez superior e proteção contra descoloração principalmente em paínhos revestidos e redução significativa da peroxidação lipídica nas alheiras revestidas. Inibição da carga microbiana total foi

observada para ambas as linguças revestidas, resultando em uma extensão da vida útil de aproximadamente 20 e 15 dias para os paínhos e alheiras, respectivamente. Análise sensorial revelou uma aceitação geral muito positiva (Catarino et al., 2017)

Talebi et al. (2018), produziram filmes de ácido poli-láctico (PLA) ativos e nanoceluloce (NC) contendo diferentes concentrações de óleos essenciais de *Bunium persicum* (BPO), *Mentha piperita* (MPO) e avaliaram propriedades físicas dos filmes compostos em contato direto com carne moída em condição refrigerada. Como resultado, observou-se que, MPO e BPO apresentou atividade antibacteriana eficaz contra todos os microorganismos testados, ambos os óleos essenciais, na base primária do filme ativo, estenderam a vida útil do produto (de 4 a 7 dias) em comparação com a amostra controle. Em relação às características organolépticas, a carne moída tratada com filme PLA / 0,5 MPO / NC resultou no melhor resultado.

Óleo essencial de *Tanacetum parthenium* (TPEO) juntamente com sua atividade eliminadora de radicais livres, seu poder de inibição da oxidação e os efeitos antibacterianos e antifúngicos da mucilagem de semente de *Lallemantia royleana* (LRSM) carregado com TPEO foram utilizados como revestimentos na extensão da vida útil de fatias de carne bovina durante o armazenamento refrigerado (4°C) durante um período de 18 dias a fim de prever a população de microorganismos patogênicos, alterações químicas e atributos sensoriais das fatias de carne. LRSM e LRSM + 1% TPEO estendeu a vida útil da carne em até 3 dias, enquanto LRSM + 1,5% TPEO e LRSM + 2% TPEO resultou em uma extensão significativa da vida útil das amostras em 9 dias, em comparação com o controle (Behbahani e Fooladi, 2018).

Amiri, Aminzare, Azar e Mehrasbi (2019) avaliaram o efeito de filmes a base de amido de milho com nanoemulsão de óleo essencial de *Zataria multiflora* (ZEO) fortificado com cinamaldeído (CIN) em nanoemulsão convencional (NZE) e nanoemulsão fortificada (NZEOC) no valor do pH, estabilidade oxidativa e propriedades sensoriais de hambúrguer bovino durante 20 dias de armazenamento a 4 ± 1° C. O filme contendo NZEO melhorou a estabilidade oxidativa ao final do armazenamento, uma vez que apresentou os melhores resultados de valor de peróxido (VP), de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) e de carbonil. E isso refletiu em melhor aceitação sensorial por parte dos consumidores. A incorporação de cinamaldeído as emulsões, por sua vez não impactou na estabilidade oxidativa.

Amjadi et al. (2020) fabricaram Filmes do tipo nanocompósitos à base de gelatina (G), nanofibras de quitosana (CH NF), nanopartículas de óxido de zinco (ZnO NPs) e



nanolipossomas de betaleína (B NLPs) e investigaram seus efeitos na preservação de carne fresca. A incorporação de ZnO NPs e B NLPs no filme nanocompósito proporcionou alta atividade antibacteriana e inibição de Betanina  $\alpha$ -difenil- $\beta$ -picrilhidrazil (DPPH), que é um método utilizado para determinar a atividade antioxidante. O crescimento de bactérias inoculadas (*Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*), a oxidação dos lipídios e as mudanças no pH e na qualidade da cor das amostras de carne bovina foram controlados por embalagem com o filme fabricado.

O óleo essencial de *Zataria Multiflora* também foi incorporado em revestimentos à base de quitosana (CH) e própolis (PE). O efeito desse revestimento foi avaliado em características químicas, microbianas e nas propriedades organolépticas da carne de frango a 4°C. Constatou-se que a contagem total de microorganismos mesofílica (TVC), bactérias do ácido láctico (BAL), bactérias psicotrópicas e *Pseudomonas spp.* foi detectavelmente mais baixa ( $P < 0,05$ ) em CH-PE 1% -ZEO 0,5% e CH-PE 1% -ZEO 1% no último dia de armazenamento. Os resultados das características químicas (pH, nitrogênio, TBARS), revelaram que existe um efeito sinérgico entre CH, PE e ZEO em comparação com o controle (frango sem revestimento). Na avaliação sensorial, os tratamentos contendo 1% PE- 0,5% ZEO e 1% PE - 1% ZEO apresentaram melhor avaliação sensorial (Mehdizadeh e Langroodi, 2019).

Zhang, Li e Kang (2019) observaram a diminuição do crescimento microbiano e deterioração química em todos os tratamentos com o revestimento ativo de quitosana contendo óleo essencial de *Paulownia Tomentosa* (PTEO) nanoencapsulado comparadas ao controle ( $p < 0,05$ ) durante o armazenamento. O encapsulamento contribuiu para a liberação sustentada de PTEO e resultou em uma maior atividade antimicrobiana, antioxidante e atributos sensoriais de costeletas de porco prontas para cozinhar (RTC) durante um período de em 16 dias a 4°C.

Behbahani, Noshad e Jooyandeh (2020), trabalhando com revestimento comestível baseado em óleo essencial de cominho incorporado em mucilagem de semente de *Shahri Balangu* (SBM-CEO), verificaram que o revestimento testado induziu uma diminuição significativa de populações microbianas e oxidação de lipídios da carne bovina durante o período de armazenamento de 9 dias em refrigeração e isso foi mais pronunciado em revestimentos SBM contendo concentrações mais altas de CEO.

O revestimento comestível SBM-CEO não teve efeitos adversos nas características sensoriais e conferiu melhor textura ao produto em relação à amostra controle. A cobertura contendo 2% de óleo essencial de cominho conferiu características de boa

qualidade à carne bovina e ampliou seu prazo de validade durante o armazenamento refrigerado.

Outro estudo realizado por Mehdizadeh et al. (2020) com o objetivo de investigar os efeitos do extrato de casca de romã (PPE) e filme composto de quitosana-amido (CH-S) incorporado com óleo essencial de *Thymus kotschyanus* (TEO) na vida de prateleira da carne bovina durante o período de armazenamento de 21 dias a 4 ° C, verificou que o tratamento com CH-S-PPE 1% -TEO 2% tiveram o maior efeito de inibição contra *L. monocytogenes*. As contagens bacterianas e a oxidação lipídica foram inibidas com sucesso usando PPE e TEO. O grupo CH-S-PPE 1% contendo até 2% de TEO apresentou a melhor característica sensorial aceitável. Amostras de carne bovina embaladas com filme CH-S contendo PPE e TEO também tiveram maior vida útil.

Revestimento comestível baseado em mucilagem de sementes de *Plantago major* (PMSM) e óleo essencial de *Citrus limon* (CLEO) mostram o potencial de reduzir significativamente a progressão da oxidação lipídica e o crescimento microbiano na carne de búfalo durante o período de armazenamento de 10 dias a 4°C em comparação com o controle. A dureza da carne e as propriedades sensoriais também foram mantidas melhor com a aplicação dos revestimentos comestíveis estudados (Noshad et al., 2021).

Tanavar et al. 2021, avaliaram o efeito do revestimento comestível à base de mucilagem de semente de manjeriço (BSM) contendo diferentes concentrações de óleo essencial de *Mentha pulegium* (MPEO) sobre o prazo de validade da vitela armazenada em temperatura de geladeira. O revestimento contendo o óleo essencial pôde conter adequadamente o aumento do pH, VP e de de TBARS. Com base nas análises microbianas, a vida útil da amostra revestida sem o óleo essencial e daquelas contendo 0,5%, 1%, 1,5% e 2% do óleo essencial foi, respectivamente, estendida para 3, 6, 9, 9, e 9 dias em relação ao controle. Além disso, o revestimento contendo o óleo essencial não produziu efeito desfavorável nas propriedades sensoriais das amostras de carne.

O óleo essencial de chicória (CEO) foi isolado e caracterizado a fim de desenvolver um novo revestimento comestível de mucilagem de semente de *Lepidium perfoliatum* (LPSM) carregado com CEO para melhorar a estabilidade microbiana e oxidativa de fatias de carne bovina durante 7 dias de armazenamento a 4°C. Os resultados revelaram que a fatia de carne revestida com revestimento comestível de LPSM carregado com CEO teve um efeito inibitório significativo na oxidação de lipídios e no crescimento microbiano. O revestimento CEO-LPSM também inibiu as perdas de peso das fatias de

carne durante a exibição de forma mais eficiente em comparação com o revestimento LPSM sem CEO. Além disso, as fatias de carne revestidas com CEO-LPSM foram as amostras preferidas em termos de pontuação sensorial ao longo do armazenamento (Behbahani *et al.*, 2021).

#### 4. Discussão

No estudo realizado por Jridi *et al.* (2017), uma diminuição significativa na contagem de microrganismos foi observada na amostra revestida com gelatina - HAE que pode ser atribuída ao efeito antibacteriano do HAE. Esses resultados sugerem que HAE pode conter moléculas bactericidas, responsáveis por estender a vida útil da amostra revestida com gelatina - HAE ao longo dos dias de armazenamento refrigerado (Jridi *et al.*, 2017).

A redução na oxidação de lipídios observada na amostra revestida com HAE pode ser atribuída ao efeito antioxidante do extrato de hena, que reagiria com os radicais livres dos lipídios para convertê-los em formas mais estáveis, resultando na proteção da peroxidação lipídica (Zohourian, Quitain, Sasaki, & Goto, 2011). Além disso, Mikhaeil, Badria, Maatooq e Amer (2004) descreveram que as folhas de hena eram ricas em Lawsone, apigenina, luteolina, cosmosiína, p-ácido cumarico, 2-metoxi-3-metil-1,4-naftoquinona e apiin, considerados excelentes compostos antioxidantes.

De acordo com o trabalho realizado por Catarino *et al.*, (2017) é normal que ocorra o desbotamento da cor nos painhos não revestidos, mas isso foi retardado pela adição do revestimento EO-WPC, tornando sua aparência mais agradável. O aumento da acidez de painhos sugere que a aplicação do EO-WPC favorece o crescimento de populações de bactérias lácticas que melhoram a fermentação láctica das salsichas.

Enquanto os painhos mostraram poucas variações nos níveis de malondialdeído (MDA) durante o período de armazenamento, as alheiras foram muito mais suscetíveis à peroxidação lipídica. É plausível que diferenças nos níveis de MDA e susceptibilidade à peroxidação lipídica entre as duas amostras estejam intimamente relacionados com seu conteúdo de gordura distinto (aproximadamente 10 e 23g /100g, para painhos e alheiras, respectivamente) (Catarino *et al.*, 2017).

Tipos de produto alimentar e o EO, tempo de armazenamento e processo de pós-tratamento (ou seja, cozimento) são os principais fatores que determinam o processo organoléptico e qualidade dos alimentos com OE (Burt, 2004). Baseado em avaliação do sabor, com exceção da amostra tratada com PLA / 0,5 MP / NC, a presença de os

OEs causou qualidade de sabor igual ou melhor nas de carne moída cozida em comparação para o controle. Tanto MPO quanto BPO possuem agentes aromatizantes e isso pode explicar a aceitação geral de pontuações sensoriais neste estudo (Talebi et al., 2018).

Ainda sobre o mesmo estudo, todos os filmes desenvolvidos suprimiram o crescimento de enterobactérias e foi considerado eficaz durante o período de armazenamento do produto. Esse fenômeno pode ser explicado pela presença de substâncias antibacterianas bem conhecidas dentro de MPO e BPO, como compostos de terpenos (Singh & Sharma, 2015).

Antimicrobianos naturais extraídos de fontes vegetais como cravo, canela, orégano, tomilho etc. fornecem grande potencial para serem usados em embalagem de vários alimentos para músculos, como carne de porco, filé de atum, linguiça bovina, filé de peixe etc (Rezaeigolestani et al., 2017).

A adição de TPEO protegeu a carne contra a oxidação lipídica. Portanto, a forte atividade antioxidante *in vitro* transmitida por o TPEO também teve um efeito protetor sobre a carne bovina real, mostrando a possível atividade antioxidante e antimicrobiana presente no TPEO, uma vez que, as análises fitoquímicas confirmaram a presença de alcalóides, taninos, saponinas, flavonas e glicosídeos nesse composto (Behbahani & Fooladi, 2018).

Os resultados do estudo envolvendo NZEO + CIN, mostraram que o aumento e diminuição do VP nas amostras tratadas tiveram uma tendência mais lenta do que no grupo de controle ( $p \leq 0,05$ ). Está provado que os compostos fenólicos podem inibir a formação de radicais livres, que reagem com o oxigênio durante a autoprocesso de oxidação. Este fenômeno retarda o início da oxidação lipídica (Amaral, Silva & Lannes, 2018). Além disso, NZEO + CIN teve um resultado melhor do que NZEOC ( $P \geq 0,05$ ), indicando que a adição de CIN a ZEO durante a formação da nanoemulsão teve um efeito antagônico na atividade antioxidante desses compostos e sua adição separada ao filme teve um efeito antioxidante adicional (Amiri et al., 2019).

Produtos secundários de oxidação de proteínas e lipídios, incluindo amônia, pode produzir descoloração, odor e sabor desagradáveis (Amire et al., 2019), assim, a redução da oxidação e deterioração por óleos essenciais em amostras tratadas evita a formação de produtos de oxidação lipídica secundária em comparação com a amostra não tratada (Mohame & Mansour, 2012).

O TVC mostrou que todos os grupos contendo ZEO e PE mantiveram nível microbiano aceitável durante o tempo de armazenamento. A ação antibacteriana do PE está relacionada a prevenir a divisão celular, destruir células, causando mudanças no valor de fosfolípidios e ácidos graxos da membrana (Shan, Cai, Brooks, & Corke, 2017). ZEO tem um papel importante, alterando o ativo transporte, integridade da membrana citoplasmática e coagulação do conteúdo celular (Mehdizadeh, Narimani, Langroodi, Kia, & Naghadehi, 2018).

Se o PE é aplicado sozinho, depois de um tempo, a quantidade de PE é diminuída, o que resultou em baixo impacto antibacteriano, mas quando o PE e CH são aplicados juntos, leva à estabilidade das propriedades de PE por um período significativo. Isso se deve à propriedade do PE para hidrolisar a camada de peptidoglicano que envolve a membrana citoplasmática de bactérias, aumentando o efeito antibacteriano da quitosana (Jafari, Kargozari, Ranjbar, Rostami, & Hamedi, 2018). É relatado que o uso de EO incorporado com PE tem efeito sinérgico na inibição de bactérias aumentando o tamanho e o número de poros na estrutura celular (Ozturk, 2014).

Em comparação com as amostras não revestidas, os tratamentos com revestimento ativo natural de quitosana carregado com PTEO aumentaram a vida útil microbiológica das costeletas de porco prontas para cozinhar de 6 a 9 dias a 4°C. Isso pode ser atribuído à ação antimicrobiana do teor de compostos polifenólicos de PTEO, especialmente apigenina que foi investigado por ter moderado antioxidante e atividade antimicrobiana (Kaur et al., 2015). Além disso, os materiais encapsulantes são capazes de aumentar a estabilidade e dispersabilidade dos OE e transportá-los para locais específicos (Zang, Li & Kang, 2019).

Os OEs também podem funcionar sinergicamente com os nanomateriais antimicrobianos (quitosana), aumentando assim a atividade antimicrobiana dos OEs encapsulados (Prakash et al., 2018). Alguns outros artigos indicaram que a nanoencapsulação melhorou a atividade antimicrobiana e antioxidante dos EOs porque poderia proteger os EOs da degradação e melhorar sua estabilidade e solubilidade (Katouzian & Jafari, 2016).

O uso de revestimento comestível rico em CEO aumentou notavelmente a vida útil das fatias de carne bovina por meio da inibição do crescimento bacteriano na amostra, indicando a liberação controlada de CEO do revestimento, visto que sua capacidade antimicrobiana foi confirmada pelos testes *in vitro* (Behbahani et al., 2020).

A tendência de aumento do pH pode ser explicada pelo acúmulo de compostos nitrogenados devido à desnaturação da proteína causada pela atividade enzimática de microrganismos (Özvural, Huang & Chikindas, 2016). A atividade antibacteriana de filmes nanocompósitos, especialmente filme G / CH NF / ZnO NPs / B NLPs, reduziu o crescimento bacteriano, reduzindo assim a acumulação de metabólitos geradas por bactérias.

Neste contexto, tem sido relatado que durante o período de armazenamento, filmes biodegradáveis contendo compostos antibacterianos controlam o aumento de pH na carne bovina devido a) a diminuição da atividade enzimática bacteriana pela atividade antibacteriana dos filmes; e b) a permeabilidade reduzida do dióxido de carbono produzido pela atividade microbiana devido à presença de agentes antibacterianos compostos nos filmes comestíveis, levando à redução do pH (Behbahani et al., 2017)

As mudanças observadas na cor das amostras de carne durante o tempo de armazenamento podem ser atribuídas: a) a oxidação de formas químicas de mioglobina em tons de vermelho (oximioglobina e desoximioglobina) para a forma química de mioglobina de tom marrom (met-mioglobina), acarretando descoloração e escurecimento da carne; e b) a oxidação lipídica que gerou  $\alpha$  e  $\beta$  aldeídos (secundários produtos da oxidação lipídica), reduzindo a estabilidade do redox da mioglobina formúários (Cardoso et al., 2016).

Portanto, o potencial de G / CH NF / ZnO Filme NPs / B NLPs para preservação de cor pode ser explicado por sua atividade antioxidante que limitou a oxidação da mioglobina e acumulação de metamioglobina e controle da oxidação lipídica.

O agente antimicrobiano de filmes contendo PPE e TEO foi aumentado pelo aprimoramento de suas concentrações. O mecanismo antimicrobiano do PPE pode ser causado por interações fenólicas com grupos sulfidríla de proteínas dentro das estruturas bacterianas (Alsaggaf, Moussaa & Tayelc, 2017). Por outro lado, a presença de compostos como timol na TEO são os principais contribuintes para o desenvolvimento das propriedades antimicrobianas.

Para marcador de produtos de oxidação secundária, como Malondialdeído (MDA), não há limite, mas um limite de 2 mg MDA / kg de carne (método de extração) tem sido adotado como ponto crítico da percepção sensorial ranço (Possamai et al., 2018). O grupo CH-S-PPE 1% -TEO 2% tiveram o menor valor de TBARS que pode ser explicado pela propriedade de eliminação de radicais do PPE. PPE também

aumentou as atividades antioxidantes em filmes CH-S - TEO, que pode estar relacionado ao conteúdo de flavonóides do PPE (Mehdizadeh et al., 2020)

Idade do gado, sexo e dieta, além dos estresses pré-abate estão entre os fatores mais importantes que influenciam o pH inicial da carne (Tanavar et al., 2021). Tem sido citado na literatura que as bactérias desempenham um papel fundamental no aumento do pH de tal forma que as enzimas bacterianas dão origem ao pH quebrando proteínas e produzindo substâncias nitrogenadas, como amônia, mas, por outro lado, as atividades microbianas causam um aumento no dióxido de carbono (Lashkari, Halabinejad, Rafati, & Namdar, 2020).

O revestimento atua como uma barreira à expulsão de dióxido de carbono. Conforme a concentração do gás aumenta, ele se converte em ácido carbônico e, subsequentemente, o pH diminui. A inclinação mais suave do aumento do pH nas amostras revestidas em comparação com o controle pode ser atribuída a este fato (Tanavar et al., 2021).

No estudo realizado por Barzegar, Behbahani & Mehrnia (2020), o uso do revestimento rico em CEO foi eficaz em retardar a oxidação da carne bovina durante 7 dias de refrigeração, provavelmente devido à atividade antioxidante do óleo e a capacidade do revestimento comestível de minimizar o contato com oxigênio e luz (Barzegar, Behbahani, & Mehrnia, 2020). A menor perda de peso por revestimento comestível LPSM carregado com CEO pode ser atribuído às propriedades de barreira à água do revestimento (Ruan et al., 2019).

Oxidação e crescimento microbiano em alimentos também estão associados com rejeição do consumidor. As fatias de carne revestidas por LPSM rico em CEO, que foi constatado a maior estabilidade oxidante e antimicrobiana, apresentaram as pontuações sensoriais mais altas. Isto é principalmente devido à atividade antimicrobiana e antioxidante do óleo e propriedades de barreira de oxigênio/água do revestimento comestível, inibindo oxidação e crescimento microbiano e subsequente perda de qualidade da carne (Kiarsi, Hojjati, Behbahani, & Noshad, 2020). Além disso, o sabor e odor conferido à carne pelo CEO também pode ter influenciado sua aceitação pelo consumidor.

## 5. Conclusão

A aplicação e os efeitos de filmes e revestimentos comestíveis de diferentes naturezas têm sido amplamente investigado para conservação de carnes e derivados. A

eficácia mostrada por cada um depende do tipo de carne, polímero usado, propriedade de barreira do filme, substância antimicrobiana, condições de armazenamento, entre outros.

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que filmes e revestimentos comestíveis são uma boa alternativa para conservação de carnes e derivados, pois retardam a proliferação de microrganismos indesejados, melhoram características físico-químicas e sensoriais, aumentando a qualidade e segurança do produto e, dessa forma, sendo mais aceito pelo consumidor, além de agregar valor a produtos da indústria alimentícia e contribuir para um meio ambiente mais sustentável.

## Referências

- Ahmed, A., Attia, F., Liu, Z., Li, C., Wei, J., & Kang, W. (2019). Antioxidant activity and total phenolic content of essential oils and extracts of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. *Food Science and Human Wellness*, 8(3), 299–305.
- Ahmed, A., Ayoub, K., Chaima, A., Hanaa, L., & Abdelaziz, C. (2018). Effect of drying methods on yield, chemical composition and bioactivities of essential oil obtained from Moroccan *Mentha pulegium* L. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 638–643.
- Ahmed, I., Lin, H., Zou, L., Brody, A, Li, Z., Qazi, I. ... Lv, L. (2017). A comprehensive review of an application of packaging technologies to food resources . *Food Control* , 82 , 163-178. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.009>
- Alavi, M., Dehestaniathar, S., Mohammadi, S., Maleki, A., & Karimi, N. (2021). Antibacterial activities of phytofabricated zno and cuo nps by *Mentha pulegium* leaf/flower mixture extract against antibiotic resistant bacteria. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 11(3), 497–504. <https://doi.org/10.34172/apb.2021.057>
- Alexandre, S., Vital, A., Mottin, C., Prado, R., Ornaghi, M., Ramos, T. ... Prado, I. (2020). Use of alginate edible coating and basil (*Ocimum spp*) extracts on beef characteristics during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04844-1>
- Alghooneh, A., Behbahani, B., Noorbakhsh, H., & Yazdi, F. (2015). Application of intelligent modeling to predict the population dynamics of *Pseudomonas aeruginosa* in Frankfurter sausage containing *Satureja bachtiarica* extracts.



*Microbial Pathogenesis*, 85, 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2015.06.003>

Alsagaf, M., Moussaa, S., & Tayelc, A. (2017). Application of fungal chitosan incorporated with pomegranate peel extract as edible coating for microbiological, chemical and sensorial quality enhancement of Nile tilapia fillets. *International Journal of Biological Macromolecules*, 99, 499–505. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.017>

Amaral, A., Silva, M., & Lannes, S. (2018). Lipid oxidation in meat:

Amiri, E., Aminzare, M., Azar, H., & Mehrasbi, M (2019). Combined antioxidant and sensory effects of corn starch films with nanoemulsion of *Zataria multiflora* essential oil fortified with cinnamaldehyde on fresh ground beef patties, *Meat Science*, 153, 66-74, ISSN 0309-1740. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.004>.

Amjadi, S., Abbasi, M., Shokouhi, B., Ghorbani, M., & Hamishehkar, H. (2019). Enhancement of therapeutic efficacy of betanin for diabetes treatment by liposomal nanocarriers. *Journal of Functional Foods*, 59, 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.05.015>

Amjadi, S., Nazari, M., Alizadeh, A., & Hamishehkar, H. (2020). Multifunctional betanin nanoliposomes-incorporated gelatin/chitosan nanofiber/ZnO nanoparticles nanocomposite film for fresh beef preservation. *Meat Science*, 167, 108161. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108161>

Barzegar, H., Behbahani, B., & Mehrnia, M. A. (2020). Quality retention and shelf life extension of fresh beef using *Lepidium sativum* seed mucilage-based edible coating containing *Heracleum lasiopetalum* essential oil: An experimental and modeling study. *Food Science and Biotechnology*, 29(5), 717–728. <https://doi.org/10.1007/s10068-019-00715-4>

Behbahani, B., & Fooladi, A. (2018). Development of a new edible coating made from Balangu seed mucilage and Feverfew essential oil and investigation of its effect on the shelf life of meat slices during cold storage through intelligent modeling. *J Food Saf*. 2018 ; 38 : e12443. <https://doi.org/10.1111/jfs.12443>

Behbahani, B., Falah, F., Arab, F., Vasiee, M., & Yazdi, F. (2020). Chemical composition and antioxidant, antimicrobial, and antiproliferative activities of

*Cinnamomum zeylanicum* bark essential oil. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2, 1–8.

- Behbahani, B., Noshad, M., & Jooyandeh, H. (2020). Improving oxidative and microbial stability of beef using Shahri Balangu seed mucilage loaded with Cumin essential oil as a bioactive edible coating, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 24, 101563. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101563>
- Behbahani, B., Shahidi, F., Yazdi, T., Mortazavi, S., & Mohebbi, M. (2017). Use of *Plantago major* seed mucilage as a novel edible coating incorporated with *Anethum graveolens* essential oil on shelf life extension of beef in refrigerated storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 94, 515–526. <https://doi.org/10.1016/j.ijbio mac.2016.10.055>
- Behbahani, B., Falah, F., Vasiee, A., & Yazdi, F. (2021). Control of microbial growth and lipid oxidation in beef using a *Lepidium perfoliatum* seed mucilage edible coating incorporated with chicory essential oil. *Food Sci Nutr.*, 9, 2458 – 2467. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2186>
- Burt, S. (2004). Óleos essenciais: suas propriedades antibacterianas e potenciais aplicações em alimentos - uma revisão. *International Journal of Food Microbiology*, 94 (3), 223–53. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Cardoso, G., Dutra, M., Fontes, P., Ramos, A., Gomide, L., & Ramos, E. (2016). Selection of a chitosan gelatin-based edible coating for color preservation of beef in retail display. *Meat Science*, 114, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.012>
- Catarino M., Alves, S., Fernandes R., Gonçalves, M-J., Lí, R., Henriques M. & Cardoso S. (2017) Development and performance of whey protein active coatings with *Origanum virens* essential oils in the quality and shelf life improvement of processed meat products, *Food Control*. doi: 10.1016/j.foodcont.2017.03.054).
- Horuz, T., & Maskan, M. (2015). Effect of cinnamaldehyde on oxidative stability of several fats and oils at elevated temperatures, *Cogent Food & Agriculture*, 1(1), 1071725. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1071725>  
<https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.07.004>
- Jafari, M. Kargozari, M., Ranjbar, R., Rostami, H., & Hamedi, H. (2017) The effect of chitosan coating incorporated with ethanolic extract of propolis on the quality of refrigerated chicken fillet, *J. Food Process. Preserv.* 42, 13336. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13336>

- Jridi, M., Mora, L., Souissi, N., Aristoy, M.-C., Nasri, M., & Toldrá, F. (2017) Effects of active gelatin coated with henna (*L. inermis*) extract on beef meat quality during chilled storage, *Food Control*. doi: 10.1016/j.foodcont.2017.07.041
- Katouzian, I., & Jafari, S. M. (2016). Nano-encapsulation as a promising approach for targeted delivery and controlled release of vitamins, *Trends in Food Science & Technology*, 53, 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.05.002>.
- Kaur, S., Wong, H., Southall, M., & Mahmood, K. (2015). Paulownia tomentosa (princess tree) extract reduces DNA damage and induces DNA repair processes in skin cells. <https://doi.org/10.5772/60005>
- Kiarsi, Z., Hojjati, M., Behbahani, B., & Noshad, M. (2020). In vitro antimicrobial effects of Myristica fragrans essential oil on foodborne pathogens and its influence on beef quality during refrigerated storage. *Journal of Food Safety*, 40(3), 1–14. <https://doi.org/10.1111/jfs.12782>
- Lashkari, H., Halabinejad, M., Rafati, A., & Namdar, A. (2020). Shelf life extension of veal meat by edible coating incorporated with Zataria multiflora essential oil. *Journal of Food Quality*, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/8871857>
- Mechanisms and protective factors—a review, *Food Science and Technology*, 38, 1–15. <https://doi.org/10.1590/fst.32518>
- Mehdizadeh, T., & Langroodi, A. (2019). Chitosan coatings incorporated with propolis extract and Zataria multiflora Boiss oil for active packaging of chicken breast meat, *International Journal of Biological Macromolecules*, 141:401–409. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.08.267
- Mehdizadeh, T., Narimani, R., Langroodi, A., Kia, E., & Naghadehi, M. (2018). Antimicrobial effects of Zataria multiflora essential oil and Lactobacillus acidophilus on Escherichia coli O157 stability in the Iranian probiotic white-brined cheese, *J Food Saf.* 38, 12476. <https://doi.org/10.1111/jfs.12476>
- Mehdizadeh, T., Tajik, H., Langroodi, A., Molaei, R., & Mahmoudian, A. (2020). Chitosan-starch film containing pomegranate peel extract and Thymus kotschyianus essential oil can prolong the shelf life of beef. *Meat Science*, 163, 108073. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108073>
- microbiological characteristic of hamburger patties enriched with green tea extract
- Mikhaeil, B., Badria, F., Maatooq, G., & Amer. (2004). Antioxidant and immunomodulatory constituents of henna leaves. *Zeitschrift für Naturforschung*, C, 59, 468–476. doi: 10.1515/znc-2004-7-803.

- Mohamed, H., & Mansour, H. (2012). Incorporating essential oils of marjoram and rosemary in the formulation of beef patties manufactured with mechanically deboned poultry meat to improve the lipid stability and sensory attributes, *LWT-Food Science and Technology*, 45(1), 79–87.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.031>
- Nisar, T., Yang, X., Alim, A., Iqbal, M., Wang, Z. C., & Guo, Y. (2019). Physicochemical responses and microbiological changes of bream (*Megalobrama amblycephala*) to pectin based coatings enriched with clove essential oil during refrigeration. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124, 1156–1166. <https://doi.org/10.1016/j.ijbio mac.2018.12.005>
- Noshad, M., Behbahani, B., Jooyandeh, H., Rahmati-Joneidabad, M., Kaykha, M., & Sheikhjan, M. (2021). Utilization of *Plantago major* seed mucilage containing Citrus limon essential oil as an edible coating to improve shelf-life of buffalo meat under refrigeration conditions. *Food Science & Nutrition*, 9(3), 1625–1639.  
<https://doi.org/10.1002/fsn3.2137>
- Ozturk, I. (2014). Antifungal Activity of Propolis, Thyme Essential Oil and Hydrosol on Natural Mycobiota of Sucuk, a Turkish Fermented Sausage: Monitoring of Their Effects on Microbiological, Color and Aroma Properties, *J. Food Process. Preserv.* 39, 1148-1158. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12329>
- Özvural, E., Huang, Q., & Chikindas, M. (2016). The comparison of quality and Possamai, A., Alcalde, C., Feihmann, A., Possamai, A., Rossi, R., Lala, B., ... Francisco de Assis, F. (2018). Shelf life of meat from Boer-Saanen goats fed diets supplemented with vitamin E. *Meat Science*, 139, 107–112. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.01.011>
- Prakash, B., Kujur, A., Yadav, A., Kumar, A., Singh, P., & Dubey, N. (2018). Nanoencapsulation: An efficient technology to boost the antimicrobial potential of plant essential oils in food system. *Food Control*, 89, 1–11.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.01.018>.
- Rezaeigolestani, M., Misaghi, A., Khanjari, A., Basti, A., Abdulkhani, A., & Fayazfar, S. (2017). Antimicrobial evaluation of new nanocomposites based on poly-lactic acid incorporated with bioactive compounds in vitro and in refrigerated vacuum packaging cooked sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 260, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.08.006>

- Ruan, C., Zhang, Y., Sun, Y., Gao, X., Xiong, G., & Liang, J. (2019). Efeito de alginato de sódio e revestimento comestível de carboximetilcelulose com galato de epigalocatequina na qualidade e vida útil de carne suína fresca. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141, 178–184.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijbio mac.2019.08.247>
- Shan, Y., Cai, J., Brooks, H., & Corke, H. (2017). The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts, *Int. J. Food Microbiol.* 117, 112–9. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.03.003
- Singh, B., & Sharma, RA (2015). Plant terpenes: defense responses, phylogenetic analysis, regulation and clinical applications. *3 Biotech*, 5 (2), 129–151.  
<https://doi.org/10.1007/s13205-014-0220-2>.
- 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 Packag. Shelf Life*, 19, 210–217.  
<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.11.002>
- Talebi, F., Misaghi, A., Khanjari, A., Kamkar, A., Gandomi, H., & Rezaeigolestani, M. (2018). Incorporation of spice essential oils into poly-lactic acid film matrix with the aim of extending microbiological and sensorial shelf life of ground beef. *LWT*, 96, 482-490, 0023-6438. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.067>.
- Tanavar H., Barzegar H., Behbahani B., & Mehrnia M. (2021). Investigation of the chemical properties of Mentha pulegium essential oil and its application in Ocimum basilicum seed mucilage edible coating for extending the quality and shelf life of veal stored in refrigerator (4°C). *Food Sci Nutr.*, 9(10):5600-5615. doi: 10.1002/fsn3.2522. PMID: 34646530; PMCID: PMC8497838.  
using three techniques: Direct addition, edible coating and encapsulation. *LWT – Food Science and Technology*, 68, 385–390.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.036>
- Xiong, Y., Li, S., Dorothy Warner, R., & Fang, Z. (2020). Effect of orégano essential oil and resveratrol nanoemulsion loaded pectin edible coating on the preservation of pork loin in modified atmosphere packaging. *Food Control*, 114, 107226.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodc ont.2020.107226>
- Yang, H., Wang, J., Yang, F., Chen, M., Zhou, D., & Li, L. (2016). Active packaging films from ethylene vinyl alcohol copolymer and clove essential oil as shelf life

extenders for Grass Carp slice. *Packaging Technology and Science*, 29, 383-396.  
doi: 10.1002/pts.2215

Zhang, H., Li, X., Kang, H. (2019). Chitosan coatings incorporated with free or nano-encapsulated Paulownia Tomentosa essential oil to improve shelf-life of ready-to-cook pork chops, *LWT*, 116, 108580, 0023-6438,  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108580>.

Zohourian, T., Quitain, T., Sasaki, M., & Goto, M. (2011). Polyphenolic contents and antioxidant activities of *Lawsonia inermis* leaf extracts obtained by microwaveassisted hydrothermal method. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 45, 193–204. doi: 10.1080/08327823.2011.11689814

## CAPÍTULO II

### **Effect of edible onion (*Allium cepa* L.) film on quality, sensory properties and shelf life of beef burger patties**

Artigo publicado na revista *Molecules*

ISSN: 1420-3049

Fator de Impacto: 4.4

Qualis Capes: A2

## **Effect of edible onion (*Allium cepa* L.) film on quality, sensory properties and shelf life of beef burger patties**

### **Abstract**

The production of edible film from onion (*Allium cepa* L.) to be applied as packaging is attractive, due to its chemical properties and biodegradable characteristics. Thus, we tested the hypothesis that edible onion film can positively influence the sensory properties, quality and increasing shelf life of beef burgers patties. The experiment was designed in a  $4 \times 2$  factorial scheme, with two treatments (beef burgers patties with or without edible onion film) at an interval of four storage times (0, 3, 6 and 9 days) at 4 °C. The uncoated burger patties (control) suffered the most intense color modifications during the storage ( $p < 0.05$ ). The luminosity index was higher ( $p < 0.05$ ) in the control at all storage times, except at day 6, and redness, yellowness and chrome were higher ( $p < 0.05$ ) in the edible onion film patties at all storage times. The pH of the beef burger patties was lower ( $p < 0.05$ ) at all storage times when the edible onion film was applied. For the texture profile, only the chewiness was affected, as the inclusion of the edible onion film improved the chewing of the beef burgers patties over the storage time ( $p < 0.05$ ). Additionally, there was an inhibition of the microbial growth of mesophiles and psychrophiles with the application of the edible onion film in beef burgers patties. The use of edible onion film improved the perception of panelists for the variables texture, color, flavor, odor and overall appearance, and increased the preference of panelists. The edible onion film is recommended for preserving beef burgers patties, as it delays the proliferation of unwanted microorganisms, stabilizes and improves the color parameters and sensory attributes, and increases the overall acceptance of the consumer.

**Keywords:** edible coating; beef burgers patties; antimicrobial; lipid oxidation; texture.

### **1. Introduction**

Beef is a food with high nutritional value and is one of the most consumed protein sources in the world and therefore deserves special attention in terms of its preservation and consumption [1]. However, due to its particularities, meat is subject to changes due to chemical, physical and microbiological reactions. Proteolyze and lipid peroxidation can be caused by natural agents such as oxygen, hydrolytic enzymes present in meat and other substances that are produced by the action of microorganisms [2].

Thus, beef becomes an excellent culture medium for microbial growth, whether due to favorable intrinsic factors, such as: chemical composition, high water activity, and pH decline rate; or by extrinsic factors, such as: humidity, temperature and chemical composition of the atmosphere [3]. These factors, together, can change the natural microbiota of meat and contribute to the development of pathogenic and



deteriorating microorganisms, with environmental temperature being the most important extrinsic factor that determines microbial multiplication [4].

Another important factor to be considered is the processing of meat into meat products, such as the beef burger patties, which does not significantly modify the original nutritional qualities, but attributes organoleptic characteristics such as color, flavor and aroma, characteristic of each process [5]. In addition, it adds value with the use of unused cuts for fresh consumption, generating greater alternatives for its sale. This enables the development of the industrialization of derived products, contributing to the generation of jobs and increasing the income and offer of commercially available products, in addition to contributing to the preservation of the product.

In this aspect of preservation, this is one of the main functions of food packaging systems, as it separates food from the surrounding environment, reducing the interaction with spoilage factors (such as microorganisms, water vapor, oxygen and unpleasant flavors) and preventing losses of desirable compounds (for example, volatile flavorings), thus extending the shelf life of foods [6]. In addition, beef burgers are more prone to microbial contamination due to the mincing step and greater exposure to oxygen [4,5].

The application of new technologies to improve quality foods and longer commercial time, or shelf life, has been increasing remarkably, in view of the high potential offered by alternative techniques, often combined with traditional methods in terms of preservation. The application of new technologies to prolong the shelf life and improve food sensory quality has been increasing remarkably. In the meat industry, alternative techniques often combined with traditional preservation methods are able to reduce undesirable biochemical effects, such as reducing oxidative processes and microorganism contamination [7].

In the new global economy, petroleum-derived polymers used in packaging applications have become a central issue as their value chains currently involve substantial drawbacks. Although most of these materials have attractive characteristics (e.g., low cost, adequate mechanical properties and processability), their continuous and extensive disposal has raised considerable concerns about their deleterious effects on the environment [8–10]. In this scenario, edible and degradable films stand out as an excellent alternative for replacing their synthetic equivalents. With regard to food packaging, edible films can play passive or active roles, depending on the food product itself [9]. Among the non-passive functions are the unique sensory, nutritional and

antioxidant characteristics when the edible coatings are composed of fruits and vegetables [6,9].

Edible films can be classified as a primary packaging, which is in direct contact with the product, and it is also necessary to use a secondary, external packaging to protect the food from external contamination and, in some cases, from contact with [10]. Since they are in direct contact with food, edible films must also meet specific regulatory requirements, and for that, the materials used in their formulations must be non-toxic and safe for human consumption. Therefore, they must be thoroughly studied, as they can transfer constituents to food that are not always detected by analytical chemistry, resulting in low human exposures [8].

More than 35 plant species have been used as primary ingredients in the production of edible films [6, 11,12]. According to this promising strategy to manufacture innovative packaging without synthetic polymers, onion (*Allium cepa* L.) is a potential source of edible films for applications related to biodegradable packaging [13]. *Allium cepa* L. has several phytonutrients such as: flavonoids, fructooligosaccharides (FOS) and thiosulfide and other sulfur compounds, recognized as important elements of high nutritional value [14]. Quercetin is the main flavonoid present in onion [15], which has several properties, including antioxidant and antimicrobial activity [16].

Films obtained from onion bulbs are promising bioactive sources and have good mechanical and water vapor barrier properties [17]. Furthermore, mutagenicity and cytotoxicity tests demonstrate that these biomaterials are harmless, supporting at the first level of evidence, their safety potential for use as an edible coating by the food industry [18]. Thus, considering the antioxidant properties of onion, we hypothesized that edible packaging manufactured from its pulp may increase the shelf life of perishable foods such as beef burger patties. The objective of this study was to evaluate the effect of edible onion film on the preservation of beef burger patties.

## **2. Results**

There was no interaction ( $p > 0.05$ ) between storage time and application of the edible onion film for the variables of color and physicochemical composition of the beef burger patties and, therefore, the factors will be discussed separately as a function of each time.

The color parameters  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  and saturation index or Chrome ( $C^*$ ) of the burger patties were affected ( $p < 0.05$ ) by onion film application at storage time (Table 1). Luminosity was higher ( $p < 0.05$ ) in the control at all storage times, except at day 6, and redness, yellowness and chrome were higher ( $p < 0.05$ ) in edible onion film at all storage times. The uncoated burger patties (control) suffered the most intense color modifications during the storage. However, all color parameters decreased slightly from 3rd day onwards ( $p < 0.05$ ).

**Table 1.** Coloration parameters of beef burger patties uncoated (control) and coated with edible onion film submitted to different storage factor (4 °C).

Variables	Treatment	Storage Times (Days)			
		0 Days	3 Days	6 Days	9 Days
Luminosity ( $L^*$ )	Control	44.22 ± 0.59 <sup>Aa</sup>	43.02 ± 0.75 <sup>Ba</sup>	42.35 ± 0.44 <sup>BCa</sup>	41.24 ± 1.02 <sup>Ca</sup>
	Edible onion film	42.97 ± 0.29 <sup>Ab</sup>	40.83 ± 1.42 <sup>BCb</sup>	42.18 ± 0.80 <sup>ABa</sup>	39.81 ± 0.72 <sup>Cb</sup>
Redness ( $a^*$ )	Control	14.38 ± 0.84 <sup>Ab</sup>	11.58 ± 0.87 <sup>Bb</sup>	9.71 ± 0.59 <sup>Cb</sup>	6.00 ± 0.25 <sup>Db</sup>
	Edible onion film	16.02 ± 0.86 <sup>Aa</sup>	14.42 ± 0.73 <sup>Ba</sup>	14.42 ± 1.10 <sup>Ba</sup>	13.03 ± 0.77 <sup>Ba</sup>
Yellowness ( $b^*$ )	Control	7.35 ± 0.25 <sup>Ab</sup>	7.13 ± 1.05 <sup>Aa</sup>	5.04 ± 0.47 <sup>Bb</sup>	3.77 ± 0.79 <sup>Cb</sup>
	Edible onion film	9.39 ± 0.40 <sup>Aa</sup>	8.44 ± 0.82 <sup>Bb</sup>	7.99 ± 0.25 <sup>Ba</sup>	8.75 ± 0.35 <sup>ABa</sup>
Chrome ( $C^*$ )	Control	16.16 ± 0.72 <sup>Ab</sup>	13.62 ± 1.11 <sup>Bb</sup>	10.95 ± 0.66 <sup>Cb</sup>	7.13 ± 0.25 <sup>Db</sup>
	Edible onion film	18.53 ± 0.91 <sup>Aa</sup>	16.72 ± 0.91 <sup>Ba</sup>	16.49 ± 0.98 <sup>Ba</sup>	15.69 ± 0.82 <sup>Ba</sup>

Values described as mean ± standard deviation ( $n = 3$ ). Different uppercase letters in the same line indicate statistically significant differences between storage times (days) for each treatment by the Tukey test ( $p < 0.05$ ). Different lowercase letters in the same column indicate statistically significant differences between coated and uncoated beef burger patties by the Student's *t*-test ( $p < 0.05$ ).

It was observed that the application of edible onion film in beef burger patties promoted lower pH values ( $p < 0.05$ ) compared to the control treatment at days 3, 6 and 9 (Table 2). Over the storage time, the pH values of the edible onion film samples decreased significantly ( $p < 0.05$ ) between day 3 and 6, whereas the control samples increased the pH values at days 3 and 6 and decreased at 9 days.

The water holding capacity (WHC) of all beef burger patties decreased as the storage time increased. However, it was observed that the beef burger patties coated with the edible onion film were the ones with the lowest values of WHC and the highest rates of cooking loss (CL) at the end of 9 days compared to the control samples.

There was no significant difference ( $p > 0.05$ ) between treatments regarding the amount of iron as well as for the lipid oxidation values. However, the quantification of heme iron content present in the beef burger patties showed a gradual decrease in the amount of Fe over the days in both treatments, whereas, through the analysis of lipid oxidation, evaluated through the measurement of TBARS values. It showed an increase in malonoaldehyde values also occurred in both treatments over the storage period.

**Table 2.** Physicochemical parameters and lipid oxidation of beef burger patties uncoated (control) and coated with edible onion performed at different storage factor (4 °C).

Variables	Treatment	Storage Times (days)			
		0 days	3 days	6 days	9 days
pH	Control	5.68 ± 0.39 <sup>aB</sup>	6.11 ± 0.10 <sup>aAB</sup>	6.19 ± 0.04 <sup>aA</sup>	5.20 ± 0.11 <sup>aC</sup>
	Edible onion film	5.79 ± 0.07 <sup>aA</sup>	5.59 ± 0.05 <sup>bB</sup>	5.41 ± 0.04 <sup>bC</sup>	4.40 ± 0.06 <sup>bD</sup>
WHC <sup>1</sup> (%)	Control	27.43 ± 0.85 <sup>aA</sup>	22.03 ± 2.20 <sup>aB</sup>	22.43 ± 1.53 <sup>aB</sup>	16.05 ± 0.66 <sup>aC</sup>
	Edible onion film	20.06 ± 2.84 <sup>bAB</sup>	17.75 ± 2.85 <sup>aAB</sup>	23.31 ± 1.84 <sup>aA</sup>	16.01 ± 2.41 <sup>aB</sup>
Cooking loss (%)	Control	21.60 ± 3.64 <sup>aB</sup>	15.94 ± 2.38 <sup>aB</sup>	19.70 ± 1.99 <sup>aB</sup>	23.73 ± 3.36 <sup>aA</sup>
	Edible onion film	16.28 ± 3.94 <sup>aB</sup>	16.75 ± 2.03 <sup>aB</sup>	17.86 ± 1.93 <sup>aB</sup>	26.97 ± 0.27 <sup>aA</sup>
Iron content (µg/g)	Control	20.75 ± 1.58 <sup>aA</sup>	16.85 ± 0.86 <sup>aB</sup>	15.29 ± 1.78 <sup>aB</sup>	14.27 ± 0.72 <sup>aB</sup>
	Edible onion film	18.79 ± 0.30 <sup>aA</sup>	18.17 ± 1.02 <sup>aA</sup>	16.21 ± 1.66 <sup>aB</sup>	14.09 ± 0.76 <sup>aB</sup>
Lipid oxidation <sup>2</sup>	Control	0.78 ± 0.06 <sup>aC</sup>	1.10 ± 0.12 <sup>aC</sup>	1.72 ± 0.10 <sup>aB</sup>	2.12 ± 0.23 <sup>aA</sup>
	Edible onion film	0.80 ± 0.07 <sup>aC</sup>	1.07 ± 0.01 <sup>aC</sup>	1.67 ± 0.19 <sup>aB</sup>	2.23 ± 0.20 <sup>aA</sup>

Values described as mean ± standard deviation ( $n = 3$ ). Different uppercase letters in the same line indicate statistically significant differences between storage times (days) for each treatment by the Tukey test ( $p < 0.05$ ). Different lowercase letters in the same column indicate statistically significant differences between coated and uncoated beef burger patties by the Student's  $t$ -test ( $p < 0.05$ ). <sup>1</sup> Water holding capacity (WHC); <sup>2</sup> Expressed in µMol malondialdehyde/kg beef burger patties.

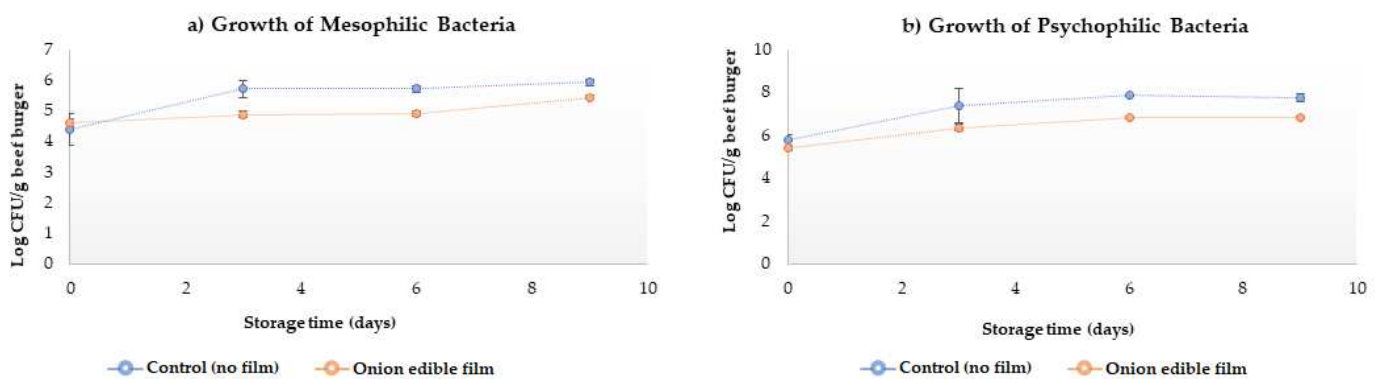
Regarding the texture parameter indices there was no effect of the edible onion film in beef burger patties ( $p > 0.05$ ) for the hardness, cohesiveness and springiness variables (Table 3). However, the chewability was better with the application of edible onion film in beef burger patties compared to the control treatment, especially between time 0 and 9 days. It was observed that, over the storage time, the springiness of the edible onion film burgers decreased significantly and, in contrast, the beef burger patties from the control treatment showed an increase ( $p > 0.05$ ) degree of springiness as the days of storage increased.

**Table 3.** Texture profile of beef burger patties uncoated (control) and coated with edible onion performed at different storage factor (4 °C).

Texture Parameter	Treatment	Storage Times (Days)			
		0 days	3 days	6 days	9 days
Hardness (N)	Control	17.35 ± 3.54 <sup>aB</sup>	15.83 ± 4.27 <sup>aB</sup>	14.87 ± 2.56 <sup>aB</sup>	20.09 ± 3.40 <sup>aA</sup>
	Edible onion film	16.26 ± 2.90 <sup>aB</sup>	23.97 ± 6.13 <sup>aA</sup>	15.15 ± 3.90 <sup>aB</sup>	20.27 ± 1.92 <sup>aA</sup>
Springiness	Control	0.75 ± 0.09 <sup>aA</sup>	0.85 ± 0.01 <sup>aB</sup>	0.85 ± 0.05 <sup>aB</sup>	0.89 ± 0.02 <sup>aB</sup>
	Edible onion film	0.86 ± 0.01 <sup>aA</sup>	0.83 ± 0.10 <sup>aA</sup>	0.81 ± 0.02 <sup>aA</sup>	0.85 ± 0.01 <sup>bA</sup>
Chewability (N)	Control	850.02 ± 92.21 <sup>aB</sup>	590.96 ± 5 0.79 <sup>bC</sup>	689.07 ± 61.84 <sup>aC</sup>	1060.51 ± 75.85 <sup>aA</sup>
	Edible onion film	688.41 ± 42.89 <sup>bB</sup>	965.95 ± 87.28 <sup>aA</sup>	693.96 ± 38.87 <sup>aB</sup>	762.48 ± 71.00 <sup>bB</sup>
Cohesiveness	Control	0.50 ± 0.05 <sup>aA</sup>	0.42 ± 0.05 <sup>aA</sup>	0.45 ± 0.07 <sup>aA</sup>	0.51 ± 0.05 <sup>aA</sup>
	Edible onion film	0.50 ± 0.03 <sup>aA</sup>	0.46 ± 0.05 <sup>aB</sup>	0.39 ± 0.07 <sup>aB</sup>	0.44 ± 0.05 <sup>aA</sup>

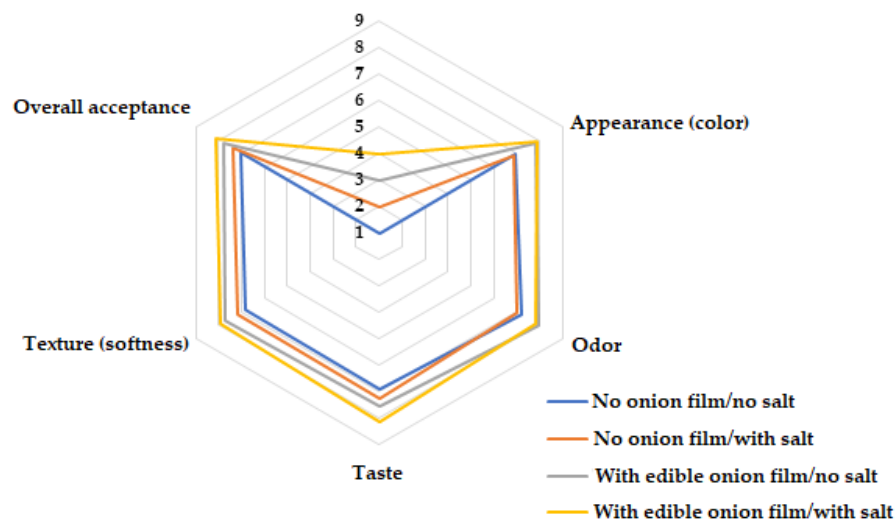
Values described as mean ± standard deviation ( $n = 10$ ). Different uppercase letters in the same line indicate statistically significant differences between storage times (days) for each treatment by the Tukey test ( $p < 0.05$ ). Different lowercase letters in the same column indicate statistically significant differences between coated and uncoated beef burger patties by the Student's  $t$ -test ( $p < 0.05$ ). (N = Newton).

There was a greater ( $p < 0.05$ ) growth of mesophilic bacteria in the control treatments when compared to the beef burger patties preserved with the edible onion film from 3 days and persisted until the end of the shelf life (Figure 1a). Regarding the growth of psychrophilic microorganisms. It was observed that the beef burgers patties without film (control) also had higher microbial growth ( $p < 0.05$ ) than the treatment in which the beef burger patties were preserved with edible onion film from the 6th day of preservation (Figure 1b).



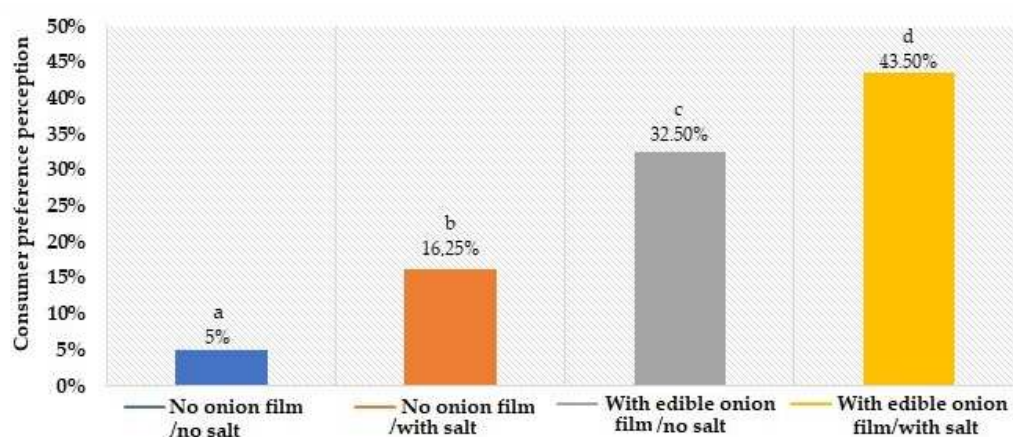
**Figure 1.** Total aerobic bacteria count ( $\log_{10}$  CFU) in bovine beef burger patties uncoated (control) and coated with edible onion performed at different storage times (4 °C). Mesophiles (a) and psychrophiles (b). Each data point represents the mean, and the error bars are the standard deviation ( $n = 3$ ).

The preservation of beef burger patties conserved with edible onion film (with and without salt) was better evaluated by consumers and had the highest scores, with a significant difference ( $p < 0.05$ ) for all analyzed attributes (texture, flavor, color, aroma and overall acceptance) compared to treatments without using the coating (Figure 2).



**Figure 2.** Impression of consumers consuming beef burger patties uncoated (control) and coated with edible onion from a sensory panel in a nine-point hedonic scale (ranging between: “1 disliked it extremely” and “9 liked it extremely”).

The preference ranking (Figure 3) demonstrated that the panelists presented a higher acceptance ( $p < 0.05$ ) by beef burger patties with edible onion film and salt, followed by the beef burger patties with edible onion film and without salt (32.5%). Then beef burger patties without edible onion film and with salt (16.25%) and the lowest acceptance for beef burger patties without edible onion film and without salt (5%).



**Figure 3.** Consumer preference perception of beef burger patties coated or not with edible onion from a sensory panel (means followed by different lowercase letters in the lines differ by Fisher’s LSD test at  $p < 0.05$ ).

### 3. Discussion

Color indexes of an edible coating can change the overall appearance of food, since coating color may vary depending on the type of material used for their production. Moreover, in relation to meat, the typical form of myoglobin, the main protein responsible for meat color, associated with low oxygen concentration (deoxymyoglobin—with edible coating) or with oxygenation (oxymyoglobin—without edible coating) can influence meat purchasing decisions [19], so it was important to compare the color of the meat with and without an edible coating [20].

The  $a^*$ , or redness values, of burger patties presented better stabilization with the application of the edible onion film, possibly caused by changes in the meat structure related to the highly oxidizing conditions [20]. The committed structural and conformational stability of proteins by oxidative damage may result in rupture of the peptide sequence, interactions (protein–protein such as formation or polymerization of

aggregates) and modification of the amino acid chains. These modifications caused by oxidative process may alter protein function and its structure. From the most relevant chemical modifications, the formation of protein cross-links and protein carbonylation have been associated with the muscle protein functionality losses and modifications of meat attributes as color, flavor and texture [19–22]. Also, the maintenance of exudates in the coated meat (Table 2) darkens the color. The  $a^*$  index of uncoated (control) beef burger patties showed an intense decrease during storage, which decreased slightly in beef burger patties coated with the edible onion film. Meat pigment, in the absence of oxygen, is in the form of deoxy or reduced Mb, which has a purple-red color. On air exposure, the pigment is oxygenated to form MbO<sub>2</sub>, conferring a bright red color to the meat [20,21]. The coating slowed down the oxygenation process, therefore, instead of reaching the maximum  $a^*$  value after the first days of blooming due to MbO<sub>2</sub> formation, this maximum value is reached at approximately 7 days, decreasing thereafter. This same pattern was observed to  $b^*$  or yellowness values.

The  $b^*$  color index (yellow) reflects the amount of fat present in the beef burger patties. Thus, the tendency to decrease these values in the control (uncoated) is related to the process of lipid oxidation present in beef that generates  $\alpha$ - and  $\beta$ -aldehydes (secondary products of lipid oxidation) reducing the stability of myoglobin redox [22–24]. Onions have been recognized as an essential and valuable source of phytonutrients as flavonoids, fructooligosaccharides and thiosulfinates and other sulfur compounds [25,26]. In chemical composition, onion represents one of the most common sources of flavonoids in the human diet [15]. According to Rodriguez et al. [27], two main components, quercetin glycoside and quercetin di-glycoside are responsible for 80% of the total flavonoids in onions. The structural formula of quercetin contains all the structural components necessary for antioxidant and pro-oxidant activity [28]. Therefore, the coating's potential for increasing  $b^*$  color index can be explained by a possible antioxidant activity from these flavonoids present in edible onion coating, through the limitation of myoglobin oxidation and metmyoglobin accumulation, consequently leading to the control of lipid oxidation [19,21].

The edible onion film showed a higher chroma value than uncoated burger beef patties throughout storage, which may be appealing to consumers at purchase time. Fresh meat typically becomes less red and lighter after a few days. This may also be related to the fact that the coated burgers had less microorganism growth. The inhibition of microbial growth prevented excess oxidation thus, limited the reduction in  $a^*$  [21].

Thus, an edible coating that can maintain redness and intensify the meat color could lead to an extension in burger patties color display-life [29].

The pH value of beef burger patties without application of edible onion film increased with storage time, probably as a result of the activity of microbial-based enzymes, which can degrade meat proteins into nitrogenous compounds, such as ammonia and trimethylamine [30,31] and thus, the pH value increases. The application of the edible onion film reduced the pH of the beef burger patties, especially between 3 and 6 days. This decrease can be attributed to a possible ability of the edible onion film to reduce permeability to carbon dioxide due to the likely presence of antibacterial agents, thus, helping, to reduce microbial growth and proliferation, which are reduced at lower pH [32]. An adequate decrease in pH is directly related to color, tenderness and the muscle's ability to retain water [33].

The lower retention capacity and greater cooking loss at the end of storage at 9 days by the beef burger patties with edible onion film can be explained by the higher water content present in the treated samples due to the inclusion of the edible onion film itself, which has a hydrophilic nature, thus occurring a rapid moisture absorption, which diffuses through the material [16].

The non-heme iron content has capacity to catalyze lipid oxidation [34,35], thus justifying the decrease in heme iron content and increase values and increase in TBARS values, which is an indicator of secondary oxidation products such as malondialdehyde (MDA), which are formed during the reaction of lipid oxidation reaction [36,37]. The application of the onion edible film had no effect on the lipid peroxidation process. Adding antioxidants to meat products does not always have the desired effect. Green tea extracts and propolis extracts, known for their antioxidant activities, were not able to inhibit the lipid oxidation process when added to ground beef, and in some cases, depending on the concentration used, they presented pro-oxidant effects [38,39].

The application of the edible onion film in beef burger patties provided, throughout the storage period, less microbial growth and proliferation, demonstrated the antimicrobial potential of onion [40]. The high antimicrobial activity of onion peel residue extracts was observed against *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus cereus*, and *Aspergillus niger* fungi, *Trichoderma viride* and *Penicillium cyclopium* [37]. Behbahani and Imani [31] observed that edible coatings containing vegetable extracts have the potential to improve the microbial safety and shelf life of beef and this can occur by several mechanisms, including attacking the phospholipid



bilayer of the cell membrane, interrupting enzymatic systems and damaging the genetic material of bacteria that, when they come into contact with the food surface, release the active compounds and, as a result, end up helping to inhibit/delay bacterial multiplication [41].

Processing storage time and cooking are the main factors that determine the sensory proprieties of foods treated with coating from natural sources [42]. In the present study, it was observed that the acceptance of the beef burger patties preserved with edible onion coating, regardless of the salt (75.8%). Only 2.5% of panelists did not mention preference for applying edible onion coating. Among the characteristics of edible coatings are the unique sensory properties when they are composed of fruits and vegetables that are desirable for applications in the food industry, as for sushi wraps, form pizza crust and toppings, or even coating for snacks in order to improve the nutritional quality and optimize the organoleptic characteristics of these foods [6,43]. In our study, the presence of lacristemic and flavoring compounds found specifically in the genus *Allium* may have been responsible for positively impacting the sensory characteristics of the beef burger patties. The improvement in color indexes, as well as in other physicochemical aspects, may be associated with a greater preference for beef burger patties preserved with edible onion coating [44,45], as color is a very important aspect in the presentation of bovine meat products and, without a doubt, is one of the points that most influence the purchase decision by consumers, considering that it is directly associated with food deterioration [46–48].

## **4. Materials and Methods**

### *4.1. Ethical Considerations and Design Experimental*

This experiment was conducted at the Federal University of Campina Grande (UFCG), Patos city, Brazil. All protocols were approved by the Research Ethics Committee on of the UFCG, with protocol n° CAAE: 45259321.0.0000.5182. The beef burger parties were randomly distributed in a completely randomized design distributed in a factorial design  $2 \times 4$  with two treatments (use or no use of edible onion coatings) and four beef burger patties storage times (0, 3, 6 and 9) and three and ten replicates (only for texture evaluation as indicated) according to the realized analyses.

### *4.2. Obtaining, Handling and Applying Onion-Based Film*

The films were produced and supplied by Dr. Diogenes dos' Santos Dias from BioSmart Nanotechnology (BioSmart®, Araraquara, São Paulo, Brazil). The medium-sized onion (*Allium cepa* L.) bulbs were obtained at markets in the city of Araraquara, SP, Brazil (geographical coordinates: latitude:  $-21.7946$ ; longitude:  $-48.1766$   $21^{\circ} 47' 41''$  S,  $48^{\circ} 10' 36''$  W) [16]. Onion (*Allim cepa* L.) yellow-type and medium size (average moisture content of about 89%) were selected and separated for the production of edible films. Onion bulbs were previously washed with water to remove soil impurities during harvest and after transport. After that, the outer layers that were dry or deteriorated were removed before the bulbs were cut lengthwise into four pieces and washed again. The films were prepared by casting formulations comprising raw onion pulp and hydrothermally treated (1% by weight solids) according to the methodology described by Dias et al. [16] and Barreto et al. [17].

A total of 100 g raw pulp washed from the onion bulbs were placed in an industrial blender (FAK 800 W, 4 L, SIEHE Corporation, Shanghai, China), filtered through a qualitative filter paper (grade 292, Boeco qualitative filter; Sigma-Aldrich Corporation, San Luis, Missouri, EUA), washed with distilled water ten times to eliminate the characteristic odor. Then, a 0.5% aqueous suspension (*w/w*) was poured into 90 mm diameter Petri dishes (Kasvi, clear polystyrene; Sigma-Aldrich Corporation; San Luis, Missouri, EUA) and dried in an exhaust at room temperature with circulating air for 6 h or until detachment of the films.

#### 4.3. Beef Burger Patties Preparation

The beef burger patties were prepared using the quadriceps femoris muscle following the method used by Ramos et al. [18]. In the processing, excess connective tissue was removed leaving only the muscle which was grounded to obtain a homogeneous meat. To obtain a homogeneous mass, the beef (81.3%) and the pork fat (15%) were weighed, manually mixed, ground in beef grinder ECCEL<sup>®®</sup> (model MCIE-10, São Paulo, Brazil) using 8 mm discs and placed in plastic trays. To each homogeneous mass was added 30 g of salt. The mixing was carried out manually for 20 min and subsequently conditioned to a refrigerator for 12 h at 4 °C.

After the resting period, 100 g of the beef burger patties were molded in a manual press with a diameter of 9.5 cm (100 g). And then, the beef burger patties were individually packaged with edible onion films, labelled and cooled at 4 °C [18], for

further analysis of shelf life (0, 3, 6 and 9). It is noteworthy that the salt was used only in the samples that were submitted to sensory analysis.

#### 4.4. Physicochemical Analyses

The pH of beef burger patties was obtained immediately after the preparation, with a digital skewer type probe (Testo 205<sup>®</sup>, São Paulo, Brazil), calibrated with a buffer solution with between pH 4.0 and pH 7.0 at temperature between 6–7 °C for 40 min.

Beef burger patties color indexes were evaluated Miltenburg et al. [49] at the referred times from the standardization of the cuts of beef burger in a thickness of 15 mm, followed by exposure to air for 30 min in a refrigerated environment (4 °C) so that the readings could then be taken with the aid of a colorimeter (Konica Minolta, model CR-400), operating in the CIELAB system (L\*,a\*,b\*), where L\* is the luminosity, varying from black (0%) to white (100%); a\* the intensity of the red color, varying from green (-a) to red (+a); and b\* the intensity of the yellow color, varying from blue (-b) to yellow (+b). The aperture port was with glass cover and the beef burger patties samples were measured using illuminant D65. This device was calibrated before each analysis with a standard white tile. Three measurements were taken at different points on the beef burger patties, using the mean values to represent the color. The color saturation index (Chroma, C\*) determination used the equation described by Hunt and King [50]:

$$*C \text{ (chrome)} = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$$

Water holding capacity (WHC) was determined as weight loss. It was used a 2.0 g beef burger sample, that was placed on a circular filter paper, between two acrylic plates, then a 3.4 kg equivalent force was put on the top of the paper for approximately 5 min. For each sample, results were expressed as a percentage of weight loss relative to its initial weight.

The analysis of cooking weight loss (CWL) followed American Meat Science Association [51] recommendations. The evaluations used two samples (2.5 cm thick), free of subcutaneous fat. The samples were placed on a grill (George Foreman Jumbo Grill GBZ6BW, Rio de Janeiro, Brazil) to cook, also was used a stainless-steel thermocouple (Gulterm 700; Gultron of Brazil) inserted in the beef burger to monitor the temperature of each steak until it reached 71 °C at the geometric center of the sample. Afterward, the steaks were removed from the cook apparatus and then were exposed to

room temperature to stabilization. The steaks were then weighed again. Finally, the CWL of each sample was obtained by the difference in weight of the samples (before and after cooking), with values described as percentage of exudate.

The TPA was determined in the cooked beef burger patties in a TA-XT plus texture analyzer (Stable Micro Systems, Godalming, England) and using its own Exponent Gram equipment, version v.51.1.0, based on the method described by Bourne [52]. The parameters performed were hardness (N), being the maximum force to compress the product, cohesion: which the sample can be deformed after rupture; springiness: the ability that the product tends to regain its original shape after the force is removed, and chewiness, i.e., the work required to chew the sample when swallowing. For TPA results, ten repetitions were measured for each treatment.

The total heme iron content was determined as previously described in the study by [53], where 2 g of each beef burger sample, in triplicate, was homogenized with 9 mL of acidified acetone (90% acetone, 8% deionized water, 2% HCl). Then, the homogenate was placed for 1 h at 25 °C in the dark and subsequently centrifuged for 10 min. The absorbance of the filtrate was determined at 640 nm. The amount of heme iron was expressed in µg/g of beef burger and calculated using the following equation:

$$\text{Heme iron} = A_{640} \times 680 \times 0.0882 \quad (2)$$

#### 4.5. Lipid Oxidation of Beef Burger Patties

The lipid oxidation indicator was performed from thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), according to the methodology of Witte et al. [54] in which the value of substances that react to TBA (TBARS) was calculated using a standard curve of malonaldehyde (MDA). For this, five grams of beef burger from each sample (triplicate) were mixed with 20 mL of trichloroacetic acid (5%), homogenized for 5 min and centrifuged at 12,000× g for 10 min. Then 4 mL of the supernatant was mixed with 4 mL of 0.02 M TBA and incubated in a water bath at 100 °C for 60 min. Absorbance was measured at 532 nm and the results expressed as µMoL of MDA/g of beef burger.

#### 4.6. Microbiological Analysis of Beef Burger Patties

A total of 25 g of beef burger patties samples (in triplicate) with and without onion coating in all storage times were collected in sterilized bottles containing 225 mL of maximum recovery diluent (0.1% (w/v) of peptone in 0.9% NaCl solution (w/v)), and then homogenized for 5 min at each proposed shelf life. In a sterile environment,

dilutions from  $10^{-1}$  to  $10^{-5}$  were made using the maximum recovery diluent. One milliliter of each dilution was added to sterile Petri dishes, then approximately 15 mL of Plate Count Agar culture medium at 40 °C was added. The plates were carefully shaken and incubated at 30 °C and 4 °C for 3 days and 7 days, respectively, for the counting of mesophilic and psychrophilic microorganisms [55].

#### 4.7. Sensory Attributes

For the sensory evaluation, the beef burger patties with edible onion films applied were divided into 4 treatments from the preparation of the burger: treatment 1—with edible onion films/with salt; treatment 2—with edible onion films/no salt; treatment 3—without edible onion coating /with salt; and treatment 4—without edible onion films/no salt. This was realized to test the action of the edible onion film as a flavoring as it is a widely used condiment in food preparation,

Then, consumer appeal was assessed using a panel made up of 80 untrained tasters, including 40 women and 40 men (aged between 18 and 54 years) [48]. Two beef burger patties samples of each treatment were cut into cubes (approximately 3–5 g) and grilled on a preheated electric grill (George Foreman Jumbo Grill GBZ6BW, Rio de Janeiro, Brazil) at 170 °C until the temperature of the geometric center reached 71 °C. The beef burger patties samples were transferred to preheated coded beakers covered with aluminum foil to guarantee the minimum loss of heat and volatile aroma, and these were kept in a water bath inside a glass beaker (Thermomix<sup>®</sup>, São Paulo, Brazil) at 75 °C only that the temperature of the samples remains between 65 and 70 °C until distribution to the tasters [51].

Sensory evaluations were performed in 10 individual cabins on a single day between 09:00 and 11:00 am, with 10 participants per session ( $n = 8$ ). The sessions consisted of eight tasting rounds of booths at pre-established times. Each taster received eight samples of beef burger (four treatments in duplicate), randomly distributed and coded with three numerical digits [48]. The duration time of each session was approximately 15 min. Consumers were directed to individual booths in the laboratory, after which samples, water-and-salt biscuits and water were delivered, where the last two items were provided to cleanse any residual flavor between samples. The attributes of taste, odor, texture (tenderness), appearance and overall acceptance of beef burger patties were evaluated, and these attributes were chosen through the 9 points hedonic scale, ranging between: “1 disliked it extremely” and “9 liked it extremely” on forms

delivered at the beginning of the evaluation. Panelists were also asked to rank the beef burger patties according to their preference.

#### 4.8. Statistical Analysis

The beef burger patties were randomly distributed in a completely randomized design distributed in a factorial design  $2 \times 4$  with two treatments and four beef burger patties storage times (0, 3, 6 and 9 days) and the replicates according to analyses realized. The following statistical model was used:

$$Y_{ijk} = \mu + O_i + T_j + (OT)_{ij} + E_{ijk}$$

where:  $\mu$  is the overall mean,  $O_i$  is the effect of adding edible onion film,  $T_j$  is the effect of shelf life or storage,  $(OT)_{ij}$  is the interaction between edible onion film and shelf life, and  $E_{ijk}$  is random error.

For sensory characteristics, the linear mixed model was used to analyze taste, odor, texture (tenderness), appearance and overall acceptance of each sample to identify the factors influencing the response. The fixed effects in the model included the use of edible onion film with or without salt as a condiment, and the random effects in the model included panelists and sessions.

Results were expressed as mean  $\pm$  standard deviation. Data were statistically evaluated using the GraphPad Prisma Software. The means of two of the groups were compared using Student's  $t$  test. To compare three or more groups, one-way analysis of variance (ANOVA) was used, followed by Tukey using the GraphPad Prisma Software. (GraphPad Prism®, São Paulo, Brazil). Sensory perception was analyzed using Fisher's LSD test and preference classification was expressed using the GraphPad Prisma software. Statistical data were considered significant when  $p < 0.05$ .

## 5. Conclusions

The edible onion film is recommended for preserving beef burgers patties, as it delays the proliferation of unwanted microorganisms, stabilizing and improving the color parameters and thus improving sensory attributes of beef burger patties and being more accepted by the consumer. This edible film may be used in the meat and meat product packaging industry, replacing conventional packaging, ensuring improved quality and increased shelf life of food.

**Author Contributions:** Conceptualization, E.C.d.S.F., H.S.B., C.A.R. and L.R.B.; Data Curation, K.S.S., M.P.d.S. and E.C.d.S.F.; Funding Acquisition, D.D.S.; Investigation, K.S.S.; Methodology, M.P.d.S.; Resources, D.D.S.; Software, J.F.P.d.M.; Supervision, H.S.B. and L.R.B.; Validation, D.D.S. and J.F.P.d.M.; Visualization, E.C.d.S.F., C.A.R., K.N.S.R. and R.L.O.; Writing—Original Draft, K.S.S. and M.P.d.S.; Writing—Review and Editing, D.D.S., K.N.S.R., J.F.P.d.M., R.L.O. and L.R.B. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** Diógenes Dias Santos thanks Fapesp (process number 16/15504-2) for financial support.

**Institutional Review Board Statement:** No applicable.

**Informed Consent Statement:** All protocols were approved by the Research Ethics Committee on of the UFCG, with protocol n° CAAE: 45259321.0.0000.5182.

**Data Availability Statement:** The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

**Acknowledgments:** The researchers kindly thank the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, Brazil), Coordination and Improvement of Higher Level or Education Personnel (CAPES, Brazil) and Araraquara University (UNIARA, Brazil).

**Conflicts of Interest:** The authors affirm that there are no conflict of interest of any kind that could have appeared to affect the reported work in this manuscript.

**Sample Availability:** Not available

## References

1. Felderhoff, C.; Lyford, C.; Malaga, J.; Polkinghorne, R.; Brooks, C.; Garmyn, A.; Miller, M. Beef Quality Preferences: Factors Driving Consumer Satisfaction. *Foods* **2020**, *9*, 289. <https://doi.org/10.3390/foods9030289>.
2. Aboah, J.; Lees, N. Consumers use of quality cues for meat purchase: Research trends and future pathways. *Meat Sci.* **2020**, *166*, 108142. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108142>.
3. Ziomek, M.; Drozd, Ł.; Gondek, M.; Pyz-Łukasik, R.; Pedonese, F.; Florek, M.; Domaradzki, P.; Skąlecki, P. Microbiological Changes in Meat and Minced Meat from Beavers (*Castor fiber* L.) during Refrigerated and Frozen Storage. *Foods* **2021**, *10*, 1270. <https://doi.org/10.3390/foods10061270>.
4. Kumar, Y.; Yadav, D.N.; Ahmad, T.; Narsaiah, K. Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2015**, *14*, 796–812. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12156>.

5. Vasconcelos, L.; de Souza, M.; de Oliveira, J.; Silva Filho, E.; Silva, A.; Mazzetto, S.E.; Pereira, E.S.; Oliveira, R.L.; Bezerra, L. Elaboration and Characterization of Bioactive Films Obtained from the Incorporation of Cashew Nut Shell Liquid into a Matrix of Sodium Alginate. *Antioxidants* **2021**, *10*, 1378. <https://doi.org/10.3390/antiox10091378>.
6. Otoni, C.G.; Avena-Bustillos, R.J.; Azeredo, H.; Lorevice, M.V.; Moura, M.R.; Mattoso, L.H.C.; McHugh, T.H. Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables-A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2017**, *16*, 1151–1169. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12281>.
7. Silva, M.L.T.; Brinques, G.B.; Gurak, P.D. Development and characterization of corn starch bioplastics containing dry sprout by-product flour. *Braz. J. Food Technol.* **2020**, *23*, 23. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.32618>.
8. FDA. *Code of Federal Regulations Title 21—Food for Human Consumption*; FDA: Rockville, MD, USA, 2015.
9. Ruiz-Navajas, Y.; Viuda-Martos, M.; Sendra, E.; Pérez-Alvarez, J.A.; Fernandez-Lopez, J. *In vitro* antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with *Thymus moroderi* or *Thymus piperella* essential oils. *Food Control* **2013**, *30*, 386–392. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.07.052>.
10. Santos, B. M. M. dos; Pizato, S.; Cortez-Vega, W. R. Natural edible films and coatings applied in food: a bibliographic review. *Res., Soc. Dev.* **2020**, *9*(9), e578997613, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7613>.
11. Galus, S.; Arik Kibar, E.A.; Gniewosz, M.; Kraśniewska, K. Novel Materials in the Preparation of Edible Films and Coatings—A Review. *Coatings*. **2020**, *10*, 674. <https://doi.org/10.3390/coatings10070674>
12. Otoni, C.G.; Lodi, B.D.; Lorevice, M.V.; Leitão, R.C.; Ferreira, M.D.; de Moura, M.R.; Mattoso, L.H. Optimized and scaled-up production of cellulose-reinforced biodegradable composite films made up of carrot processing waste. *Ind. Crops Prod.* **2018**, *121*, 66–72. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.003>.
13. Ren, F.; Reilly, K.; Kerry, J.P.; Gaffney, M.; Hossain, M.; Rai, D.K. Higher Antioxidant Activity, Total Flavonols, and Specific Quercetin Glucosides in Two Different Onion (*Allium cepa* L.) Varieties Grown under Organic Production: Results from a 6-Year Field Study. *J. Agric. Food Chem.* **2017**, *65*, 5122–5132. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b01352>.
14. Slimestad, R.; Fossen, T.; Vågen, I.M. Onions: A Source of Unique Dietary Flavonoids. *J. Agric. Food Chem.* **2007**, *55*, 10067–10080. <https://doi.org/10.1021/jf0712503>.
15. Murayyan, A.I.; Manohar, C.M.; Hayward, G.; Neethirajan, S. Antiproliferative activity of Ontario grown onions against colorectal adenocarcinoma cells. *Food Res. Int.* **2017**, *96*, 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.017>.
16. Dias, D.D.S.; Otoni, C.G.; da Silva, R.R.; Meneguim, A.B.; Mattoso, L.H.C.; Barud, H.D.S.; Ribeiro, C.A. Large scale manufacturing of puree-only edible films from onion bulb (*Allium cepa* L.): Probing production and structure–processing–property correlations. *Ind. Crops Prod.* **2020**, *145*, 111847. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111847>.
17. Barreto, M.R.; Aleixo, N.A.; Silvestre, R.B.; Fregonezi, N.F.; Barud, H.D.S.; Dias, D.D.S.; Ribeiro, C.A.; Resende, F.A. Genotoxicological safety assessment of puree-only edible films from onion bulb (*Allium cepa* L.) for use in food packaging-related applications. *J. Food Sci.* **2019**, *85*, 201–208. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14977>.



18. Ramos, L.; Bezerra, L.; de Oliveira, J.; de Souza, M.; da Silva, A.; Pereira, E.; Mazzetto, S.; Filho, J.P.; Oliveira, R. Effects of feeding growing-finishing lambs with cashew nut shell liquid on the growth performance, physicochemical attributes, lipid peroxidation and sensorial parameters of burger. *Small Rumin. Res.* **2021**, *202*, 106468. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106468>.
19. Mancini, R.A.; Hunt, M.C. Current research in meat color. *Meat Sci.* **2005**, *71*, 100–121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>.
20. Vital, A.C.; Guerrero, A.; Monteschio, J.; Valero, M.V.; Carvalho, C.B.; de Abreu Filho, B.A.; Madrona, G.S.; Prado, I.N.D. Effect of Edible and Active Coating (with Rosemary and Oregano Essential Oils) on Beef Characteristics and Consumer Acceptability. *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0160535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160535>.
21. Cardoso, G.P.; Dutra, M.P.; Fontes, P.R.; de Lemos Souza Ramos, A.; de Miranda Gomide, L.A.; Ramos, E.M. Selection of a chitosan gelatin-based edible coating for color preservation of beef in retail display. *Meat Sci.* **2016**, *114*, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.012>.
22. Insausti, K.; Beriain, M.; Purroy, A.; Alberti, P.; Lizaso, L.; Hernandez, B. Colour stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. *Meat Sci.* **1999**, *53*, 241–249. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(99\)00063-7](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(99)00063-7).
23. Kaewprachu, P.; Osako, K.; Benjakul, S.; Suthiluk, P.; Rawdkuen, S. Shelf life extension for Bluefin tuna slices (*Thunnus thynnus*) wrapped with myofibrillar protein film incorporated with catechin-Kradon extract. *Food Control* **2017**, *79*, 333–343. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.04.014>.
24. Faustman, C.; Sun, Q.; Mancini, R.; Suman, S.P. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Sci.* **2010**, *86*, 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.025>.
25. Lanzotti, V. A análise da cebola e do alho. *J. Chromatogr. A* **2006**, *1112*, 3–22.
26. Sidhu, J.S.; Ali, M.; Al-Rashdan, A.; Ahmed, N. Cebola (*Allium cepa* L.) é potencialmente um boa fonte de antioxidantes importantes. *J. Food Sci. Technol.* **2019**, *56*, 1811–1819.
27. Rodriguez, G.B.; Rodriguez Rodriguez, E.M.; Romero, C.D. Flavonóides em cultivares de cebola (*Allium cepa* L.). *J. Food Sci.* **2008**, *73*, 599–605.
28. Rietjens, I.M.; Boersma, M.G.; Van Der Woude, H.; Jeurissen, S.M.; Schutte, M.E.; Alink, G.M. Flavonóides e alquenilbenzenos: Mecanismos de ação mutagênica e risco cancerígeno. *Mutat. Res.* **2005**, *574*, 124–138.
29. Raeisi, M.; Tajik, H.; Aliakbarlu, J.; Mirhosseini, S.H.; Hosseini, S.M.H. Effect of carboxymethyl cellulose-based coatings incorporated with Zataria multiflora Boiss. essential oil and grape seed extract on the shelf life of rainbow trout fillets. *LWT Food Sci. Technol.* **2015**, *64*, 898–904. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.010>.
30. Moghtadaei, M.; Soltanizadeh, N.; Goli, S.A.H. Production of sesame oil oleogels based on beeswax and application as partial substitutes of animal fat in beef burger. *Food Res. Int.* **2018**, *108*, 368–377. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.051>.
31. Behbahani, B.A.; Imani, A.A.F. Development of a novel edible coating made by Balangu seed mucilage and Feverfew essential oil and investigation of its effect on the shelf life of beef slices during refrigerated storage through intelligent modeling. *J. Food Saf.* **2018**, *38*, 12443. <https://doi.org/10.1111/jfs.12443>.
32. Ghani, S.; Barzegar, H.; Noshad, M.; Hojjati, M. The preparation, characterization and in vitro application evaluation of soluble soybean polysaccharide films

- incorporated with cinnamon essential oil nanoemulsions. *Int. J. Biol. Macromol.* **2018**, *112*, 197–202. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.145>.
33. Behbahani, B.A.; Shahidi, F.; Yazdi, F.T.; Mortazavi, S.A.; Mohebbi, M. Use of Plantago major seed mucilage as a novel edible coating incorporated with Anethum graveolens essential oil on shelf life extension of beef in refrigerated storage. *Int. J. Biol. Macromol.* **2017**, *94*, 515–526. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.10.055>.
  34. AL de Gouvêa, A.; Oliveira, R.L.; Leão, A.G.; Assis, D.Y.; Bezerra, L.R.; Júnior, N.G.N.; Trajano, J.S.; Pereira, E.S. Color, sensory and physicochemical attributes of beef burger made using meat from young bulls fed levels of licuri cake. *J. Sci. Food Agric.* **2016**, *96*, 3668–3672. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7548>.
  35. Rezaei, M.; Hosseini, S. Quality assessment of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled storage. *J. Food Sci.* **2008**, *73*, H93–H96. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00792.x>.
  36. Johns, A.; Birkinshaw, L.; Ledward, D. Catalysts of lipid oxidation in meat products. *Meat Sci.* **1989**, *25*, 209–220. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(89\)90073-9](https://doi.org/10.1016/0309-1740(89)90073-9).
  37. Saini, R.K.; Prasad, P.; Sreedhar, R.V.; Akhilender Naidu, K.; Shang, X.; Keum, Y.-S. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids (PUFAs): Emerging Plant and Microbial Sources, Oxidative Stability, Bioavailability, and Health Benefits—A Review. *Antioxidants* **2021**, *10*, 1627. <https://doi.org/10.3390/antiox10101627>.
  38. Alexandre, A.C.S.; Albergaria, F.C.; Silva, L.M.S.F.; Fernandes, L.A.C.; Gomes, M.E.d.S.; Pimenta, C.J. Effect of natural and synthetic antioxidants on oxidation and storage stability of mechanically separated tilapia meat. *LWT* **2021**, *154*, 112679. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112679>.
  39. Alghazeer, R.; Saeed, S.; Howell, N.K. Aldehyde formation in frozen mackerel (*Scomber scombrus*) in the presence and absence of instant green tea. *Food Chem.* **2008**, *108*, 801–810. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.067>.
  40. İnanç, T.; Maskan, M. Effect of cinnamaldehyde on oxidative stability of several fats and oils at elevated temperatures. *Cogent Food Agr.* **2015**, *1*, 1071725. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1071725>.
  41. Sharma, R.; Ghoshal, G. Emerging trends in food packaging. *Nutr. Food Sci.* **2018**, *48*, 764–779. <https://doi.org/10.1108/nfs-02-2018-0051>.
  42. Ahiabor, C.; Gordon, A.; Ayithey, K.; Agyare, R. In vitro assessment of antibacterial activity of crude extracts of onion (*Allium cepa* L.) and shallot (*Allium aescalonicum* L.) on isolates of Escherichia coli (ATCC 25922), Staphylococcus aureus (ATCC 25923), and Salmonella typhi (ATCC 19430). *Int. J. Appl. Res.* **2016**, *2*, 1029–1032.
  43. Guo, M.; Yadav, M.P.; Jin, T.Z. Antimicrobial edible coatings and films from micro-emulsions and their food applications. *Int. J. Food Microbiol.* **2017**, *263*, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.10.002>.
  44. Burt, S. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *Int. J. Food Microbiol.* **2004**, *94*, 223–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>.
  45. Kester, J.J.; Fennema, O.R. Edible Films and Coatings: A Review. *Food Technol.* **1986**, *40*, 47–59.
  46. Jones, M.G.; Hughes, J.; Tregova, A.; Milne, J.; Tomsett, A.B.; Collin, H.A. Biosynthesis of the flavour precursors of onion and garlic. *J. Exp. Bot.* **2004**, *55*, 1903–1918. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh138>.

47. Rose, P.; Whiteman, M.; Moore, P.K.; Zhu, Y.Z. Bioactive S-alk(en)yl cysteine sulfoxide metabolites in the genus *Allium*: The chemistry of potential therapeutic agents. *Nat. Prod. Rep.* **2005**, *22*, 351–368. <https://doi.org/10.1039/b417639c>.
48. Liguori, L.; Califano, R.; Albanese, D.; Raimo, F.; Crescitelli, A.; Di Matteo, M. Chemical Composition and Antioxidant Properties of Five White Onion (*Allium cepa* L.) Landraces. *J. Food Qual.* **2017**, *2017*, 6873651. <https://doi.org/10.1155/2017/6873651>.
49. Miltenburg, G.A.J.; Wensing, T.; Smulders, F.J.M.; Breukink, H.J. Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. *J. Anim. Sci.* **1992**, *70*, 2766–2772. <https://doi.org/10.2527/1992.7092766x>.
50. Hunt, M.C.; King, A. *Meat Color Measurement Guidelines*; American Meat Science Association: Champaign, IL, USA, 2012.
51. AMSA. *Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat*; National Livestock and Meat Board: Chicago, IL, USA, 1995.
52. Bourne, M.C. Texture Profile Analysis. *Food Nutr. Sci.* **1978**, *6*, 62–67.
53. Jridi, M.; Mora, L.; Souissi, N.; Aristoy, M.-C.; Nasri, M.; Toldrá, F. Effects of active gelatin coated with henna (*L. inermis*) extract on beef meat quality during chilled storage. *Food Control* **2018**, *84*, 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.07.041>.
54. Witte, V.C.; Krause, G.F.; Bailey, M.E. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.* **1970**, *35*, 582–585. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1970.tb04815.x>.
55. Silva, N.S.; Junqueira, V.C.; Silveira, N.F.; Taniwaki, M.H.; Santos, R.F.; Gomes, R.A.; Okazaki M.M. *Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos*, 3rd ed.; Logomarca Varela: São Paulo, Brazil, 2007.

## **Conclusão Geral**

Os filmes e revestimentos comestíveis são uma boa alternativa para melhorar a qualidade, propriedades sensoriais e vida útil de carnes e derivados e, como uma das alternativas, o filme de cebola comestível pode ser usado para a preservação de hambúrgueres de carne bovina, pois retarda a proliferação de microrganismos indesejáveis, melhorando a cor e algumas características físico-químicas, sendo assim mais aceito pelo consumidor. Este filme comestível pode ser utilizado na indústria de embalagens de carnes e derivados, em substituição às embalagens convencionais, garantindo melhor qualidade e maior vida útil desses alimentos.