

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta **TESE** será disponibilizado somente a partir de 23/02/2023.

Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Ciências Farmacêuticas

**Estudo do efeito de embalagens nas
características de qualidade da carne bovina
maturada a seco**

Vanessa Cristina Francisco

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Alimentos e Nutrição para obtenção do título de
Doutora em Alimentos e Nutrição.

Área de concentração: Ciência dos Alimentos

Orientadora: Profa. Dra. Renata Tieko Nassu

Coorientador: Dr. Sérgio Bertelli Pflanze Junior

Araraquara

2021

Estudo do efeito de embalagens nas características de qualidade da carne bovina maturada a seco

Vanessa Cristina Francisco

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Alimentos e Nutrição para obtenção do título de
Doutora em Alimentos e Nutrição.

Área de concentração: Ciência dos Alimentos

Orientadora: Profa. Dra. Renata Tieko Nassu

Coorientador: Dr. Sérgio Bertelli Pflanzner Junior

Araraquara

2021

F819e Francisco, Vanessa Cristina.
Estudo do efeito de embalagens nas características de qualidade da carne bovina maturada a seco / Vanessa Cristina Francisco. – Araraquara: [S.n.], 2021.
155 f. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição. Área de Concentração em Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Renata Tieko Nassu.

Coorientador: Sérgio Bertelli Pflanzner Junior.

1. Carne bovina. 2. Maciez. 3. Maturação. 4. Sabor. 5. Revestimentos comestíveis. 6. Compostos voláteis. 7. Metabolitos. I. Nassu, Renata Tieko, orient. II. Pflanzner Junior, Sérgio Bertelli, coorient. III. Título.

Folha de Aprovação

Profa. Dra. Renata Tieko Nassu

Embrapa Pecuária Sudeste São Carlos, SP

Orientadora

Profa. Dra. Renata Ernlund Freitas de Macedo

Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR

Membro Titular

Profa. Dra. Ana Rita De Araújo Nogueira

Embrapa Pecuária Sudeste São Carlos, SP

Membro Titular

Profa. Dra. Henriette Monteiro Cordeiro De Azeredo

Embrapa Instrumentação São Carlos, SP

Membro Titular

Dedicado aos meus filhos Yasmin e Lucas.

Agradecimentos

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

À Embrapa Pecuária Sudeste de São Carlos, pelo financiamento deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara-SP.

À minha orientadora professora Profa. Dra. Renata Tieko Nassu pelos ensinamentos, dedicação e incentivo.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Sérgio Bertelli Pflanze Junior, pela disponibilidade de seus laboratórios e suporte.

Ao Dr. Rymer pelos ensinamentos e por todo o suporte durante a execução dos experimentos.

À sessão e docentes do programa de pós-graduação em Alimentos e Nutrição da Faculdade de Ciências Farmacêuticas (FCFAR/UNESP)

À Secretaria de Pós-graduação por todo o suporte.

À toda equipe do laboratório de carnes.

Muito obrigada!

Agradecimentos pessoais

Agradeço primeiramente à DEUS, por me guiar e dar força para nunca desistir.

Aos meus filhos Lucas e Yasmin e ao meu esposo Paulo, por dividir comigo meus sonhos e compreender os momentos em que estive ausente.

Aos meus pais José e Neide e ao meu irmão Luiz Fernando, pelo apoio carinho e incentivo.

Aos velhos e novos amigos que conquistei durante este período.

Afinal, os amigos tornam mais fácil a superação dos problemas, nos acolhe, nos afasta da solidão, nos faz rir e nos aconselha quando é necessário.

Muito obrigada!

Na vida somos todos meio que pássaros...
Vez ou outra, voando sozinhos, nos damos conta de que as tempestades
eram mais amenas no conforto de nosso ninho.
No entanto, é preciso sempre se colocar adiante, sem medo de alçar voos
e construir novos ninhos.
Nunca se é tarde para recomeçar!
(Pe. Robson, Sinais 2017)

Sumário

Introdução	12
Objetivos	17
Referências	18

Capítulo 1. Qualidade da carne, perfil de aroma e preferência do consumidor de carne fresca e maturada a seco

Introdução	24
Materiais e métodos	25
Resultados e discussão	31
Conclusão	40
Referências	41

Capítulo 2. Estudo comparativo de métodos de maturação em carne bovina

Introdução	48
Materiais e métodos	49
Resultados e discussão	57
Conclusão	75
Referências	76
Anexos	82

Capítulo 3. Estudo do efeito de embalagens nas características de qualidade da carne bovina maturada a seco

Introdução	86
Materiais e métodos	87
Resultados e discussão	94
Conclusão	107
Referências	109

Capítulo 4. Effects of temperature and type of aging on the metabolite profile of beef

Introduction.....	119
Materials and methods	120
Results and discussion.....	123
Conclusion.....	134
References	136

Capítulo 5. Análise de compostos voláteis de carne maturada a vácuo e a seco, em diferentes temperaturas e tempos

Abstract	144
Materials and methods	145
Results and discussion.....	146
Conclusion.....	151
References	152
Considerações finais	153
Conclusão geral	154

RESUMO

Introdução: A maturação é um processo utilizado com a finalidade de aumentar a maciez da carne e melhorar outros atributos como sabor e aroma. Pode ser realizado de duas maneiras: maturação úmida (*wet aging*), na qual a carne é embalada a vácuo, ou maturação a seco (*dry aging*), no qual a carne é armazenada sem embalagem. Uma das razões para se maturar carne a seco é a obtenção de um sabor considerado único, com notas características associadas com este produto. Porém, apresenta alto custo e baixo rendimento, em razão das perdas de peso por evaporação ou devido a retirada das aparas na superfície da carne. Além disso, há risco de contaminação microbiológica devido a ausência de uma embalagem como proteção. Devido a estes fatores, o uso de embalagens permeáveis ao vapor de água e a aplicação de filmes como revestimento comestível a base de polissacarídeos ou base proteica, são alternativas para solucionar estes problemas. **Objetivo:** O objetivo geral deste estudo foi avaliar o efeito do tipo de maturação (úmida ou a seco), a utilização de embalagem de alta permeabilidade ao vapor de água e revestimentos comestíveis, nas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de carne bovina maturada. **Métodos:** Foram realizados quatro experimentos, com peças de contrafilé (m. *Longissimus thoracis et lumborum*): 1. Avaliação da qualidade da carne, perfil de aroma e preferência de carne não maturada e maturada a seco por 28 dias; 2. Comparação entre diferentes métodos de maturação (úmida, a seco com e sem osso e *special bag*); 3. Efeito do uso de revestimentos comestíveis (quitosana ou alginato) no processo de maturação a seco; 4. Efeito da temperatura do processo de maturação a seco no perfil de compostos voláteis e metabólitos de carne bovina. Dependendo do experimento, foram realizadas as seguintes análises: perdas no processo de maturação (peso e aparas), cor instrumental, pH, capacidade de retenção de água, perda por cocção, força de cisalhamento, teor de umidade, atividade de água, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), oxidação proteica (tióis), contagem microbiológica, perfil de compostos voláteis, análise de ressonância magnética nuclear (RMN) de alto e baixo campo e análise sensorial. **Resultados:** Na avaliação da qualidade da carne não maturada e maturada a seco, foi observado que a amostra maturada a seco apresentou aumento da maciez, maior número de compostos voláteis e também foi a preferida, em comparação à amostra não maturada. Na comparação entre os diferentes métodos de maturação, não foi observada diferença na maciez instrumental, bem como na preferência entre os tratamentos estudados, porém o número de compostos voláteis foi maior nas amostras maturadas a seco. A análise de RMN de baixo campo mostrou-se promissora para identificar os diferentes métodos de maturação em carne bovina por meio do tempo de relaxação longitudinal. No estudo de aplicação de revestimentos comestíveis e utilização de embalagem permeável ao vapor de água (*special bag*), este último foi considerado como a melhor opção tendo em vista que contribuiu para a redução de perdas e menor crescimento de microrganismos. Em relação ao efeito de temperatura no processo de maturação de carne bovina, foi observado aumento na concentração de metabólitos, mais notadamente de aminoácidos, com diferenças entre os tipos de maturação,

dependendo da temperatura. Para formação de compostos voláteis, temperaturas mais altas não são favoráveis pois ocasionam mais produtos de oxidação que podem interferir no aroma e sabor do produto. **Conclusão:** Os resultados obtidos neste estudo indicam que a maturação a seco é uma boa alternativa para melhorar a qualidade da carne e agregar valor ao produto final. Em relação ao uso de embalagens, a utilização dos revestimentos de quitosana e alginato foi considerada viável, com potencial para ser aplicada no processo de maturação a seco, no entanto são necessários mais estudos para adequar a formulação dos revestimentos, em relação a permeabilidade ao vapor de água por exemplo, bem como a adição de óleos essenciais para assegurar melhor estabilidade microbiológica do produto. A embalagem de alta permeabilidade ao vapor de água (*special bag*) foi considerada a opção mais adequada, pois contribuiu com a redução de perdas, diminuiu crescimento de microrganismos, apresentou maior intensidade da cor vermelha aos 28 dias e a maciez não apresentou diferença em relação aos demais tratamentos.

Palavras-chave: Carne bovina; Maciez; Maturação; Sabor; Revestimentos comestíveis; Compostos voláteis; Metabolitos

ABSTRACT

Introduction: Aging is a process that increases meat tenderness and improves other attributes such as aroma and flavor. The process can be carried out in two ways: wet aging (vacuum-packed meat) or dry aging (meat aged without packaging). One of the reasons for dry-aging meat is to obtain a unique flavor, with characteristic notes that are usually associated with this product. However, it is a high-cost product due to the weight loss and crust removal. Microbiological contamination is also a concern due to the lack of packaging to protect the product. Due to these facts, the utilization of water vapor-permeable packaging and the application of carbohydrate- or protein-based edible coatings are alternatives for solve these problems. **Objective:** This study aimed to evaluate the effect of the type of aging (wet- or dry-), the use of packaging with high permeability to water vapor, and edible coatings on the physical-chemical, microbiological, and sensory characteristics of aged beef. **Methods:** Four experiments were carried out with *Longissimus thoracis et lumborum* muscle: 1. Evaluation of meat quality, aroma profile, and preference of non-aged and dry-aged meat for 28 days; 2. Comparison of different aging methods (wet-, dry- with bone or boneless and special bag); 3. Effect of edible coatings (chitosan or alginate) in the dry-aging process; 4. Effect of temperature in the dry-aging process on the volatile compounds and metabolites profile. Depending on the experiment, the following analyses were performed: weight and crust loss, instrumental color, pH, water holding capacity, cooking loss, shear force, moisture, water activity, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), protein oxidation (thiols), microbiological count, volatile compounds profile, high resolution or low field nuclear magnetic resonance (NMR) and sensory analysis. **Results:** In evaluating meat quality of non-aged and dry-aged meat, an increase in the tenderness, in the quantity of the volatile compounds was observed in the aged meat, which was also the most preferred. In comparing different types of aging, there was no difference in shear force nor preference among the treatments. The low-field NMR was promising for identifying the different types of beef aging through the longitudinal relaxation time analysis. In the study applying edible coatings and the special bag, the best alternative was the special bag, considering that the product had less weight and crust losses and lower microbiological count during the process. Finally, when studying the effect of temperature of aging, an increase in the number of metabolites was observed, mainly amino acids, with some differences depending on the type of aging. Regarding the volatile compounds, higher temperatures are not suitable as there is the formation of oxidation products, which can affect the aroma and flavor of the product. **Conclusion:** The obtained results indicate that dry-aging is an alternative for improving meat quality and adding value to the final product. Regarding the use of chitosan- or alginate-based edible coatings, it was considered feasible to be applied in the dry-aging process. However, more studies are needed to address barrier properties adequately and include essential oils to improve microbiological and oxidative stability. The special bag was considered a good option, as there were lower losses, diminished the growth of the microorganisms, showed more intense red color at 28 days, and the tenderness was not affected if compared to the other treatments.

Keywords: Beef; Tenderness; Aging; Flavor; Edible coatings; Volatile compounds; Metabolites

INTRODUÇÃO

Com um rebanho de 213,68 milhões de cabeças, a pecuária brasileira registrou em 2019 um abate de 43,3 milhões de cabeças, ocupando a posição de maior produtor e maior exportador de carne bovina. Em 2020, o Brasil bateu dois recordes na exportação de carne bovina, em valor, saltou para a casa de US\$ 8,47 bilhões, e em volume foi para a casa de 2 milhões de toneladas pela primeira vez na história do setor (1). Segundo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC) as ações futuras do Projeto "Brazilian Beef" será voltada especificamente para a promoção da carne *gourmet* brasileira em mercados como Europa, países árabes e China (2).

Em geral, o mercado de alimentos é muito competitivo, sendo que a oferta de um produto com elevada qualidade pode reduzir a competição pelo preço, conferindo ao fornecedor a oportunidade de agregar mais valor a seu produto. Em muitos casos, um certo nível de qualidade constitui pré-requisito importante para consumidores com maior poder aquisitivo (3).

Uma das estratégias empregadas para a melhoria dos atributos sensoriais da carne é a maturação (4). Além de promover a maciez, durante a maturação são formados precursores de aroma e sabor, que na cocção da carne formam compostos voláteis e não voláteis, que conferem um perfil de sabor característico e distinto daquele referente à carne não maturada assada (4).

O aumento na maciez durante a maturação é atribuído a ação de enzimas, principalmente da ação das catepsinas e calpaínas. As catepsinas podem atuar na degradação da actina e miosina, enquanto que as calpaínas tem atividade proteolítica variada, atuando principalmente sobre as proteínas da linha Z (5). Essas mudanças levam a um "afrouxamento" da estrutura muscular, levando a uma queda da tensão isométrica, consequentemente aumentando a maciez da carne (3). A técnica de maturação consiste na estocagem de cortes cárneos, por um período de 7 a 21 dias, em temperaturas acima do ponto de congelamento da carne, ou seja, em torno de -1 a 2 °C (6).

A maturação pode ser realizada de duas maneiras: a maturação úmida (*wet aging*) na qual a carne é embalada a vácuo e armazenada sob refrigeração por um período de tempo, e a maturação a seco (*dry aging*), na qual o processo é realizado com a carne sem embalagem, sob condições controladas de tempo, temperatura, controle de ventilação e umidade relativa (7). Até o

desenvolvimento da embalagem a vácuo na década de 1960, a única opção para maturar a carne bovina era a maturação a seco (8). A partir dos anos 70, à medida que a embalagem a vácuo se tornou uma forma alternativa para o acondicionamento de carne bovina, primeiro nos Estados Unidos e então, internacionalmente, a maturação a seco foi substituída pela maturação úmida. A partir da década de 1980, bem mais de 90 % da carne bovina era comercializada dessa forma (9).

A maturação úmida atualmente é o método mais utilizado na indústria de carne, consistindo em acondicionar cortes cárneos desossados em embalagens a vácuo. Dentre as principais vantagens do processo, além do aumento da maciez, está a praticidade, facilidade de transporte e menores perdas de peso durante a maturação (10). Entre as desvantagens está a formação de exsudado e de sabores indesejáveis tais como sabor metálico, sabor de fígado, sangue e ácido láctico (11). Além disso, a cor mais escura enquanto está embalada a vácuo causa rejeição pelo consumidor (12).

A maturação a seco é uma técnica antiga, praticada em muitos países da Europa e nos Estados Unidos, e atualmente no Brasil tem sido produzida e comercializada por açougues especializados, como um produto que atende nichos de mercado. Porém, apresenta algumas desvantagens em relação ao processo úmido, pois por não possuir a proteção de uma embalagem, há muita perda de produto devido a taxa de encolhimento e perda de peso ocasionada pela perda de umidade durante a maturação, bem como na retirada de aparas (parte ressecada) do produto. Isto ocasiona um aumento considerável dos custos de produção e, conseqüentemente do preço final, por este motivo açougues especializados comercializam a carne maturada a seco como um produto *gourmet* (8,13). Sendo assim, a carne maturada a vácuo (úmido) é mais popular e de preço mais acessível, enquanto que a carne maturada a seco é direcionada para nichos de mercado, sendo realizada por um número menor de fornecedores, que atende principalmente varejistas do mercado *gourmet*.

Na maturação a seco ou *dry aging*, além de ocorrer o amaciamento da carne esperado neste processo, há o desenvolvimento de um sabor considerado como único, descrito como "sabor de maturação a seco", sendo o principal motivo para a produção desse produto (7, 8). Kim et al. (14) avaliaram as concentrações de diversos metabólitos em carnes maturadas por meio de espectroscopia por ressonância magnética nuclear (RMN), sendo relatado que

diversos aminoácidos foram encontrados em maior concentração em carnes maturadas a seco comparada as maturadas a vácuo (úmida), incluindo o glutamato que é relacionado ao gosto umami. Esses resultados indicam que a concentração de compostos relacionados ao sabor, como os aminoácidos, pode ser um dos fatores responsáveis pela diferença de sabor entre carnes maturadas a vácuo ou a seco.

Certamente as perdas por evaporação e retirada das aparas é um dos grandes problemas na produção de carne maturada a seco. Essas perdas de peso decorrentes da perda de umidade durante a maturação a seco variam normalmente entre 9 e 15 %, enquanto as perdas devido a maturação úmida variam entre 0,7 e 3 %. As perdas decorrentes das superfícies ressecadas (aparas), nas carnes maturadas a seco, podem chegar a 24 % (8, 10).

Atualmente é crescente a busca por novas estratégias para a produção de carne maturada a seco, com a finalidade de minimizar as perdas. Entre elas pode-se destacar o uso da embalagem de alta permeabilidade ao vapor de água, também conhecidas como *special bag*. Essa embalagem tem o objetivo de substituir o método de maturação a seco tradicional, mantendo as mesmas características sensoriais, visando minimizar variações durante o processo, contribuindo com a qualidade final do produto. O uso de uma embalagem altamente permeável ao vapor de água pode ser uma alternativa, pois ao mesmo tempo que não impede o processo de maturação a seco, pode diminuir as perdas ocasionadas na retirada das aparas, reduzindo o risco de contaminação microbiológica (7).

Ahnström et al. (7) comparou o método tradicional de maturação a seco sem embalagem e o processo em embalagem altamente permeável ao vapor de água, quanto a aspectos físico-químicos, microbiológicos e sensoriais, onde os resultados indicaram que a utilização de embalagem de alta permeabilidade aumentou o rendimento da peça e limitou a contaminação microbiológica sem alterar as características sensoriais do produto. Em outro estudo conduzido por Stenström et al. (13), sobre preferência do consumidor entre carnes maturadas a seco, a seco em embalagens permeáveis e maturação úmida, foi apontada a preferência pelos dois tipos de maturação a seco.

Uma outra alternativa para diminuição de perdas e para manutenção da qualidade em carnes maturadas a seco é o desenvolvimento e aplicação de filmes ou revestimentos a partir de materiais renováveis, como revestimento

comestível a base de polissacarídeos ou base proteica, como por exemplo, a quitosana. A quitosana é um polímero natural derivado do processo de desacetilação da quitina, que é tida como o segundo polissacarídeo mais abundante da natureza (15). Este material é de baixo custo, uma fonte renovável biodegradável, não tóxica, biofuncional e biocompatível e em sua maioria obtida dos resíduos da indústria pesqueira extraída do exoesqueleto de crustáceos como lagostas, caranguejos e camarões (16). Uma das características da quitosana é a presença de grupos amino livres, o que ocasiona o aumento da capacidade de reagir com várias moléculas, tornando o biopolímero com maior disponibilidade de grupos funcionais, podendo ser empregado tanto nas formas de pó, esferas ou filmes (17). Uma das suas principais propriedades é sua forte ação antimicrobiana e antifúngica (16- 17). Esses polímeros provocam a inibição do crescimento de microrganismos, como por exemplo a *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. pyogenes*, *S. aureus*, *S. faecalis*, *Shigella dysenteriae*, *Aeromonas hydrophila*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus cereus*, *coliformes*, *Pseudomonas fluorescens*, e *Candida*. A atividade antimicrobiana da quitosana é conferida por seus grupos aminos que, uma vez em contato com os fluidos fisiológicos, provavelmente são protonados e se ligam a grupos aniônicos desses microrganismos, resultando na aglutinação das células microbianas e ocasionam a inibição do crescimento (18).

A aplicação de quitosana tem sido estudada em carnes e produtos cárneos, tais como pescados (19), carne bovina moída (20) e carne bovina fresca (20, 21), onde foram relatados os efeitos antimicrobianos da quitosana, que inibiu o crescimento de bactérias deteriorantes, reduziu a oxidação lipídica e também resultou em melhores características sensoriais, tendo efeito no desenvolvimento da cor vermelha durante o armazenamento, no caso de carne bovina.

Outro polímero muito utilizado para a obtenção de revestimento comestível é o alginato de sódio. O alginato é um polissacarídeo de ocorrência natural, comercialmente extraído de espécies de algas marrons (22). O uso de alginatos como filmes em aplicações alimentícias tem aumentado nos últimos anos, principalmente devido a sua ação gelificante e espessante, que é resultado da capacidade de se complexar com íons de cálcio (Ca^{2+}) (23). Este polímero apresenta biodegradabilidade, biocompatibilidade e ausência de toxicidade (24).

Na indústria de alimentos, os alginatos são largamente utilizados como aditivos com a capacidade de aumentar a viscosidade, estabilizar, emulsificar e

gelificar soluções aquosas, por exemplo, em sorvetes e molhos para saladas (25).

Na literatura, muitos estudos são encontrados sobre filmes e revestimentos a base de alginato de sódio, na maioria para estender a vida pós-colheita de frutas e hortaliças. Laranjas minimamente processadas submetidas a revestimento de alginato (1 %), apresentaram menor perda de massa ao longo do período de armazenamento (26). Cachos de uva 'Itália' tratados com alginato (1 %) apresentaram menor perda de massa, manutenção da textura, menor intensidade de escurecimento e com boa aceitabilidade sensorial (27).

Alguns estudos em carnes e produtos cárneos também são relatados. Comaposada et al. (28) utilizaram filme de alginato como invólucro para carnes recheadas. Molayi et al. (29) observaram efeito antimicrobiano em revestimento de alginato incorporado de lactoperoxidase. Chidanandaiah et al. (30) utilizaram alginato no revestimento de bifes, armazenados por até 21 dias, sendo que foi observada uma diminuição nos valores de oxidação lipídica e contaminação microbiológica, sem alterar as características sensoriais.

Há vários trabalhos sobre a comparação entre a maturação a seco e úmida (31,32, 33,34, 8). Poucos relatam quais seriam os possíveis compostos de sabor responsáveis por tais diferenças. No Brasil, ainda são escassos os estudos científicos que definam a padronização do processo e a formação de compostos de sabor na maturação a seco (35). Portanto, a determinação de parâmetros para a maturação a seco e o desenvolvimento de alternativas que aumentem os ganhos de peso final do produto e ao mesmo tempo que limitem a contaminação microbiológica, como por exemplo, o uso de embalagens altamente permeáveis e uso de revestimentos comestíveis são de grande importância. Os resultados deste estudo poderão auxiliar o Brasil a ingressar no mercado de carnes *gourmet* e ao mesmo tempo garantir um produto de qualidade. Considerando a importância de estudos para preservação de carne bovina, este projeto propõe a utilização de embalagens e revestimentos comestíveis, com a finalidade de promover a conservação do produto, sem alterar as propriedades sensoriais da maturação a seco em carne bovina.

OBJETIVOS

Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tipo de maturação, e os efeitos da utilização de embalagem de alta permeabilidade ao vapor de água e revestimento de quitosana e alginato de sódio, nas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de carne bovina.

Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade da carne, perfil de aroma e preferência do consumidor de carne não maturada e maturada a seco de animais da raça Canchim.
- Avaliar a qualidade da carne, preferência do consumidor, perfil de compostos voláteis e análise de RMN-DT em carne bovina submetida a diferentes métodos de maturação.
- Avaliar o efeito do uso de diferentes embalagens na qualidade físico-química e microbiológica de carne bovina maturada a seco.
- Avaliar o efeito dos métodos de maturação úmido e a seco, a temperaturas de 2 °C e 7 °C, por 21 e 42 dias de maturação, sobre o perfil de metabólitos por ¹H-NMR e perfil de compostos voláteis por CG-EM.

REFERÊNCIAS

1. ABIEC- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne Beef. Beef Report Perfil da Pecuária no Brasil. 2020. [cited 2021 Jan 10] p. 49. Available from: <https://www.beefpoint.com.br/confira-o-beef-report-perfil-da-pecuaria-no-brasil-2020-da-abiec/>
2. ABIEC- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne]. Estatísticas - Balanço da pecuária. 2016 [cited 2016 Jan 10]. p. Available from: <http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=8>.
3. Gomide L A M, Ramos E M, Fontes PR. Ciência e qualidade da carne. Viçosa: UFV; 2013. 599 p.
4. Brewer S. The Chemistry of Beef Flavor - Executive Summary. Natl Cattlemen's Beef Assoc. 2007;16.
5. Ordóñez JA. Livro - Tecnologia de Alimentos: Alimentos de Origem Animal - Volume 2. Artmed; 2005. 280 p.
6. Judge MD. Principles of meat science. 1989. 417p.
7. Ahnström ML, Seyfert M, Hunt MC, Johnson DE. Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. Meat Sci. 2006;73(4):674–9.
8. Savell JW. Dry-Aging of Beef. Natl Cattlemen's Beef Assoc. 2008.
9. Beefpoint. Carne maturada a seco (dry-aged): tudo o que você precisa saber [Internet]. 2014. Available from: <https://www.beefpoint.com.br/aprenda-como-preparar-carne-maturada-a-seco-dry-aged-em-sua-casa/>
10. Warren KE, Kastner CL. A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. J Muscle Foods. 1992;3(2):151–7.
11. Stetzer AJ, Cadwallader K, Singh TK, McKeith FK, Brewer MS. Effect of enhancement and ageing on flavor and volatile compounds in various beef muscles. Meat Sci. 2008;79(1):13–9.

12. El-Din Ahmed Bekhit A, Morton JD, Bhat ZF, Kong L. Meat Color: Factors Affecting Color Stability. *Encycl Food Chem*. 2019 Jan 1;202–10.
13. Stenström H, Li X, Hunt MC, Lundström K. Consumer preference and effect of correct or misleading information after ageing beef longissimus muscle using vacuum, dry ageing, or a dry ageing bag. *Meat Sci*. 2014;96(1):661–6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.022>
14. Kim YHB, Kemp R, Samuelsson LM. Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Sci*. 2016;111:168–76.
15. Campos CA, Gerschenson LN, Flores SK. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food Bioprocess Technol*. 2011;4(6):849–75.
16. Azevedo VVC, Chaves SA, Bezerra DC, Lia Fook M V, Costa A. Quitina e quitosana: aplicações como biomateriais. *Rev eletrônica Mater e Process*. 2007;2(3):27–34.
17. Airoidi C. A relevante potencialidade dos centros básicos nitrogenados disponíveis em polímeros inorgânicos e biopolímeros na remoção catiônica. *Quim Nova*. 2008;31(1):144–53.
18. Silva HSRC, Santos KSCR dos, Ferreira EI. Quitosana: derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços. *Quim Nova*. 2006 Jul;29(4):776–85.
19. Nunes EMS. Efeito do revestimento de quitosana na vida útil de filé de pargo (*Lutjanus purpureus*) armazenados sob congelamento[Dissertação] Universidade Federal do Ceará; 2014. 69f.
20. Darmadji P, Izumimoto M. Effect of chitosan in meat preservation. *Meat Sci*. 1994;38(2):243–54.
21. Alves HC. Avaliação Do Efeito De Revestimentos Naturais Na

- Conservação De Carne Bovina Resfriada E Embalada a Vácuo.[Dissertação] Universidade Federal De São Carlos; 2015. 80f.
22. Senturk Parreidt T, Müller K, Schmid M. Alginate-Based Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications. *Foods*. 2018;7(10):170.
 23. Costa MJ, Marques AM, Pastrana LM, Teixeira JA, Sillankorva SM, Cerqueira MA. Physicochemical properties of alginate-based films: Effect of ionic crosslinking and mannuronic and guluronic acid ratio. *Food Hydrocoll*. 2018;81:442–8.
 24. Roopa BS, Bhattacharya S. Alginate gels: I. Characterization of textural attributes. *J Food Eng*. 2008;85(1):123–31.
 25. Garcia-Cruz CH, Foggetti U, Da Silva AN. Alginato bacteriano: Aspectos tecnológicos, características e produção. *Quim Nova*. 2008;31(7):1800–6.
 26. Groppo VD, Spoto MHF, Gallo CR, Sarmento SBS. Efeito do cloreto de cálcio e da película de alginato de sódio na conservação de laranja “Pera” minimamente processada. *Ciência e Tecnol Aliment*. 2009;29(1):107–13.
 27. Miguel ACA, Dias JRPS, Albertini S, Spoto MHF. Pós-colheita de uva “Itália” revestida com filmes à base de alginato de sódio e armazenada sob refrigeração. *Ciência e Tecnol Aliment*. 2009;29(2):277–82.
 28. Comaposada J, Marcos B, Bou R, Gou P. Influence of surfactants and proteins on the properties of wet edible calcium alginate meat coatings. *Food Res Int*. 2018 Jun 1;108:539–50.
 29. Molayi R, Ehsani A, Yousefi M. The antibacterial effect of whey protein-alginate coating incorporated with the lactoperoxidase system on chicken thigh meat. *Food Sci Nutr*. 2018 Jun;6(4):878–83.
 30. Chidanandaiah, Keshri RC, Sanyal MK. Effect of sodium alginate coating with preservatives on the quality of meat patties during refrigerated ($4 \pm 1^\circ\text{C}$)

- storage. *J Muscle Foods*. 2009;20(3):275–92. <http://dx.doi.org/abs/10.1111/j.1745-4573.2009.00147.x>
31. Parrish FC, Boles JA, Rust RE, Olson DG. Dry and wet aging effects on palatability attributes of beef loin and rib steaks from three quality grades. *J Food Sci*. 1991;56(3):601–3.
 32. Dikeman ME, Obuz E, Gök V, Akkaya L, Stroda S. Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef *Longissimus lumborum* steaks. *Meat Sci*. 2013;94(2):228–33.
 33. Li X, Babol J, Wallby A, Lundström K. Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef *gluteus medius* aged in a dry ageing bag or vacuum. *Meat Sci*. 2013;95(2):229–34.
 34. Li X, Babol J, Bredie WLP, Nielsen B, Tománková J, Lundström K. A comparative study of beef quality after ageing *longissimus* muscle using a dry ageing bag, traditional dry ageing or vacuum package ageing. *Meat Sci*. 2014 Aug 1;97(4):433–42.
 35. Bernardo AP da S, Silva ACM da, Francisco VC, Ribeiro FA, Nassu RT, Calkins CR, et al. Effects of freezing and thawing on microbiological and physical-chemical properties of dry-aged beef. *Meat Sci*. 2020;161:108003.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho avaliou as características físico-químicas, microbiológicas, sensoriais, perfil de metabólitos e compostos voláteis de carne bovina submetida aos processos de maturação úmida e a seco, e maturação a seco com a utilização de embalagem permeável ao vapor de água ou com revestimento de quitosana e alginato de sódio.

O primeiro experimento (capítulo 1) refere-se a um estudo preliminar com maturação a seco. Foram comparadas amostras não maturadas com carne maturada a seco por 28 dias. Foram observadas mudanças na qualidade físico-química, como aumento da maciez e cor. As amostras apresentaram maior aceitação na análise sensorial e maior formação de compostos voláteis, indicando que o processo de maturação a seco pode ser considerado como uma alternativa viável para melhorar a qualidade sensorial da carne bovina.

O segundo experimento (capítulo 2), em um estudo comparou-se a maturação úmida, a seco com e sem osso e *special bag*, foi observado que o método tradicional de maturação úmida apresentou maior rendimento no final do processo, como esperado. Em relação a maturação a seco as amostras *special bag* e a seco com osso apresentaram menor perda por evaporação ao final do processo. A maturação proporcionou o aumento na maciez em todos os tratamentos, no entanto não houve diferença entre os métodos a seco e úmido para a maciez. Na análise de compostos voláteis as amostras de maturação a seco apresentaram maior número de compostos voláteis de sabor. No entanto, os tratamentos de maturação não apresentaram diferença na preferência. Neste capítulo, a análise de RMN – DT mostrou-se promissora para identificação do tipo de maturação, porém estudos com maior número de repetições e em outros tempos de maturação são recomendados.

No terceiro experimento (capítulo 3) foi avaliado o efeito do uso de embalagens como uma alternativa para melhorar parâmetros do processo de maturação a seco. A utilização de uma embalagem de alta permeabilidade ao vapor de água (*special bag*) mostrou-se a melhor opção neste estudo, pois contribuiu com a redução de perdas e menor crescimento de microrganismos. A utilização de filmes de revestimentos para a maturação a seco é promissora, no entanto, sugere-se em estudos futuros a adição de compostos ativos, como por exemplo o uso de óleos essenciais, aos filmes para aumentar as propriedades

antimicrobianas e antioxidantes e também para alterar a permeabilidade ao vapor de água dos revestimentos. Outra possibilidade seria a combinação entre *special bag* e revestimento.

O quarto experimento compreende as análises dos capítulos 4 e 5, em amostras de maturação úmida e a seco, maturadas por 21 ou 42 dias em duas temperaturas. Foram obtidos o perfil de metabólitos por H-RMN e o perfil de compostos voláteis por CG-EM. Foram observadas diferenças na formação dos perfis de metabólitos e voláteis, indicando que a formação do sabor na carne maturada pode ser diferente dependendo do processo.

CONCLUSÃO GERAL

Os resultados obtidos neste estudo indicam que a maturação a seco é uma boa alternativa para melhorar a qualidade da carne e agregar valor ao produto final. No entanto, os resultados da tese e os achados da literatura mostram que o sabor é um atributo complexo para ser avaliado, e que os consumidores no geral ainda não estão familiarizados com as características sensoriais da carne maturada a seco. Mais estudos são necessários para compreender a dinâmica do sabor em carne maturada a seco, como estudos com análise de compostos voláteis, análises olfatométricas e análise sensorial com painel treinado. A aplicação de revestimentos de quitosana e alginato tem potencial para ser utilizada no processo de maturação a seco, no entanto são necessários mais estudos para adequar a formulação, em relação a permeabilidade ao vapor de água e as propriedades antioxidante e antimicrobiana dos revestimentos.