



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Luiza Tiemi Morikawa

Carne *dry-aged*: caracterização microbiológica, físico-química e reológica.

Florianópolis

2024

Luiza Tiemi Morikawa

Carne *dry-aged*: caracterização microbiológica, físico-química e reológica.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Juliano De Dea Lindner, Dr.

Florianópolis

2024

Morikawa, Luiza Tiemi

Carne dry-aged: caracterização microbiológica, físico-química e reológica. / Luiza Tiemi Morikawa ; orientador, Juliano De Dea Lindner, 2024.

55 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2. Segurança dos alimentos. 3. Controle de qualidade. 4. Cultura iniciadora. 5. Bactérias ácido lácticas. I. Lindner, Juliano De Dea. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

Luiza Tiemi Morikawa

Carne *dry-aged*: caracterização microbiológica, físico-química e reológica.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovado em sua forma final pelo Curso Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Florianópolis, 19 de junho de 2024.

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof. Juliano De Dea Lindner, Dr.

Orientador

Prof. César Damian, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Giustino Tribuzi, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2024.

Este trabalho é dedicado à minha querida família e ao meu noivo

AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar agradecendo à Deus e Meishu-Sama por tudo o que sou, estou, tenho e tive o privilégio de vivenciar durante minha vida. Além disso, agradeço à minha família, pois, sem eles a realização desse sonho não estaria se tornando real, mas muito mais do que a parte financeira quero agradecer por cada ensinamento e por todo o apoio que vocês me dão, por se fazerem sempre presentes e serem tão atenciosos, não tenho palavras para transmitir minha gratidão à vocês, Rodney, Lucélia e Pedro.

Ao meu noivo e futuro marido, por todo amor, paciência e resiliência que teve durante os últimos meses e por ser meu porto seguro. Você é a pausa para tomar fôlego em uma corrida e tenho certeza de que escolhi a pessoa certa para compartilhar a vida.

Agradeço ao meu professor e orientador, pela confiança em poder fazer parte deste projeto, por todo o suporte e orientação ao longo de seu desenvolvimento. Assim como o CNPQ e à direção do restaurante Entre Cortes por auxiliarem no andamento do projeto e por nos fornecer as amostras. Agradeço também ao LABCAL e todos os professores responsáveis que me auxiliaram.

Aos meus colegas de faculdade e, sobretudo de laboratório que deixarão muita saudade, foi um prazer enorme trabalhar com todos vocês, Ivan e Ana. Obrigada.

E por fim, mas não menos importante, agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina por ser uma mãe e uma grande escola, que me ensinou muitas coisas e abriu meus horizontes, que me fez desejar ainda mais tornar o mundo um local melhor. É uma honra poder ter feito parte de uma organização tão importante para a pesquisa brasileira, também, gostaria de agradecer à coordenação do curso por estarem sempre prestativos e presentes, se não fossem vocês eu teria desistido há muito tempo, meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigada!

(...) “O estudo desenvolve a inteligência humana, formando, até certo ponto, uma base, que corresponde ao alicerce de uma construção. É sobre esse alicerce que se ergue uma nova construção” (...).

(Mokiti Okada, 1950).

RESUMO

A maturação de carne a seco ou, do inglês, *dry-aging*, foi amplamente utilizada no passado antes da popularização da maturação por via úmida. Atualmente, a maturação úmida é a mais utilizada na indústria por ser mais econômica com relação ao rendimento em peso e requerer menor controle e tempo de processo. Porém, nos Estados Unidos, Austrália e em alguns países da Ásia e Europa a procura pela carne maturada a seco tornou-se um mercado muito atraente, já que este produto possui estrutura, sabor e aromas diferenciados quando comparados a carne maturada via úmida. No Brasil, cada vez mais consumidores procuram e percebem neste produto valor agregado. Porém, não existe nacionalmente legislação específica para regulamentar a produção e comercialização de carne maturada a seco, sendo muito variáveis os parâmetros tecnológicos utilizados na obtenção destes produtos, o que representa risco para o consumidor. O presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade de carne bovina maturada a seco durante 49 dias através de ensaios físico-químicos, microbiológicos e reológicos. Na pesquisa foi utilizado um lombo selecionado de gado da raça europeia, com idade em torno de 36 meses, maturado por 49 dias sob controle de umidade e temperatura. Foi observado um aumento nos microrganismos aeróbios mesófilos e nas bactérias ácido lácticas psicrotólicas, além de uma redução das bactérias potencialmente patogênicas. Além disso, mostrou constância no pH, sem apresentar rancidez oxidativa até o 49º dia de maturação. Microrganismos cultiváveis foram isolados e as suas aptidões tecnológicas serão avaliadas em trabalho futuro para potencial uso posterior como microrganismos iniciadores de processo. Os resultados obtidos contribuem para o desenvolvimento de critérios microbiológicos, físico-químicos e de textura que auxiliem no controle e na identificação da qualidade da carne maturada a seco.

Palavras-chave: indústria da carne, segurança dos alimentos, legislação de produtos cárneos, controle de qualidade, cultura iniciadora, bactérias ácido lácticas, fungi.

ABSTRACT

Dry aging of meat was widely used before the popularization of wet aging. Currently, wet ripening is the most used in the industry because it is more economical regarding weight yield and requires less control and process time. However, in the United States, Australia, and some countries in Asia and Europe, the demand for dry-aged meat has become a very attractive market since this product has a different structure, flavour, and aroma when compared to wet-aged meat. In Brazil, more and more consumers are searching for and valuing this product. However, Brazil has no specific legislation for producing dry-aged meat, and the technological and microbiological parameters used to obtain these products are very variable, representing a risk for the consumer. The present study aimed to quantify and establish production parameters for dry-aged beef, aiming at its efficiency and safety, as well as to contribute to developing microbiological, physicochemical, and texture criteria that assist in the control and identification of the quality of dry-aged beef. A selected loin from European breed cattle, approximately 36 months old, was aged for 49 days under controlled humidity and temperature. An increase in mesophilic aerobic microorganisms and psychrotrophic lactic acid bacteria were observed, along with a reduction in potentially pathogenic bacteria. There was also a constant pH, without showing oxidative rancidity until the 49th day of ripening. Cultivable microorganisms were isolated, and their technological aptitudes will be evaluated in future work for potential use as starter cultures. The results contribute to the development of microbiological, physical-chemical, and texture criteria that assist in the control and identification of the quality of dry-aged meat.

Keywords: Meat industry, food safety, meat legislation, quality control, starter culture, lactic acid bacteria, fungi.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema das alterações da coloração da carne a partir da conversão da mioglobina	30
Figura 2 - Levedura ao microscópio ótico (aumento 100x) isolada da amostra maturada por 35 dias.....	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Substratos transformados por reações químicas em características sensoriais na carne pelo cozimento	24
Quadro 2 - Compostos voláteis presentes na carne <i>dry-aged</i> cozida	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análises microbiológicas.....	33
Tabela 2 - Análises microbiológicas em log UFC.g-1 ± desvio padrão da carne <i>dry-aged</i> maturada ao longo de 49 dias.	40
Tabela 3 - Análises físico-químicas na carne <i>dry-aged</i>	45
Tabela 4 - Análise de perfil de textura nos tempos 35 e 49 dias de maturação da carne <i>dry-aged</i>	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BAL – Bactéria Ácido Lática

PCA – Plate count agar

TBX – Triptona Bile Glucurônico

VRBG – Vermelho Violeta Bile com Glicose

MRS – Man, Rogosa and Sharpe

DRBC – Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicol

BP – Baird Parker

TSC – Triptose Sulfito Cicloserina

BPW – Água Peptonada Tamponada

PEP – Água Peptonada

BHI – Infusão Cérebro e Coração

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	OBJETIVO GERAL.....	20
1.1.1	Objetivos específicos.....	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	BIOQUÍMICA DA CARNE	21
2.2	MATURAÇÃO DE CARNES	21
2.3	HISTÓRICO DA MATURAÇÃO DE CARNES NO MUNDO	22
2.4	TÉCNICAS DE MATURAÇÃO.....	22
2.5	MATURAÇÃO A SECO OU <i>DRY-AGED</i>	23
2.6	QUALIDADE DA CARNE MATURADA A SECO E FATORES QUE A INFLUENCIAM.....	24
2.7	ASPECTOS DA CARNE <i>DRY-AGED</i>	29
2.8	SEGURANÇA DO ALIMENTO: CARNE <i>DRY-AGED</i>	31
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	MATÉRIA-PRIMA E PREPARO DO PRODUTO.....	32
3.2	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	32
3.2.1	Preparo das amostras	32
3.2.1.1	<i>Microrganismos mesófilos e psicrotróficos</i>	33
3.2.1.2	<i>Escherichia coli</i>	34
3.2.1.3	<i>Bactérias da família das Enterobacteriaceae</i>	34
3.2.1.4	<i>Bactérias ácido lácticas e bactérias ácido lácticas psicrotróficas</i>	34
3.2.1.5	<i>Bolores e Leveduras</i>	35
3.2.1.6	<i>Staphylococcus coagulase positiva</i>	35
3.2.1.7	<i>Clostridium Sulfito Redutor</i>	35
3.2.1.8	<i>Listeria monocytogenes</i>	36
3.2.1.9	<i>Samonella sp.</i>	36
3.3	ISOLAMENTO DE MICRORGANISMOS	36
3.4	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	37
3.4.1	pH.....	37
3.4.2	Atividade de água	37
3.4.3	Rancidez oxidativa e índice de peróxidos	37

3.4.4	Teor de sal	38
3.5	ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA	38
3.6	TRATAMENTO ESTATÍSTICO	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	39
4.1.1	Microrganismos mesófilos e psicrotróficos	40
4.1.2	<i>Escherichia coli</i>	41
4.1.3	Bactérias da família das Enterobacteriaceae	41
4.1.4	Bactérias ácido lácticas e bactérias ácido lácticas psicrotróficas.....	42
4.1.5	Bolores e Leveduras.....	42
4.1.6	<i>Staphylococcus coagulase positiva</i>	43
4.1.7	<i>Clostridium sulfito redutor</i>	43
4.1.8	<i>Listeria monocytogenes</i>	43
4.1.9	<i>Salmonella sp</i>	43
4.2	ISOLAMENTO DE MICRORGANISMOS	44
4.3	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	44
4.3.1	pH.....	44
4.3.2	Atividade de água	45
4.3.3	Rancidez oxidativa e índice de peróxidos	45
4.3.4	Teor de sal	46
4.4	ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA	46
5	CONCLUSÃO.....	48
	REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A maturação é um processo tecnológico utilizado para conservar a carne e, também, melhorar a maciez, o aroma e a suculência do produto (Campbell *et al.*, 2001). Dois métodos principais são reconhecidos e utilizados: maturação por via úmida, onde a carne é embalada à vácuo e armazenada em refrigeração com temperatura controlada por um período de tempo determinado; maturação por via seca ou, do inglês *dry-aged*, onde a carne é maturada sem embalagem, armazenada em refrigeração, com parâmetros de temperatura, umidade relativa e ventilação controladas em câmara de maturação, comumente por 28 dias (Lee *et al.*, 2017). Estes requisitos de controle tornam a maturação a seco um processo tecnológico que requer maior gestão comparado com a maturação úmida.

Tradicionalmente, o procedimento de maturação a seco foi empregado por organizações como um método de preservação e como um agente de amaciamento da carne; entretanto, com a introdução da maturação úmida, tal procedimento tornou-se menos comum devido aos custos mais elevados associados ao tempo e aos controles de processo requeridos (Dashdorj *et al.*, 2016). Conforme apontado por Warren e Kastner (1992), aspectos como praticidade, maior rendimento e vida útil prolongada do produto impulsionaram a aceitação da maturação úmida.

No entanto, atualmente, a carne maturada a seco vem ganhando espaço de destaque no mercado, que busca atender uma demanda cada vez mais exigente por qualidade e que está disposto a pagar um preço mais alto por este tipo de produto. A alta procura por carnes especiais no Brasil tem direcionado estabelecimentos comerciais, como abatedouros frigoríficos, açougues e restaurantes a produzirem carnes maturadas a seco, mesmo havendo a falta de legislações específicas que as regulamentem (Souza *et al.*, 2021).

A diferenciação de consumo vem ocorrendo porque a carne maturada a seco tem um ganho expressivo na maciez, aroma, sabor e suculência que é atribuído ao tempo de maturação, ou seja, quanto maior for este período, maior será o ganho destes atributos sensoriais (Hulánková *et al.*, 2018). As características de qualidade da carne bovina que influenciam, em ordem de preferência, na decisão de compra do consumidor são: cor, maciez, sabor e suculência. A maciez é um dos quesitos que mais apresenta variabilidade e se destaca como o principal fator de palatabilidade no momento do consumo, tendo papel decisivo na satisfação e recompra (Gomide *et al.*, 2013).

O aumento da qualidade reológica e sensorial da carne maturada a seco deve-se, principalmente, a processos enzimáticos que ocorrem durante a maturação. O processo de

maturação a seco, quando devidamente controlado, demonstrou, através dos estudos, ser um método capaz de reduzir a quantidade de patógenos potencialmente presentes na carne, fazendo com que essa técnica seja estudada também para melhorar o status de segurança do alimento (Savell, 2008).

No Brasil e no mundo, a fabricação de produtos de origem animal com técnicas artesanais vem sendo cada vez mais aplicada, sendo a produção de carne maturada a seco um destes exemplos. De acordo com o Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (Brasil, 2023), a carne bovina maturada a seco caracteriza-se como uma “inovação em processo de fabricação”, e ainda definiu: maturação de carne bovina em corte na ausência de embalagem, acondicionada sob refrigeração em câmara fria por 21 a 45 dias a fim de que todas as superfícies do corte fiquem em contato com a circulação do ar, sendo este e outros parâmetros controlados. A Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola do Estado de Santa Catarina (CIDASC), tendo em vista o documento emitido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), emitiu em 2022 uma Nota Técnica solicitando esclarecimentos à vista da produção de carnes com maturação *dry-aged*. No documento o órgão reforça a importância do processo tecnológico nas características sensoriais do produto e leva em consideração os parâmetros descritos pelo DIPOA, afirmando que esta inovação traria resultados positivos para a indústria de carnes. No entanto, declara necessário estudos mais aprofundados e legislações próprias que ditem os procedimentos corretos de qualidade, segurança do alimento e que atendam os direitos básicos do consumidor.

Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade de carne bovina maturada a seco durante 49 dias através de ensaios físico-químicos, microbiológicos e reológicos.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a qualidade de carne bovina maturada a seco durante o processo através de ensaios físico-químicos, reológicos e microbiológicos. Isolar culturas microbianas para posterior uso como iniciadoras do processo fermentativo e de maturação.

1.1.1 Objetivos específicos

- Maturar em câmara de maturação, por via seca, carne bovina, por 49 dias sob controle de umidade e temperatura;
- Estudar e quantificar, através de análises microbiológicas, a microbiota existente na carne *in natura* (tempo zero de maturação) e ao longo dos tempos 21, 35 e 49 dias de maturação;
- Verificar fatores físico-químicos como pH, atividade de água, rancidez oxidativa, índice de peróxidos e teor de sal nos tempos 0, 21, 35 e 49 dias de maturação;
- Analisar o perfil de textura da carne maturada a seco no decorrer da maturação;
- Isolar microrganismos potenciais iniciadores de processo nos tempos de maturação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BIOQUÍMICA DA CARNE

Durante o processo post-mortem, a carne passa por transformações bioquímicas que desenvolvem as características de uma carne maturada. Esse processo envolve diversos sistemas proteolíticos intracelulares, com destaque para a família de enzimas calpaínas, que são cisteína proteases (Ouali *et al.*, 2013; Lonergan *et al.*, 2010). Para o funcionamento adequado das calpaínas, íons de cálcio são necessários, atuando de forma satisfatória em um pH fisiológico. Existem duas isoformas principais de calpaínas: μ -calpaína e m-calpaína, que, na presença de cálcio, são ativadas e hidrolisam proteínas miofibrilares e outras, como titina, nebulina, filamina, desmina e troponina-T, localizadas no citoesqueleto, resultando no amaciamento da carne. No entanto, um inibidor chamado calpastatina também está presente, impedindo a ação das calpaínas e, conseqüentemente, reduzindo a maciez (Lonergan *et al.*, 1996). Como o pH muscular é acidificado após a morte do animal, a μ -calpaína sozinha não é o único fator determinante do amaciamento da carne (Kim *et al.*, 2018).

Uma vez que o animal passa pela sangria, cessa o aporte de oxigênio e nutrientes pela corrente sanguínea, isso leva à morte das células musculares, ou seja, apoptose. Neste processo existe outro grupo de enzimas envolvidas, conhecidas como caspases (Kemp *et al.*, 2006). Elas nada mais são do que proteases aspartato dependentes de cisteína e sugere-se que elas contribuem para a quebra das proteínas miofibrilares no processo post-mortem ocasionando conseqüentemente a maciez desejada da carne (Ouali *et al.*, 2006).

2.2 MATURAÇÃO DE CARNES

A maturação da carne é essencial para o amaciamento e melhoria dos aspectos sensoriais do produto final. De acordo com Puga, Contreras e Turnbull (1999), esse processo envolve o controle preciso da temperatura. Sob uma perspectiva bioquímica, Andrighetto *et al.* (2006) destacam a ação das enzimas endógenas da carne mencionadas anteriormente, como calpaínas e catepsinas, sobre as proteínas miofibrilares, promovendo a hidrólise e conseqüente amaciamento. Vários fatores, como a raça do animal, o tempo de maturação, o odor e o sabor, influenciam a aceitação do produto pelo consumidor (Monsón, Sañudo e Sierra, 2005).

2.3 HISTÓRICO DA MATURAÇÃO DE CARNES NO MUNDO

Inicialmente, o processo de maturação de carnes era realizado com as carcaças inteiras, sem embalagem, acondicionadas em câmaras de refrigeração por um período de uma a cinco semanas, visando a melhoria das propriedades sensoriais. Esse método ficou conhecido como “envelhecimento a seco” ou “*dry-aged*”. Na década de 1970, diversos pesquisadores observaram um aumento na maciez obtida pela maturação *dry-aged*. No entanto, em 1960, o processo por via úmida, que envolve a maturação da carne em porções embaladas a vácuo, ascendeu nos Estados Unidos e, posteriormente, em outros países, destacando-se no mercado devido ao maior rendimento financeiro e à versatilidade no armazenamento e transporte. A maturação, então, está intimamente ligada à evolução das técnicas de embalagem (Warren e Kastner, 1992; Savell, 2008).

Atualmente, a carne maturada a seco mantém a mesma essência de tempos passados, porém com parâmetros mais rigorosos, como controle da umidade relativa do ar das câmaras de maturação e temperatura. Esse método vem se popularizando tanto entre os produtores, devido ao seu alto valor agregado, quanto entre os consumidores, que buscam uma experiência sensorial distinta. No entanto, pesquisas estão sendo conduzidas globalmente para estabelecer regulamentações e critérios para esse tipo de maturação, os quais ainda não existem (Coton *et al.*, 2024).

2.4 TÉCNICAS DE MATURAÇÃO

Na maturação por via úmida, os cortes de carne são acondicionados em embalagens seladas a vácuo, onde enzimas próprias atuam sobre os lipídios e proteínas, proporcionando maciez e suculência ao produto. As embalagens são utilizadas como uma proteção contra deterioração e permitem a retenção de água quando armazenada por 3 a 83 dias (Kim *et al.*, 2018). No entanto, a eficácia da maturação por esta metodologia só pode ser comprovada quando se tem um binômio de pressão e temperatura (1 a 4°C) reduzidas. Este tipo de maturação é o mais difundido no mercado global atualmente, sua vida de prateleira estendida, menor espaço para produção e versatilidade durante o transporte são algumas das vantagens, embora desvantagens sensoriais também estejam presentes podendo ser um problema neste tipo de maturação (Cheng *et al.*, 2023; Terjung, Witte e Heinz, 2021).

Já na maturação por via seca, os cortes primários são acondicionados na ausência de embalagem, em temperaturas entre -1 e 3°C. É necessário um controle mais rígido nesse

processo, devido à influência direta de fatores como temperatura, velocidade do ar, umidade relativa e tipo de corte da carne, que afetam o resultado final, além de influenciarem no desenvolvimento ou inibição dos microrganismos e na minimização da perda de peso (Kim, Kemp e Samuelsson, 2016; Savell, 2008). Os consumidores atribuem a maciez como aspecto principal da carne *dry-aged*, junto com sabor e suculência. Existem desvantagens principalmente relacionadas às perdas ao longo da secagem, incluindo a remoção da crosta formada ao longo do processo e sobretudo o custo de produção; tudo isso é revertido em valores mais altos na comercialização (Terjung, Witte e Heinz, 2021).

2.5 MATURAÇÃO A SECO OU *DRY-AGED*

Ao longo da maturação a seco ocorre a secagem da superfície da carne por evaporação, onde na fase inicial da maturação a água livre presente no interior é eliminada por convecção resultando na formação de uma crosta no exterior da carne. A taxa de secagem pode variar de acordo com a umidade relativa e velocidade do ar, temperatura e o tamanho da peça de carne. Posteriormente, à medida que a água é eliminada, uma crosta se forma na superfície e o mecanismo de secagem passa a ser por difusão; além da película formada auxiliar no impedimento da difusão de bactérias deteriorantes, consequentemente com o decorrer do tempo de maturação o fluxo de água evaporada diminui (Ribeiro *et al.*, 2021; Lewicki, 2004).

De acordo com a literatura, as condições ideais para que a maturação ocorra dependem da temperatura, tempo, umidade relativa e fluxo de ar. Uma luz UV contínua é acoplada na unidade de tratamento de ar onde este é resfriado nas câmaras onde as carnes ficam acondicionadas. A temperatura pode variar entre -1 e 4,3 °C e a umidade relativa entre 40 e 88% (Coton *et al.*, 2024; Brischof *et al.*, 2023; Gowda *et al.*, 2022; Oh, 2019; Ribeiro *et al.*, 2021; Ribeiro *et al.*, 2023).

Por ser a carne, predominantemente composta por água (70%), há uma perda considerável de peso durante a aplicação tecnológica, além da remoção necessária da camada externa seca, acarretando um aumento no valor do produto final. Embora se tenha um ganho na maciez, ela não é uma característica ímpar do envelhecimento a seco uma vez que isto se dá pela já citada ação das enzimas endógenas presentes no músculo. Em contrapartida, a concentração de sabor e o desenvolvimento de novos sabores podem ser considerados atributos intrínsecos da carne maturada a seco, uma consequência de alguns fatores como a perda de água, ação das enzimas e do metabolismo dos microrganismos presentes, assim,

lipídios e proteínas são degradados e novas combinações são formadas, por isso, a carne apresenta um *flavour* característico que varia de acordo com o consumidor, mas muitos dizem remeter a queijo e nozes (Savell e Gehring, 2018; Cheng *et al.*, 2023).

2.6 QUALIDADE DA CARNE MATURADA A SECO E FATORES QUE A INFLUENCIAM

Diversos estudos elucidam os fatores que são alterados com a maturação a seco da carne bovina. Segundo a literatura, o tempo de maturação é o parâmetro mais controlável e o amaciamento da carne é mais acentuado no produto predominantemente nas primeiras duas semanas (Terjung, Witte e Heinz, 2021).

Certos compostos ativos de aroma são característicos da carne e seus derivados. Segundo Cheng *et al.* (2023), o conteúdo total de aminoácidos livres atinge seu máximo em 14 dias de maturação a seco. Isto pode ser resultado da concentração dos compostos da carne pela evaporação da água presente nela, e também pelas enzimas proteolíticas que clivam as proteínas em peptídeos e aminoácidos livres. Dependendo do tipo de aminoácido liberado, o sabor e aroma podem ser modificados no cozimento por reação de Maillard ou degradação de Strecker (Kim, Kemp e Samuelsson, 2016; Nishimura e Kato, 1988), como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Substratos transformados por reações químicas em características sensoriais na carne pelo cozimento

Substrato	Característica
Alanina, glicina, glicose, glutamina, lactato, metionina e succinato	Doçura
Fenilalanina, isoleucina, leucina, tirosina, triptofano e valina	Amargor
Ácido aspártico, ácido glutâmico, asparagina, histidina, lactato e succinato	Acidez
Ácido aspártico e ácido glutâmico	Salgado
Aspartato, cisteína, glutamato, metionina	Umami

Fonte: A autora, (2024). Adaptado de: Nishimura e Kato, (1988).

Estes metabólitos servem de substrato para as reações químicas que ocorrem ao longo da maturação, proporcionando características sensoriais positivas (Quadro 1) esperadas pelos

apreciadores deste tipo de carne. Consumidores afirmam perceber um sabor umami ou mais saboroso do que a carne maturada a úmido, consequência do aumento no teor de glutamato presente (Kim, Kemp e Samuelsson, 2016). Em geral, o *flavour* é intensificado pelos ácidos e álcoois. Quando comparada à maturação a úmido, pode-se afirmar que a carne *dry-aged* se caracteriza por um teor elevado de metabólitos. Isto ocorre devido à concentração dos constituintes durante o cozimento da carne maturada. Aproximadamente 30 compostos voláteis são encontrados, incluindo ácidos, álcoois, aldeídos, ésteres, cetonas, taxanos, alcenos e açúcares, dispostos no Quadro 2, juntamente com o odor característico de cada composto encontrados no The good Scents Company Information System (2018) (Kim, Kemp e Samuelsson, 2016; Cheng *et al.*, 2023).

Quadro 2 - Compostos voláteis presentes na carne *dry-aged* cozida.

Grupo	Composto volátil	Odor	Referência
Aldeídos	Acetaldeído	Pungente, frutado	(Kerth <i>et al.</i> , 2023; O'Quinn <i>et al.</i> , 2015)
	Benzaldeído	Amêndoa, doce, amarga, cereja.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Kerth <i>et al.</i> , 2023; O'Quinn <i>et al.</i> , 2015; Utama <i>et al.</i> , 2020)
	Hexanal	Fresco, gorduroso, grama, frutado.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Haddad <i>et al.</i> , 2022; Kerth <i>et al.</i> , 2023)
	Heptanal	Aldeídico, ozônio, grama.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Kerth <i>et al.</i> , 2023; O'Quinn <i>et al.</i> , 2015)
	Nonanal	Rosa, ceroso, cítrico, floral.	(Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Haddad <i>et al.</i> , 2022; O'Quinn <i>et al.</i> , 2015; Utama <i>et al.</i> , 2020)
	Octanal	Floral, gorduroso, cítrico, ceroso.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Haddad <i>et al.</i> , 2022; Kerth <i>et al.</i> , 2023)
	2-Metil-butanal	Mofado, cacau, café, nozes, maltado, frutado, doce, torrado.	(Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Haddad <i>et al.</i> , 2022; Kerth <i>et al.</i> , 2023; O'Quinn <i>et al.</i> , 2015)
	3-Metil-butanal	Etéreo, chocolate, pêssego, gorduroso, azedo, pão torrado, frutado, fermentado, flocos de Milho.	(Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Haddad <i>et al.</i> , 2022; Kerth <i>et al.</i> , 2023; O'Quinn <i>et al.</i> , 2015)
	Decanal	Doce, ceroso, gorduroso, sabonete, raspas de laranja, cítrico, floral.	(Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Haddad <i>et al.</i> , 2022; O'Quinn <i>et al.</i> , 2015)
	Hexadecanal		(Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Haddad <i>et al.</i> , 2022)

	Tetradecanal	Gorduroso, ceroso, âmbar, incenso, casca de frutas cítricas e secas, almíscar.	(Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Haddad <i>et al.</i> , 2022)
Alcoóis	1-Hexanol	Etéreo, Óleo, Álcool, Verde, Frutado, Doce, Amadeirado, Floral.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Haddad <i>et al.</i> , 2022; Gredell <i>et al.</i> , 2018)
	1-Octanol	Ceroso, Verde, Laranja, Aldeídico, Rosa, Cogumelo, Cítrico.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Haddad <i>et al.</i> , 2022)
	2-etil-1-hexanol	Cítrico, Fresco, Floral, Oleoso, Doce.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Kerth <i>et al.</i> , 2023)
	3-metil-1-butanol	Óleo, Álcool, Frutado, Banana, Uísque, Amêndoa, Doce.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Bernardo <i>et al.</i> , 2020)
	Etanol	Forte, Álcool, Etéreo, Medicinal.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Haddad <i>et al.</i> , 2022; Kerth <i>et al.</i> , 2023)
	Heptan-1-ol	Mofado, Folha, Amadeirado, Peônia, Violeta, Grama, Doce.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Bernardo <i>et al.</i> , 2020)
	Oct-1-en-3-ol	Cogumelo, terroso, verde, óleo, frango cru.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Bernardo <i>et al.</i> , 2020)
	Pentanol	Óleo, doce, balsamina, hortelã química.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Kerth <i>et al.</i> , 2023)
Ácido	Ácido hexanóico	Azedo, gordo, suor, queijo.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Kerth <i>et al.</i> , 2023; Utama <i>et al.</i> , 2020; Bernardo <i>et al.</i> , 2020)
Ésteres	Acetato de etila	Etéreo, frutado, doce, grama, verde.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Bernardo <i>et al.</i> , 2020)
	Ácido benzenodicarboxílico		(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Haddad <i>et al.</i> , 2022)

Taxanos	Decano		(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Bernardo <i>et al.</i> , 2020)
	Pentadecano	Ceroso, cera suave.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Bernardo <i>et al.</i> , 2020)
Cetonas	2-Heptanona	Frutado, picante, doce, grama, coco, amadeirado, canela, sabonete.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Gredell <i>et al.</i> , 2018)
	2,3-Pentanodiona	Acre, doce, manteiga, caramelo, cremoso, nozes, queijo.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Bernardo <i>et al.</i> , 2020)
	Acetoína (3-hidroxi 2-butanona)	Doce, manteiga, cremoso, laticínios, caramelo, gordura.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Haddad <i>et al.</i> , 2022; O'Quinn <i>et al.</i> , 2015)
	2-propanona	Solvente, etéreo, maçã, pera, queijo azul, frutado, acre.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Guimarães <i>et al.</i> , 2024; Haddad <i>et al.</i> , 2022; Kerth <i>et al.</i> , 2023)
	Butan-2,3-diona	Manteiga, forte, pungente.	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Kerth <i>et al.</i> , 2023; O'Quinn <i>et al.</i> , 2015; Gredell <i>et al.</i> , 2018)
Outros	Tolueno	Adocicado e pungente	(Cheng <i>et al.</i> , 2023; Haddad <i>et al.</i> , 2022; Utama <i>et al.</i> , 2020)

Fonte: A autora, (2024).

Um aumento na oxidação lipídica durante o processo de maturação da carne é observado. Este fenômeno pode ter um impacto prejudicial no sabor da carne. Outrossim, a oxidação afeta a descoloração da carne por meio da oxidação da mioglobina. A multiplicação microbiana pode contribuir para esse processo de despigmentação (Colle *et al.*, 2015; Cho *et al.*, 2018; Faustman e Cassenf 1990).

Conforme discutido anteriormente, durante o processo de maturação da carne *dry-aged*, a exposição contínua ao ar permite a colonização da superfície por diversas bactérias e fungos, isto é, a presença desses microrganismos é uma ação positiva para a maturação da carne. Entre os fungos predominantes nesse processo está o *Mucor flavus*. No estágio inicial da maturação, quando a carne possui um alto teor de umidade, observa-se a proliferação de fungos pertencentes ao filo *Mucoromycota*. Conforme a umidade da carne é reduzida, a crosta superficial é formada, com isso, esses fungos passam a ser predominantes quando comparados a outros como *Penicillium* sp. e *Aspergillus* sp., dentre os quais algumas espécies podem produzir metabólitos secundários (*extrolites*) tóxicos para os humanos (Ostrowski *et al.*, 2023; Dave e Ghaly, 2011).

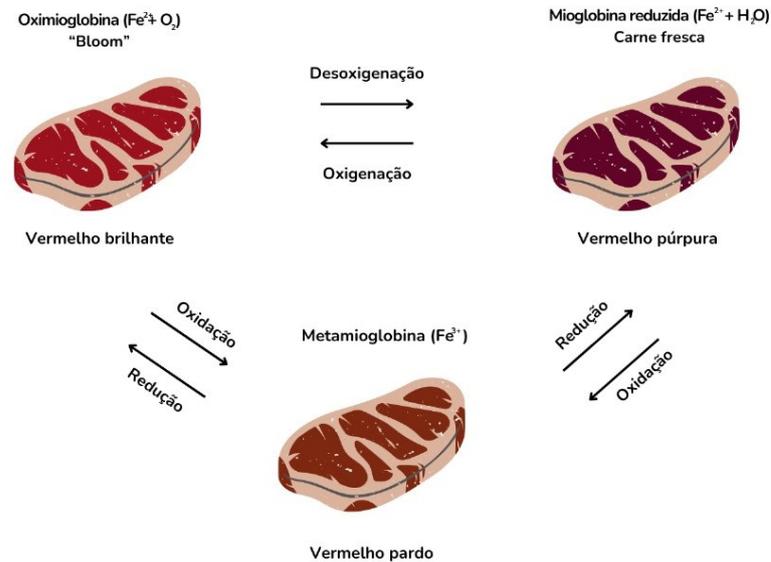
No entanto, as espécies *Penicillium nalgiovense* e *Penicillium candidum* exibem atributos sensoriais significativos. A primeira contribui para a melhoria do sabor por meio da síntese de aminoácidos livres, resultando em uma coloração mais intensa e estável. Já a segunda potencializa compostos voláteis relacionados ao odor. Sugere-se, conforme a opinião de Lee *et al.* (2022), que a utilização conjunta dessas duas cepas como cultura iniciadora da maturação possa aprimorar o sabor do produto final.

2.7 ASPECTOS DA CARNE *DRY-AGED*

A mudança na coloração da superfície da carne é um aspecto visível ao longo do tempo de envelhecimento. A proteína responsável por essa coloração é a mioglobina, que transporta oxigênio e atua nas células musculares (King *et al.*, 2023). Durante o processo de oxidação, o átomo central de ferro no grupamento heme da mioglobina é alterado, o que causa a descoloração (Álvarez *et al.*, 2021).

Como representado na Figura 1, essa transformação faz com que a mioglobina passe de oximioglobina para metamioglobina, resultando na mudança da coloração de vermelho brilhante para vermelho pardo, característico da carne *dry-aged* (Faustman *et al.*, 2010).

Figura 1 - Esquema das alterações da coloração da carne a partir da conversão da mioglobina



Fonte: A autora, (2024).

Durante o processo, observa-se uma redução significativa nos teores de colágeno. Além disso, o teor de proteína pode variar, aumentando até 2%, enquanto a gordura apresenta oscilações de até 3% a menos ao final de 42 dias de maturação (Lee *et al.*, 2019). Esses parâmetros dependem do tempo de maturação e da matéria-prima utilizada. Por exemplo, no 28º dia a carne apresenta uma redução de 5% na matéria gorda e um aumento de proteína de até 4% (Lee *et al.*, 2019).

O sabor desejável e positivo da carne se desenvolve predominantemente ao longo da maturação por 14 a 21 dias, afirma Campbell *et al.* (2001). Por outro lado, mostra que quando maturadas por 7 dias, a carne pode apresentar um sabor metálico ou sanguíneo. Em termos de maciez, a carne é similar após 14 ou 21 dias, e a suculência também é satisfatória nesse período, apresentando os melhores resultados com o tempo mais longo de maturação.

Essa suculência pode ser atribuída à capacidade da carne de reter líquidos, que é reduzida durante a maturação, resultando na liberação de sucos naturais, ou à concentração de gordura devido ao processo de secagem. Portanto, o tempo mínimo de maturação necessário para o desenvolvimento das características desejadas nesse tipo de produto é de ≥ 14 dias. Para os consumidores, esses atributos são suficientes para os custos associados a esse processamento (Campbell *et al.*, 2001).

2.8 SEGURANÇA DO ALIMENTO: CARNE *DRY-AGED*

A segurança higiênico-sanitária da carne *dry-aged* pode ser assegurada por meio de boas práticas de fabricação, bem como pela utilização de carne bovina manipulada sob condições satisfatórias. Primeiramente, a carne deve ser maturada em câmaras exclusivamente destinadas a esse fim, até que se alcancem a temperatura e umidade relativa adequadas. É essencial, também, realizar a limpeza e a sanitização da câmara regularmente (EFSA, 2023).

Para evitar a contaminação, é recomendável suspender a carne pelo osso ou, se estiver em prateleiras, certificar-se de que estas possuem perfurações adequadas para permitir o fluxo de ar. A carne deve ser rotacionada regularmente, de forma higiênica. No início da maturação, um alto fluxo de ar pode ser empregado para promover o desenvolvimento inicial da crosta e reduzir a atividade de água (a_w), limitando o crescimento microbológico. Equipamentos secundários como termômetros, termo-higrômetros e outros, devem ser calibrados para fornecer resultados precisos do controle da câmara de maturação (EFSA, 2023).

Outra medida importante é a utilização de filtros ou luz UV para o tratamento do ar antes de entrar em contato com a carne, o que pode reduzir a contaminação cruzada. O ambiente utilizado para retirar a camada externa naturalmente formada na carne *dry-aged* deve incluir controle do ar. Tratamentos preliminares ao consumo como calor ou alta pressão devem ser empregados para eliminar quaisquer patógenos presentes (EFSA, 2023).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) esclarece por meio da Instrução Normativa nº 161 de 2022 padrões microbiológicos de carne bovina maturada. Conforme esta normativa, de 5 amostras analisadas, todas devem apresentar ausência de *Salmonella* sp., em 25 gramas, contagem de *Escherichia coli* máxima de 10^3 UFC/g e contagem de aeróbios mesófilos máxima de 10^6 UFC/g (BRASIL, 2022).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nos núcleos do Laboratório de Análises do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos (LABCAL), sendo estes, Núcleo de Físico-Química (NUFIQ) e núcleo de Microbiologia de Alimentos (NUMICAL). Adicionalmente, as Análises de Perfil de Textura (TPA) foram realizadas na Central de Análises do departamento de Engenharia Química e de Alimentos, todos ligados à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

3.1 MATÉRIA-PRIMA E PREPARO DO PRODUTO

As amostras foram obtidas a partir do abate de animais criados a pasto e terminados em confinamento, os quais foram abatidos em frigorífico com inspeção sanitária. Foi selecionada uma unidade de lombo (*Longissimus dorsi*) de bovino, da raça *Bos taurus taurus* - Angus, com idade média de 36 meses. Essas amostras foram fornecidas por um estabelecimento alimentício que produz carne maturada *dry-aged*, em câmara de maturação dedicada e sob controle de parâmetros de maturação ($1\pm 0,57^{\circ}\text{C}$ e UR $67,5\pm 2,44\%$), localizado em São José, Santa Catarina. As amostras analisadas são representativas da mesma unidade de lombo seccionada no tempo zero em 4 partes. Os tempos de maturação considerados foram 0, 21, 35 e 49 dias, a partir da chegada da carne ao laboratório. No mesmo dia da chegada, foram realizadas as análises microbiológicas, físico-químicas e reológicas.

3.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

3.2.1 Preparo das amostras

As análises microbiológicas (Tabela 1) conduzidas foram as seguintes: mesófilos aeróbios viáveis a 30°C , *Escherichia coli*, Enterobacteriaceae, Bolores e Leveduras, bactérias psicrotróficas, bactérias ácido lácticas (BAL), BAL psicrotróficas, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* sp. e *Clostridium* sulfito redutor.

Tabela 1 - Análises microbiológicas

Análise	Parâmetro	Método
Mesófilos aeróbios viáveis a 30°C	Ágar PCA a 30°C por 72 h	ISO 4833-1:2015
Bactérias psicotróficas	Ágar PCA a 7°C por 10 dias	ISO 7218:2007
<i>Escherichia coli</i>	Ágar TBX a 44°C por 24 h	ISO 16649-2:2001
Enterobacteriaceae	Ágar VRBG a 37°C por 24 h	ISO 21528-2:2017
Bactérias ácido lácticas	Ágar MRS a 30°C por 72 h	ISO 15214:1998
Bactérias ácido lácticas psicotróficas	Ágar MRS a 22°C por 5 dias	Gowda <i>et al.</i> (2022)
Bolores e Leveduras	Ágar DRBC a 25°C por 5 dias	ISO 21527-1:2008
<i>Staphylococcus coagulase positiva</i>	Ágar BP a 37°C por 24 h	ISO 6888-1:2016
<i>Clostridium</i> Sulfito Redutor	Ágar TSC a 37°C por 48 h	ISO 15213:2003
<i>Listeria Monocytogenes</i>	Caldo Half Fraser a 30°C por 24 h	AOAC 2013.11
<i>Salmonella</i> sp.	BPW a 35°C por 24 h	AOAC 2011.03

Fonte: A autora, (2024).

As metodologias adotadas para as análises foram baseadas nas normas ISO ou AOAC (Tabela 1). As amostras foram divididas de acordo com o microrganismo e tempo de maturação para cada análise: T0 - 0 dias, T1 - 21 dias, T2 - 30 dias e T3 - 49 dias. Para a preparação das amostras, utilizou-se água peptonada (PEP) esterilizada na proporção de 225 mL para 25 gramas de amostra, resultando na primeira diluição de 10^{-1} . Posteriormente, foram realizadas diluições seriadas conforme necessário para cada análise. Após a incubação das placas pelo tempo determinado para cada análise (Tabela 1), as colônias típicas foram contadas e os resultados expressos em Unidades Formadoras de Colônia por grama (UFC/g).

3.2.1.1 Microrganismos mesófilos e psicotróficos

Para a quantificação dos mesófilos aeróbios viáveis a 30°C, foi utilizado o Ágar Contagem de Placas (PCA), e foram realizadas diluições em série até a 10^{-5} . A inoculação foi feita por profundidade, onde 1 mL de cada diluição foi transferido para a placa, seguido pela

adição e homogeneização do ágar. As placas foram incubadas por 72 horas a 30°C, conforme descrito na norma ISO 4833-1:2015.

Para a contagem de psicrotróficos, foram inoculadas alíquotas de 0,1 mL das amostras na superfície do ágar previamente preparado e solidificado. As placas foram incubadas a 7°C por 10 dias, de acordo com a norma ISO 7218:2007.

3.2.1.2 *Escherichia coli*

Para a quantificação de *E. coli*, foi utilizado o Ágar Triptona Bile Glucurônico (TBX), com diluições seriadas até 10^{-3} , seguido de inoculação de 1 mL em profundidade. As placas foram incubadas por 24 horas a 44°C, conforme especificado na norma ISO 16649-2:2001.

As colônias típicas de *E. coli* apresentam coloração azulada ou esverdeada devido à positividade para β -glucuronidase.

3.2.1.3 *Bactérias da família das Enterobacteriaceae*

Nesta análise foi usado o Ágar Vermelho Violeta Bile com Glicose (VRBG) e as diluições foram realizadas em série até a 10^{-3} . Alíquotas de 1 mL foram inoculadas em profundidade e vertido 15 mL de ágar, após a solidificação uma nova camada de ágar foi adicionada criando uma microaerofilia necessária para o crescimento destas bactérias. Em seguida as placas foram incubadas a 37°C por 24 horas.

Em seguida as colônias foram repicadas em Agar Nutriente para posteriores testes de reação de oxidase e teste de fermentação, essas bactérias fermentam a glicose presente no ágar e apresentam reação negativa para oxidase, segundo o método ISO 21528-2:2017. Colônias típicas dessas bactérias podem apresentar coloração rósea, avermelhada ou roxa, podendo ou não apresentar halos de precipitação.

3.2.1.4 *Bactérias ácido lácticas e bactérias ácido lácticas psicrotróficas*

Na análise de BAL foi utilizado o Ágar Man, Rogosa and Sharpe (MRS). As diluições seriadas foram realizadas até a 10^{-4} , 1 mL foi inoculado nas placas por profundidade, em seguida foi vertido uma fina camada de ágar semi-sólido para criar um ambiente microaerófilo. As placas foram incubadas a 30°C por 72 horas de acordo com a ISO

15214:1998 e 22°C por 5 dias para BAL psicrotróficas utilizando a metodologia proposta por Gowda *et al.* (2022).

3.2.1.5 *Bolores e Leveduras*

O meio de cultura utilizado para estes microrganismos foi o Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicol (DRBC) e o plaqueamento realizado em superfície com 0,1 mL de inóculo até a diluição 10^{-3} , posteriormente, as placas foram incubadas não invertidas a 25°C por 5 dias (ISO 21527-1:2008).

3.2.1.6 *Staphylococcus coagulase positiva*

A análise de *S. aureus* foi conduzida em três etapas distintas, utilizando Ágar Baird Parker (BP), caldo Infusão Cérebro e Coração (BHI) e plasma de coelho, respectivamente. Inicialmente, realizou-se o plaqueamento em superfície com 0,1 mL da suspensão inicial até a diluição 10^{-4} . As placas foram então incubadas a 37°C por 24 horas. Na segunda etapa, as colônias típicas foram contadas e cinco delas foram transferidas para tubos contendo caldo BHI, sendo incubadas novamente a 37°C por mais 24 horas. Na última etapa, foi realizado o teste de coagulase, no qual 0,1 mL da cultura obtida do caldo BHI foi transferido para um tubo estéril contendo 0,3 mL de plasma de coelho e incubado inclinado a 37°C por 4 a 6 horas. O resultado do teste de coagulase foi considerado positivo quando ocorreu a formação de um coágulo que ocupou mais da metade do volume original do tubo. O controle negativo foi o tubo que não apresentou formação de coágulo. As colônias típicas de *S. aureus* podem se apresentar com uma coloração preta brilhante, com ou sem halo translúcido ou opaco (ISO 6888-1:2016).

3.2.1.7 *Clostridium Sulfito Redutor*

As bactérias sulfito redutoras têm preferência por ambientes sem oxigênio. Para quantificá-las, foi realizado um plaqueamento em profundidade com 1 mL do inóculo utilizando Ágar Triptose Sulfito Cicloserina (TSC) até a diluição 10^{-4} . Em seguida, o ágar foi vertido e homogeneizado, e após a solidificação do meio, foi vertida uma fina camada adicional de ágar. As placas foram incubadas em uma jarra de anaerobiose por 48 horas a 37°C, utilizando um gerador de anaerobiose (ISO 15213:2003).

3.2.1.8 *Listeria monocytogenes*

Para a detecção deste microrganismo, as etapas de análise foram distintas das realizadas anteriormente. Primeiramente, ocorreu o pré-enriquecimento, no qual 225 mL de caldo nutritivo seletivo e diferencial Half Fraser foram adicionados a 25 gramas da amostra e incubados por 24 horas a 30°C. Em seguida, 1 mL da suspensão foi transferido para um tubo contendo 10 mL de caldo Fraser e incubado novamente a 30°C por mais 24 horas. Por fim, 500 µL do caldo foram transferidos para um barrete, que foi submetido a uma temperatura de aproximadamente 131-133°C por 5 minutos e posteriormente analisado utilizando o equipamento MINI-VIDAS (biomerieux), o resultado esperado se dá pela ausência do microrganismo e consequentemente ausência também do antígeno produzido por ele conforme descrito no método AOAC 2013.11.

3.2.1.9 *Salmonella sp.*

A detecção de *Salmonella sp.* foi realizada em três etapas distintas, diferenciando-se dos procedimentos anteriores. Inicialmente, 225 mL de Água Peptonada Tamponada (BPW) foram adicionados a 25 gramas da amostra e incubados por 24 horas a 35°C. Após esse período, 100 µL do substrato pré-enriquecido foram transferidos para 10 mL de caldo SX2 e incubados a 47°C por mais 24 horas em banho-maria. Por último, 500 µL foram depositados no barrete, o qual foi aquecido a aproximadamente 131-133°C por 15 minutos e em seguida colocado no equipamento MINI-VIDAS, o resultado esperado se dá pela ausência do microrganismo e consequentemente ausência também do antígeno produzido por ele conforme descrito no método AOAC 2011.03.

3.3 ISOLAMENTO DE MICRORGANISMOS

O objetivo foi isolar bactérias ácido lácticas, para isso, foram aleatoriamente selecionadas colônias com morfologias diferentes das placas de contagem MRS. Essas colônias foram então cultivadas novamente em caldo MRS. Após isso, 750 µL da suspensão resultante foi transferido para um meio contendo 750 µL de glicerol 50% com MRS caldo em um microtubo. Os microtubos foram posteriormente armazenados a -18°C.

3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

3.4.1 pH

Para a análise de pH durante o período de maturação, foram pesados 10 gramas da amostra em um béquer e adicionados 100 mL de água destilada para diluição. A mistura foi agitada e o pH da amostra foi determinado utilizando um pHmetro (MB-10, Marte) previamente calibrado com soluções-tampão de pH 4, 7 e 10 (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

3.4.2 Atividade de água

Na determinação da a_w , foi utilizada a metodologia da ISO 18787:2017.

Uma amostra representativa de cada tempo foi selecionada, colocada em uma câmara com temperatura controlada (Aqualab 4ATE), até que a água presente na amostra alcançasse equilíbrio com o ar interno. A temperatura em que o vapor condensou (ponto de orvalho) foi utilizada para calcular a a_w da amostra.

3.4.3 Rancidez oxidativa e índice de peróxidos

A determinação da rancidez oxidativa foi realizada em todos os períodos de maturação utilizando a metodologia descrita pelo IAL (2008). Inicialmente, 5 gramas da amostra fundida foram transferidas para uma proveta com rolha esmerilhada de 50 mL. Em seguida, foram adicionados 5 mL de ácido clorídrico, e a mistura foi agitada por 30 segundos. Posteriormente, 5 mL de uma solução de floroglucina a 0,1% em éter foram adicionados à proveta, seguida de nova agitação por 30 segundos, e a mistura foi deixada em repouso por 10 minutos. A presença de substâncias rançosas foi considerada positiva quando a parte inferior da proveta apresentou coloração vermelha ou rosada.

Para a determinação do índice de peróxidos, foram pesados 5 gramas da amostra em um Erlenmeyer, aos quais foram adicionados 30 mL de uma solução de ácido acético-clorofórmio na proporção de 3:2. A mistura foi então homogeneizada, em seguida, foram adicionados 0,5 mL de uma solução saturada de iodeto de potássio, e o recipiente foi mantido ao abrigo da luz por um minuto. Após esse período, foram adicionados 30 mL de água destilada, e a mistura foi titulada com uma solução de tiosulfato de sódio 0,1 N até a coloração amarela praticamente desaparecer. Nesse ponto, foram adicionados 0,5 mL de

indicador de amido, e a titulação continuou até o desaparecimento completo da coloração azul. (IAL, 2008)

3.4.4 Teor de sal

Para determinar o teor de sal, adotou-se a metodologia IAL, (2008). Inicialmente, 10 gramas da amostra foram transferidos para um cadinho e secos em banho-maria. Em seguida, a amostra previamente seca foi carbonizada em uma chapa elétrica e incinerada em mufla a (550 ± 10) °C até que as cinzas se tornassem brancas ou ligeiramente acinzentadas. Após resfriamento, adicionou-se 50 mL de água e ácido nítrico, e a solução foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume com água.

A solução foi filtrada utilizando papel filtro e transferida com uma pipeta volumétrica de 20 mL para um Erlenmeyer de 250 mL. Em seguida, foi neutralizada com carbonato de cálcio. Por fim, foram adicionadas 5 gotas de uma solução de cromato de potássio a 10% e titulada com solução de nitrato de prata 0,1 M até o aparecimento de uma coloração vermelho-tijolo.

3.5 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA

A avaliação da maciez da carne ao longo dos períodos de maturação (T3 e T4) foi realizada por meio da medição da força de compressão, expressa em Newtons, utilizando um texturômetro (TA.HDplus, Stable Micro Systems, Extralab Brasil, São Paulo). Para todas as análises, uma sonda cilíndrica com 36 mm de diâmetro foi empregada. A velocidade da sonda foi mantida constante em 5,0 mm/segundo, com deformação de 90% e para cada medida, foram realizadas 6 repetições. Os valores médios obtidos foram utilizados para análise estatística, seguindo a metodologia descrita por Cheng *et al.* (2023).

3.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

As análises de perfil de textura foram realizadas com 6 repetições e os resultados foram submetidos à análise de variância seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software STATISTICA® versão 13.5.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas análises nos tempos 0, 21, 35 e 49 dias buscando caracterizar os microrganismos presentes, as características físico-químicas e o perfil de textura das carnes maturadas.

4.1 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Os diferentes microrganismos foram quantificados e o resultado convertido como log UFC.g⁻¹ para cada amostra (Tabela 2). Os resultados das análises microbiológicas apresentaram números menores do que os encontrados no estado da arte, estando estes de acordo com Bischof *et al.* (2023) o qual obteve resultados significativamente menores quando comparado com outros estudos. Estes autores atribuíram o observado a utilização de um esterilizador de ar com lâmpada UV-C na câmara de maturação a seco.

Tabela 2 - Análises microbiológicas em log UFC.g-1 ± desvio padrão da carne *dry-aged* maturada ao longo de 49 dias.

Microrganismo	0 dias	21 dias	35 dias	49 dias
Mesófilos aeróbios viáveis a 30°C	5,14±0,009	3,39±0,124	6,34±0,001	7,75±0,015
Bactérias psicrotróficas	6,12±0,005	4,54±0,088	6,44±0,113	7,84±0,090
<i>Escherichia coli</i>	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Enterobacteriaceae	3,65±0,201	<2,00	<2,00	<2,00
Bactérias ácido lácticas	3,45±0,125	<2,00	<2,00	<2,00
Bactérias ácido lácticas psicrotróficas	3,30±0,105	2,54±0,088	4,42±0,134	5,29±0,049
Bolores e Leveduras	3,66±0,053	2,57±0,041	3,50±0,010	4,59±0,097
<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Clostridium</i> Sulfito Redutor	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Listeria Monocytogenes</i>	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
<i>Salmonella</i> sp.	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Fonte: a autora, (2024).

Segundo resultados apresentados (Tabela 2), houve um aumento na concentração de microrganismos cultiváveis nos 49 dias de maturação para bactérias mesófilas, psicrotróficas, BAL psicrotróficas e bolores e leveduras. Algumas contagens apresentaram um anterior decaimento no 21º dia de maturação. A mesma tendência foi observada por Ribeiro *et al.* (2023) que consideraram 21 dias como um tempo ótimo de maturação, conciliando a redução das contagens dos indicadores microbiológicos e a qualidade da carne.

4.1.1 Microrganismos mesófilos e psicrotróficos

Ao longo da maturação é possível observar um aumento na contagem de bactérias mesófilas aeróbias totais e certa constância das bactérias psicrotróficas (Tabela 2). Li *et al.* (2013) também encontraram resultados crescentes para bactérias mesófilas, e os autores atribuem este aumento à presença de oxigênio difundido nas peças de carne e a baixa

temperatura de maturação na câmara. Ademais, Campbell *et al.* (2001) afirmaram que em seu estudo obtiveram contagens maiores desses microrganismos quando comparado ao grupo controle (T0).

Em contraposição, os resultados das contagens de mesófilos e psicrotróficos apresentadas por Ribeiro *et al.* (2023) reduziram ao longo do tempo.

É possível que embora altas, as contagens das bactérias psicrotróficas tenham se mantido constante por estarem sob uma temperatura inferior. Gowda *et al.* (2022) reportaram que uma possível explicação para o alto número de bactérias na parte interna da carne seria através de uma migração ocasionada pela redução da aw na superfície.

4.1.2 *Escherichia coli*

Embora seja passível de contaminação este tipo de matriz, todas as análises negativaram contagem para *E. coli* (Tabela 2), ratificando o que autores como Hulánková *et al.* (2018), Gowda *et al.* (2022) e Ribeiro *et al.* (2023) também obtiveram como resultado em suas pesquisas.

Este resultado indica que houve uma correta manipulação da carne desde o abatedouro frigorífico até o estabelecimento industrial processador. Geralmente, a contaminação por *E. coli* está relacionada a manipulação humana inadequada e/ou ambiente sem condições higiênico sanitária adequada

4.1.3 Bactérias da família das Enterobacteriaceae

A família das Enterobacteriaceae são um grupo indicador de bactérias potencialmente patogênicas que indicam a situação de higiene e manipulação. Na análise do tempo zero (3,50 log UFC.g⁻¹) (Tabela 2) ocorreu a presença de indivíduos dessa família sendo recuperados no meio de cultivo, no entanto, com o passar do tempo de maturação, é possível observar que não há mais o desenvolvimento dos mesmos (< 2 log UFC.g⁻¹), corroborando com o estudo de Hulánková *et al.* (2018) que também não detectaram a presença de Enterobacteriaceae com o passar do tempo de maturação.

Ribeiro *et al.* (2023) observaram que esta família de bactérias estava presente em níveis mais elevados na superfície da carne do que em seu interior, no início da maturação a seco.

4.1.4 Bactérias ácido láticas e bactérias ácido láticas psicotróficas

Neste estudo foram realizadas as análises de BAL termofílicas (37°C) e BAL psicotróficas (22°C) (Tabela 2). As bactérias psicotróficas foram notavelmente presentes ao analisar os resultados. Houve com o passar do tempo um decréscimo das BAL termofílicas e um aumento de BAL psicotróficas, possivelmente, por ser a carne maturada em baixa temperatura (1°C), estas se adaptaram melhor a 22°C. Outra hipótese apresentada por Li *et al.* (2013) é que as BAL obtiveram contagens menores devido às condições aeróbias.

Estudos de Bischof *et al.* (2023) e Ribeiro *et al.* (2023) também apresentaram contagens mais baixas e com menos variações ao longo do tempo. Ahnström *et al.* (2006) observaram que ao aumentar o período de maturação da carne houve uma redução das contagens de BAL, assim como, Mikami *et al.* (2021) que após 35 dias de maturação obteve um resultado de 2,03 log UFC.g⁻¹.

Todavia, Hulánková *et al.* (2018), contrapõe o observado no presente trabalho, apresentando aumento dessas bactérias na maturação associando isto a uma função de importância na maturação. Já com relação as BAL psicotróficas, Gowda *et al.* (2022) apresenta resultados similares (5 log UFC.g⁻¹) aos encontrados no presente trabalho, confirmando que essas bactérias se desenvolvem melhor nessa temperatura.

4.1.5 Bolores e Leveduras

Foi observado no presente trabalho que não houve crescimento de bolores, contrapondo uma ideia inicial de sua presença na carne *in natura*. Como foi utilizada para as análises parte interna da carne (após a toaleta), possivelmente os fungos superiores (de metabolismo aeróbico restrito) foram removidos com a retirada da casca formada na superfície.

Coton *et al.* (2024) apresenta ser a umidade relativa do ar e o pH da carne fatores importantes para o crescimento dos fungos em superfície. Estes pesquisadores compararam o crescimento de fungos utilizando uma metodologia similar a realizada no presente estudo, incubando a 25 e 8°C, e demonstrou um aumento de < 5 log UFC.g⁻¹, respectivamente. No entanto, ele utilizou a superfície da carne sem toaleta, podendo ser esta a origem deste crescimento elevado observado.

Com relação às leveduras (Tabela 2) foram observados valores em torno de 3,0 log UFC.g⁻¹ durante a maturação. Segundo Li *et al.* (2013), a contagem de leveduras na carne maturada a seco é maior do que quando comparada à maturação via úmida, devido à maior

presença de oxigênio. Ribeiro *et al.* (2023) apresentaram uma redução na contagem de leveduras ao longo do tempo de maturação.

Bischof *et al.* (2023) analisaram a superfície da carne e a contagem de bolores e leveduras apresentou resultados abaixo do limite de detecção ($< 2 \log \text{UFC.g}^{-1}$). Da mesma forma, Ahnström *et al.* (2006) obtiveram resultados inferiores a $0,3 \log \text{UFC.cm}^2$ de carne durante toda a maturação e em todos os tratamentos, comprovando que os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com outros trabalhos.

4.1.6 *Staphylococcus coagulase positiva*

A análise de *Staphylococcus coagulase positiva* está relacionada com a manipulação inadequada e a falta de higiene sanitária do ambiente, podendo apresentar risco à saúde humana no consumo pela potencial presença de enterotoxinas estafilocócicas.

Os resultados para esta contagem (Tabela 2) foram todos $< 2 \log \text{UFC.g}^{-1}$, ou seja, não houve crescimento ou não foi positivo para coagulase positiva. Mikami *et al.* (2021) obteve $2,20 \log \text{UFC.g}^{-1}$ após 35 dias de maturação, Gowda *et al.* (2022) detectaram baixas quantidades e Ribeiro *et al.* (2023) não verificou em nenhum tempo ao longo do estudo.

4.1.7 *Clostridium sulfito redutor*

Ao longo dos 49 dias de maturação não houve desenvolvimento de *Clostridium sulfito redutor* (Tabela 2). O mesmo resultado foi encontrado por Sánchez-Molinero, García-Regueiro e Arnau (2010).

4.1.8 *Listeria monocytogenes*

As análises também demonstraram que não foi detectado a presença de *L. monocytogenes* na carne ao longo dos 49 dias de maturação, corroborando com as análises de Hulánková *et al.* (2018), Gowda *et al.* (2022) e Ribeiro *et al.* (2023).

4.1.9 *Salmonella sp*

A presença de *Salmonella sp.* é frequentemente relatada em matrizes cárneas por contaminação durante o abate e corte. Ao longo das análises foi observada ausência (Tabela 2) de *Salmonella sp.*

4.2 ISOLAMENTO DE MICRORGANISMOS

BAL e leveduras (Figura 1) foram isoladas das placas de contagem de diversos tempos de maturação para posterior identificação e seleção potencial de iniciadores microbianos.

Figura 2 - Levedura ao microscópio ótico (aumento 100x) isolada da amostra maturada por 35 dias



Fonte: A autora, (2024).

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

4.3.1 pH

Foi constatada uma manutenção do pH (Tabela 3) nos 49 dias de maturação. Os valores observados variaram na amplitude de apenas 0,43. Lee *et al.* (2022) observaram um aumento gradativo do pH na maturação e afirmaram que é um processo esperado atribuindo este à atuação das proteases endógenas e microbianas que contribuem para a formação de aminoácidos livres e compostos nitrogenados. Além disso, apontaram o impacto do pH na capacidade de retenção de água e até à maciez da carne, alegando que um pH mais baixo apresentaria uma menor capacidade de retenção de água por estar mais próximo do ponto isoelétrico da carne (onde proteínas musculares têm menor solubilidade).

Tabela 3 - Análises físico-químicas na carne *dry-aged*

Análise	0 dias	21 dias	35 dias	49 dias
pH	5,62	5,80	5,67	5,37
Teor de sal (% m/v)	0,0112±0,000	0,0325±0,004	0,0238±0,000	0,0418±0,008
Rancidez oxidativa	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Índice de peróxidos (mEq/kg)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Atividade de água (aw)	> 0,999	0,9934	> 0,999	> 0,999

(m/v): corresponde a percentagem massa-volume; (mEq/kg): corresponde a unidade de medida miliequivalente por quilograma.

Fonte: A autora, (2024).

4.3.2 Atividade de água

Não foi observada redução na aw (Tabela 3) presente na carne ao longo do tempo de maturação. Gowda *et al.* (2022) demonstraram também resultados de seus tratamentos similares à carne *in natura* (≥ 0.98). Os autores Ribeiro *et al.* (2023) obtiveram em 60 dias de maturação uma aw de 0.976.

Esta análise pode ser usada para relacionar aspecto de qualidade e segurança, pois os microrganismos (incluindo os patógenos) se desenvolvem em alta aw. Portanto, um valor inibitório do metabolismo (ca. $< 0,93$) pode evitar multiplicação bacteriana, o que não foi observado no presente trabalho.

4.3.3 Rancidez oxidativa e índice de peróxidos

Segundo os resultados obtidos (Tabela 3), pode-se concluir que ao longo do tempo de maturação da carne esta apresentou resultados satisfatórios de rancidez oxidativa e índice de peróxidos. Mudanças sensoriais (*flavour*) podem ser obtidas quando ocorre desenvolvimento da rancidez oxidativa ocasionada pela presença e contato da matriz com o oxigênio. Como a maturação é realizada em câmara com circulação de ar e a exposição da carne ao oxigênio é contínua, os resultados desta análise são fundamentais para saber a condição do produto ao longo do tempo.

A combinação destes fatores, e a análise microbiológica nos permitem avaliar se a carne ao final do período de maturação é segura para o consumo. Ha *et al.* (2019) afirmaram que a carne *dry-aged*, quando comparada com a maturada via úmida, induz mais à oxidação lipídica, validando o que Cho *et al.* (2018) e Lee *et al.* (2019) observaram em seus estudos, o qual ao longo do tempo de maturação a oxidação lipídica aumentou.

4.3.4 Teor de sal

A análise do teor de sal apresentou concentração constante durante os 49 dias de maturação (Tabela 3), estando estes resultados de acordo com a a_w que permaneceu constante ($> 0,999$). Um aumento na concentração salina era esperada, como uma redução da a_w na peça de carne analisada, pela concentração dos solutos.

4.4 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA

Em geral, foi observado através dos resultados (Tabela 4) que não houve uma modificação considerável no perfil de textura da carne entre 35 e 49 dias de maturação. A diferença se apresentou na gomosidade e resiliência da amostra com aumento significativo ($p < 0,05$). Segundo Sahin e Sumnu (2006), a resiliência é a energia por unidade de volume recuperada à medida que a força é retirada do material. Ou seja, seria a quantidade de energia que o material pode recuperar quando não está mais sendo deformado. Eles também definem gomosidade como produto da dureza e coesão. De outro modo, seria a energia necessária para desintegrar um alimento de modo que fique pronto para ser engolido.

Tabela 4 - Análise de perfil de textura nos tempos 35 e 49 dias de maturação da carne *dry-aged*

Parâmetro	35 dias	49 dias
Dureza (g)	12,86±1,27 ^a	11,63±2,12 ^a
Resiliência (%)	2,70±1,16 ^b	7,28±1,18 ^a
Coesividade	0,33±0,17 ^a	0,52±0,15 ^a
Elasticidade (%)	55,18±6,66 ^a	48,91±4,93 ^a
Gomosidade	3,57±1,80 ^b	7,43±2,93 ^a
Mastigabilidade (kg)	2,14±0,83 ^a	3,03±0,77 ^a

Valores seguidos de letras diferentes (a,b) na mesma linha, diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: A autora (2024).

A gomosidade pode ser um fator importante sensorialmente para a aceitação do produto pelo consumidor e seu aumento pode se dar pela atuação das enzimas proteolíticas, assim como os outros parâmetros.

Cheng *et al.* (2023) relatou que no 14º dia a carne atinge o ponto máximo de maciez, além disso, quando comparado com o grupo controle eles afirmaram que o grupo controle apresentou a maciez máxima em cerca de 21 dias, ou seja, através da maturação a seco é possível alcançar esse atributo sensorial em menos tempo devido a atuação das enzimas endógenas e sua ação sob a degradação proteica.

Lee *et al.* (2019) demonstraram um aumento da maciez até o 42º dia, além de evidenciar melhoras na elasticidade, mastigabilidade e coesividade no 28º dia. Em contrapartida, no presente trabalho é possível observar que estes atributos também foram favoráveis até o final do tempo de análise, embora sem mudanças significativas ($p > 0,05$).

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho contribuem para o desenvolvimento de critérios microbiológicos, físico-químicos e de textura para este tipo de processamento de produto cárneo, auxiliando no controle e na identificação da qualidade da carne maturada a seco. Neste estudo foi observado que, segundo os parâmetros microbiológicos, o tempo de maturação nas condições de temperatura e umidade relativa $1\pm 0,57^{\circ}\text{C}$ e UR $67,5\pm 2,44\%$, que apresentou melhor resultado foram 21 dias, embora os resultados das análises físico-químicas tenham se mantido constantes durante os 49 dias de maturação. Além disso, não é possível afirmar que as contagens de bactérias mesófilas e psicrófilas nos tempos 35 e 49 estejam vinculadas a presença de potenciais bactérias deteriorantes e/ou patogênicas. Ainda, a avaliação do perfil de textura deveria ser conduzida no tempo zero para uma melhor comparação.

O estudo é pioneiro no Brasil, e futuros trabalhos deverão ser conduzidos para uma melhor compreensão das características de qualidade do processo em estudo. Em geral, e de acordo com os resultados obtidos, pode-se inferir que existe um risco na condução da maturação apenas com bactérias selvagens presentes na matriz. Nos trabalhos futuros, uma indução do processo através de culturas iniciadoras será estudada em busca de uma padronização e aumento da segurança do produto final para seu consumidor.

REFERÊNCIAS

AHNSTRÖM, Maria Lundesjö *et al.* Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. **Meat Science**, Sweden, v. 73, ed. 4, p. 674-679, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.006>

ÁLVAREZ, Sara *et al.* Dry-aging of beef as a tool to improve meat quality. Impact of processing conditions on the technical and organoleptic meat properties. In: **ADVANCES in Food and Nutrition Research**. 2021. v. 95, cap. 3, p. 97-130. ISBN 1043-4526. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2020.10.001>

ANDRIGHETTO, Cristiana *et al.* Maturação da carne bovina (Ageing of meat beef). **Revista Electrónica de Veterinaria REDVET**, Málaga, España, v. VII, n. 6, p. 1-6, 6 jun. 2006. ISSN 1695-7504.

AOAC INTERNATIONAL. Detection of Salmonella in Foods by VIDAS 48h. In: **Official methods of analysis of AOAC International**. 21st ed. Rockville, MD: AOAC International, 2011.

AOAC INTERNATIONAL. Official Method 2013.11: *Listeria monocytogenes* in a Variety of Foods: VIDAS® *Listeria monocytogenes* Xpress (LMX) Method. In: **Official methods of analysis of AOAC International**. 22nd ed. Rockville, MD: AOAC International, 2016.

BERNARDO, Ana Paula da Silva *et al.* Effects of freezing and thawing on microbiological and physical-chemical properties of dry-aged beef. **Meat Science**, Universidade de Campinas - Brasil, v. 161, p., 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108003>

BISCHOF, Greta *et al.* Metabolic and microbial analyses of the surface and inner part of wet-aged and dry-aged beef. **Journal of Food Science**, v. 88, n. 11, p. 4375-4387, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16761>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Relação de inovações tecnológicas que receberam termo de não objeção do DIPOA/SDA/MAPA. Serviço Público Federal, Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/avaliacao-de-inovacoes-tecnologicas/arquivos/relacao-de-inovacoes-tecnologicas-que-receberam-termo-de-nao-objecao.pdf>. Acesso em: 28 março de 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução normativa nº161 de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 jul. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-161-de-1-de-julho-de-2022-413366880>. Acesso em: 28 março 2024.

CAMPBELL, R.; HUNT, M.; LEVIS, P.; CHAMBERS IV, E. Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle. **Food of Food Science**, v.66, n.2, p. 196-199, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb11315.x>

CHENG, Yuliang *et al.* Correlation analysis on the quality indicators of intensified dry-aged beef and microbial succession during fermentation. **Food Bioscience**, School of Food Science and Technology, Jiangnan University - China, v. 56, p. 103439, 12 dez. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103439>

CHO, Soohyun *et al.* Comparison of Drying Yield, Meat Quality, Oxidation Stability and Sensory Properties of Bone-in Shell Loin Cut by Different Dry-aging Conditions. **Food Science of Animal Resources: Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, Korea, v. 38, ed. 6, p. 1131-1143, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e52>

COLLE, M.J. *et al.* Influence of extended aging on beef quality characteristics and sensory perception of steaks from the gluteus medius and longissimus lumborum. **Meat Science**, University of Idaho, Moscow, USA, v. 110, p. 32-39, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.06.013>

Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (CIDASC). Nota Técnica nº 121/2022, de 05 de abril de 2022. Florianópolis: CIDASC, 2022.

COTON, Emmanuel *et al.* Microbiota associated with commercial dry-aged beef in France. **Food Research International**, Laboratoire Universitaire de Biodiversité et Écologie Microbienne - Plouzané, France, v. 181, p. 114118, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114118>

DASHDORJ, D.; TRIPATHI, V. K.; CHO, S.; KIM, Y.; HWANG, I. Dry aging of beef; Review. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 58, n. 20, p. 1-11, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0101-9>

DAVE, D.; GHALY, Abdel E. Meat spoilage mechanisms and preservation techniques: A critical review. **American Journal of Agricultural and Biological Science**, Dalhousie University, Halifax, NS, Canada, v. 6, ed. 4, p. 486-510, 2011. DOI: [10.3844/ajabssp.2011.486.510](https://doi.org/10.3844/ajabssp.2011.486.510)

EFSA, Panel on Biological Hazards (BIOHAZ) *et al.* Microbiological safety of aged meat. **EFSA Journal**, v. 21, n. 1, p. e07745, 2023. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7745>. Disponível em: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2023.7745>. Acesso em: 16 abr. 2024.

FAUSTMAN, C.; CASSENF, R.G. THE BIOCHEMICAL BASIS FOR DISCOLORATION IN FRESH MEAT: A REVIEW. **Journal of Muscle Foods**, [s. l.], v. 1, ed. 3, p. 217-243, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.1990.tb00366.x>

FAUSTMAN, Cameron *et al.* Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. **Meat Science**, University of Connecticut, Storrs, CT - USA, v. 86, p. 86-94, 30 abr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.025>

GOMIDE, L. A. de M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. Ciência e qualidade da carne: fundamentos. Viçosa: Editora UFV, p. 155-185, 2013.

GOWDA, Tanuja K.G.M. *et al.* Exploring the microbiological quality and safety of dry-aged beef: A cross-sectional study of loin surfaces during ripening and dry-aged beef steaks from commercial meat companies in Belgium. **Food Microbiology**, Belgium, v. 102, p. 103919, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103919>

GREDELL, D. A. *et al.* Palatability Characterization of Fresh and Dry-Aged Ground Beef Patties. **Meat and Muscle Biology**, v. 2, n. 1, p., 2018. DOI: <https://doi.org/10.22175/mmb2018.04.0007>. Disponível em: <https://iastatedigitalpress.com/mmb/article/id/9041/>. Acesso em: 23 maio 2024.

GUIMARÃES, Angélica Sousa *et al.* Freezing/thawing as an accelerating process of wet- and dry-aged Nellore beef. **Meat Science**, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais - Brasil, v. 211, p. 109443, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109443>

HA, Minh *et al.* Effects of different ageing methods on colour, yield, oxidation and sensory qualities of Australian beef loins consumed in Australia and Japan. **Food Research International**, Australia, v. 125, p. 108528, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108528>

HADDAD, Gabriela de Barros Silva *et al.* Accelerating the dry aging of bone-in beef from Nellore cattle by the freeze/thaw process. **Journal of Food Processing and Preservation**, Minas Gerais, v. 46, n. 7, p., 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.16573>

HULÁNKOVÁ, R. *et al.* The effect of dry aging on instrumental, chemical and microbiological parameters of organic beef loin muscle. **Food Science and Technology**, v. 89, p. 559-565, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.014>

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Manual de métodos de análise de alimentos. 4. ed. São Paulo, SP: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância Sanitária, 2008. 1020 p.

International Organization Standardization (ISO) 15213:2003. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of sulfite-reducing bacteria growing under anaerobic conditions. Geneva: International Organization Standardization, 2003.

International Organization Standardization (ISO) 15214:1998. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria - Colony-count technique at 30 degrees C. Geneva: International Organization Standardization, 1998.

International Organization Standardization (ISO) 16649-2:2001. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of beta-glucuronidase-positive *Escherichia coli* - Part 2: Colony-count technique at 44 degrees C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl beta-D-glucuronide. Geneva: International Organization Standardization, 2001.

International Organization Standardization (ISO) 18787:2017. Foodstuffs - Determination of water activity. Geneva: International Organization Standardization, 2017.

International Organization Standardization (ISO) 21527-1:2008. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds - Part 1:

Colony count technique in products with water activity greater than 0.95. Geneva: International Organization Standardization, 2008.

International Organization Standardization (ISO) 21528-2:2017. Microbiology of the food chain - Horizontal method for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae - Part 2: Colony-count technique. Geneva: International Organization Standardization, 2017.

International Organization Standardization (ISO) 4833-1:2015. Microbiology of the food chain - Horizontal method for the enumeration of microorganisms - Part 1: Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique. Geneva: International Organization Standardization, 2015.

International Organization Standardization (ISO) 6888-1:2016. Microbiology of the food chain - Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) - Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium. Geneva: International Organization Standardization, 2016.

International Organization Standardization (ISO) 7218:2007. Microbiology of food and animal feeding stuffs - General requirements and guidance for microbiological examinations. Geneva: International Organization Standardization, 2007.

KEMP, C.M. *et al.* Comparison of the relative expression of caspase isoforms in different porcine skeletal muscles. **Meat Science**, Leicestershire, UK, v. 73, p. 426-431, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.12.009>

KERTH, Chris R. *et al.* Using untargeted metabolomics and volatile aroma compounds to predict expert sensory descriptors and consumer liking of beef loin steaks varying in quality grade, aging time, and degree of doneness. **Meat Science**, Texas A&M University, College Station - USA, v. 204, p. 109255, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109255>

KIM, Yuan H. Brad *et al.* Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. **Meat Science**, West Lafayette, US, v. 144, p. 74-90, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.031>

KIM, Yuan H. Brad; KEMP, Robert; SAMUELSSON, Linda M. Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. **Meat Science**, New Zealand, v. 111, p. 168-176, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.09.008>

KING, D. A. *et al.* Research Article: American Meat Science Association Guidelines for Meat Color Measurement. **Meat and Muscle Biology**, v. 6, ed. 4, p. 1-81, 2023. DOI: <https://doi.org/10.22175/mmb.12473>

LEE, H. J. *et al.* Analysis of low-marbled Hanwoo cow meat aged with different dry-aging methods. **Asian-Australian Journal Animal Sciences**, v. 30, n. 12, p. 1733-1738, 2017. DOI: 10.5713/ajas.17.0318

LEE, Heeyoung *et al.* Determination of Indicators for Dry Aged Beef Quality. **Food Science of Animal Resources**, Korea Food Research Institute, Korea, v. 39, n. 6, p. 934-942, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e83>

- LEE, Yee Eun *et al.* Effect of *Penicillium candidum* and *Penicillium nalgiovense* and their combination on the physicochemical and sensory quality of dry-aged beef. **Food Microbiology**, Seoul National University, Seoul, South Korea, v. 107, p. 104083, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104083>
- LEWICKI, P.P. Drying. **Encyclopedia of Meat Sciences**, Warsaw, Poland, p. 402-411, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/B0-12-464970-X/00151-3>
- LI, Xin *et al.* Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef gluteus medius aged in a dry ageing bag or vacuum. **Meat Science**, Sweden, v. 95, ed. 2, p. 229-234, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.009>
- LONERGAN, Elisabeth Huff *et al.* Biochemistry of postmortem muscle — Lessons on mechanisms of meat tenderization. **Meat Science**, Iowa, United States of America, ed. 86, p. 184-195, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.004>
- LONERGAN, Elisabeth Huff *et al.* Proteolysis of specific muscle structural proteins by μ -calpain at low pH and temperature is similar to degradation in postmortem bovine muscle. **Journal of Animal Science**, Iowa, US, v. 74, n. 5, p. 93–1008, 1996. DOI: <https://doi.org/10.2527/1996.745993x>
- MIKAMI, Nana *et al.* Dry-aged beef manufactured in Japan: Microbiota identification and their effects on product characteristics. **Food Research International**, Japan, v. 140, p. 110020, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110020>
- MONSÓN, F; SAÑUDO, C; SIERRA, I. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. **Meat Science**, Zaragoza, Spain., v. 71, n. 3, p. 471-479, 2005. DOI: [10.1016/j.meatsci.2005.04.026](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.026)
- NISHIMURA, Toshihide; KATO, Hiromichi. Taste of free amino acids and peptides. **Food Reviews International**, University of Tokyo, Tokyo, Japan, v. 4, ed. 2, p. 175-194, 1988. DOI: [10.1080/87559128809540828](https://doi.org/10.1080/87559128809540828)
- OH, Hyemin Oh *et al.* Identification of Microorganisms Associated with the Quality Improvement of Dry-Aged Beef Through Microbiome Analysis and DNA Sequencing, and Evaluation of Their Effects on Beef Quality. **Journal of Food Science: Food Microbiology & Safety**, Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries., v. 84, ed. 10, p. 2944-2954, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14813>
- O'QUINN, T.G. *et al.* Identifying consumer preferences for specific beef flavor characteristics in relation to cattle production and postmortem processing parameters. **Meat Science**, Kansas State University, Manhattan - USA, v. 112, p. 90-102, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.001>
- OSTROWSKI, Grzegorz *et al.* Cold adapted and closely related mucoraceae species colonise dry-aged beef (DAB). **Fungal Biology**, Warsaw, Poland, v. 127, ed. 10-11, p. 1397-1404, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2023.09.005>

OUALI, Ahmed *et al.* Biomarkers of meat tenderness: Present knowledge and perspectives in regards to our current understanding of the mechanisms involved. **Meat Science**, France, v. 95, p. 854-870, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.010>

OUALI, Ahmed *et al.* Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. **Meat Science**, Saint Genès Champanelle, France, v. 74, p. 44–58, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.010>

PUGA, Débora Maria Ubisses; CONTRERAS, Carmen Josefina Castillo; TURNBULL, Marcello Rodrigues. An evaluation of tenderization of forequarter bovine meat (Triceps brachii) through methods of ageing and injection with acetic and lactic acids. **Food Science and Technology**, v. 19, n. 1, p. 88-96, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20611999000100016>

RIBEIRO, Ana *et al.* Microbial, Physicochemical Profile and Sensory Perception of Dry-Aged Beef Quality: A Preliminary Portuguese Contribution to the Validation of the Dry Aging Process. **Foods: Meat**, Vila Real, Portugal, v. 12, ed. 24, p. 4514, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12244514>

RIBEIRO, Felipe A. *et al.* Ultimate pH effects on dry-aged beef quality. **Meat Science**, University of Nebraska, Lincoln, USA, v. 172, p. 108365, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108365>

SAHIN, Serpil; SUMNU, Servet Gulum. **Physical Properties of Foods**. Ankara, Turkey: Springer Science, 2006. 267 p. ISBN 0-387-30808-3.

SÁNCHEZ-MOLINERO, F.; GARCÍA-REGUEIRO, J. A.; ARNAU, J. Processing of dry-cured ham in a reduced-oxygen atmosphere: Effects on physicochemical and microbiological parameters and mite growth. **Meat Science**, Spain, v. 84, n. 3, p. 400-408, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.09.008>

SAVELL, J. W. Dry-aging of beef: Executive Summary. Center for Research and Knowledge Management. National Cattlemen’s Beef Association. Texas, Estados Unidos, 2008. Disponível em <https://www.scribd.com/document/185080057/Dry-Aging-of-Beef>. Acesso em: 1 abril 2024.

SAVELL, Jeff; GEHRING, Kerri. Dry-aged beef revival. Meat+poultry: Meat Perspectives, Texas, USA, 27 mar. 2018. Disponível em: <https://www.meatpoultry.com/articles/19412-dry-aged-beef-revival>. Acesso em: 8 maio 2024.

SOUZA, Jonatã Henrique Rezende de *et al.* Profile of Producers and Production of Dry-Aged Beef in Brazil. **Foods**, Campinas, Brasil, v. 10, n. 10, p. 2447, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10102447>

TERJUNG, Nino; WITTE, Franziska; HEINZ, Volker. Review: The dry aged beef paradox: Why dry aging is sometimes not better than wet aging. **Meat Science**, Quakenbrück, Germany, v. 172, p. 108355, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108355>

THE GOOD Scents Company Information System: To Odor Index Page. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.thegoodscentcompany.com/index.html>. Acesso em: 23 maio 2024.

UTAMA, Dicky Tri *et al.* Comparison of meat quality, fatty acid composition and aroma volatiles of dry-aged beef from Hanwoo cows slaughtered at 60 or 80 months old. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Kangwon National University, Chuncheon - Korea, v. 33, n. 1, p. 157-165, 2020. DOI: 10.5713/ajas.19.0205

WARREN, K. E.; KASTNER, C. L. A comparison of dry-aged and vacuum-aged. **Journal of Muscle Foods**, v.3 , p. 151-157, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.1992.tb00471.x>

WITTE, Franziska *et al.* High-pressure processing of usually discarded dry aged beef trimmings for subsequent processing. **Meat Science**, Quakenbrück, Germany, v. 170, p. 108241, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108241>