



## **HOMOLOGAÇÃO Nº 106**

**MIKAELA SERAFIM MIRANDA**

### **Implicações tecnológicas da maturação úmida (*wet aged*) e da maturação a seco (*dry aged*) sobre a qualidade da carne: uma revisão**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado nesta data para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - *campus* Patos de Minas (MG) pela banca examinadora constituída por:

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marieli de Lima**  
Orientadora - FEQUI/UFU

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vivian Consuelo Reolon Schmidt**  
FAMED/UFU

**Eng.<sup>a</sup> Mariana Martins Ferreira**  
Flormel

Patos de Minas, 04 de janeiro de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Mariana Martins Ferreira, Usuário Externo**, em 04/01/2024, às 10:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vivian Consuelo Reolon Schmidt, Professor(a) do Magistério Superior**, em 04/01/2024, às 10:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marieli de Lima, Professor(a) do Magistério Superior**, em 04/01/2024, às 10:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4993292** e o código CRC **C28F3657**.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



MIKAELA SERAFIM MIRANDA

**IMPLICAÇÕES TECNOLÓGICAS DA MATURAÇÃO ÚMIDA (WET AGED) E DA  
MATURAÇÃO A SECO (DRY AGED) SOBRE A QUALIDADE DA CARNE:  
UMA REVISÃO**

Patos de Minas - MG

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



**IMPLICAÇÕES TECNOLÓGICAS DA MATURAÇÃO ÚMIDA (WET AGED) E DA  
MATURAÇÃO A SECO (DRY AGED) SOBRE A QUALIDADE DA CARNE:  
UMA REVISÃO**

Mikaela Serafim Miranda

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Patos de Minas como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Marieli de Lima

Patos de Minas - MG

2024

“Se você tem conhecimento, deixe os outros  
acenderem suas velas nele.”

(Margaret Fuller)

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	2
2	OBJETIVO.....	4
2.1	Objetivos específicos .....	4
3	METODOLOGIA .....	4
3.1	Caracterização do trabalho.....	4
3.2	Obtenção e seleção do material teórico .....	5
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1	Definição, obtenção e critérios de qualidade da carne.....	5
4.2	Maturação da carne .....	9
4.3	Tipos de maturação .....	13
4.3.1	Maturação úmida ( <i>wet aged</i> ).....	14
4.3.2	Maturação a seco ( <i>dry aged</i> ).....	15
4.3.3	Outros tipos de maturação.....	17
4.4	Parâmetros que influenciam a maturação .....	18
4.4.1	Tempo e temperatura .....	1
4.4.2	Umidade relativa .....	2
4.4.3	Fluxo de ar .....	3
4.4.4	Outros parâmetros: sexo, corte e alimentação do animal.....	4
4.5	Qualidade da carne maturada.....	5
4.5.1	Textura .....	5
4.5.2	Sabor e aroma.....	7
4.5.3	Suculência .....	11
4.5.4	Cor.....	13
4.5.5	Capacidade de retenção de água .....	17
4.5.6	Estabilidade oxidativa .....	18
4.5.7	Propriedades microbianas ( <i>Dry aged</i> ).....	20

4.5.8	Qualidade da carne de acordo com a espécie animal.....	22
4.6	Considerações finais e perspectivas futuras.....	29
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

# 1 INTRODUÇÃO

Dentre as diversas fontes de alimentos, a carne e seus produtos derivados constitui um dos alimentos mais consumidos pelo ser humano, principalmente por fornecer uma grande diversidade de nutrientes necessários para o desenvolvimento. A carne também é altamente apreciada por suas características sensoriais únicas. Ao analisar receitas de alimentos, muitas vezes o nome de um prato é diretamente ligado à carne que será utilizada. Sendo assim, a carne é vista em uma refeição geralmente como o alimento principal (AASLYNG, 2009; MCGEE, 2004; MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2020).

A carne provém do músculo de um animal após as suas transformações bioquímicas *post-mortem*. Para o consumo humano, diferentes animais podem ser utilizados para a obtenção da carne. O animal mais comumente consumido e suas preparações variam com a cultura e sociedade. Todavia, as principais categorias de carne mundialmente consumidas são: carne bovina, carne suína, aves, peixes e carne ovina. Algumas variações como a carne equina, caprino, coelho, veado, sapos, e outros espécimes mais exóticos ocorrem em menor frequência, quando em análise de nível mundial (HOLLOWAY; WU, 2019; LORENZO et al., 2019).

Muitas vezes, o ato de comer carne é considerado uma experiência sensorial, e os consumidores exigem cada vez mais qualidade no produto. Assim, há uma tendência mundial de busca por qualidade superior da carne. Existem diversos fatores relacionados à qualidade da carne, em que os principais são a coloração, os aspectos sensoriais, o valor nutricional e a segurança microbiológica. Os aspectos sensoriais da carne bovina englobam a maciez, suculência, sabor, aroma, dentre outros. A textura macia da carne é geralmente o aspecto mais buscado pelos consumidores (ÁLVAREZ et al., 2021; HOLLOWAY; WU, 2019).

A alta qualidade da carne exige abordagens específicas desde a criação até o prato, visto que diversos fatores influenciam nesta questão, como a genética, o sistema de criação, o sistema de abate, as etapas *post-mortem*, o armazenamento, a embalagem e o modo de preparo para consumo. Dentre estes diversos fatores que influenciam a qualidade da carne, a maturação está diretamente relacionada aos aspectos sensoriais, principalmente à textura, aroma e sabor da carne. A maturação é caracterizada pela ação de enzimas musculares endógenas, as calpaínas e as calpastatinas, presentes no músculo vivo, que apresentam outras funções no *post-mortem*, e assim, a carne adquire alta maciez e há formação de diversos compostos. Durante o processo de cocção da carne que foi maturada, alguns compostos

formam substâncias de aroma e sabor específicas, que não são formados na cocção de carnes não-maturadas (ÁLVAREZ et al., 2021, LAWRIE; LEDWARD, 2006).

A maturação pode ser realizada de duas formas, de forma seca e de forma úmida, sendo a maturação seca realizada a mais tempo na história humana, sendo conhecida e aplicada há séculos. Com o surgimento da maturação úmida a maturação a seco começou a ser menos aplicada e vendida no mercado. Todavia, nos últimos anos, a maturação a seco voltou a ser aplicada e pesquisada, por atribuir aromas e sabores diferentes dos obtidos pela maturação úmida. De forma geral, a maturação sendo úmida ou seca, é realizada com o armazenamento da carne em um local refrigerado, com controle extremo de temperatura, durante o período desejado (ÁLVAREZ et al., 2021; BERGER, 2018).

Na maturação úmida, ou como é conhecida do inglês *wet aged*, a carne é embalada à vácuo em embalagem plástica completamente selada, que é então armazenada sob temperatura de refrigeração por dias ou até semanas. Nesta técnica há o controle extremo de temperatura, a carne fica protegida do oxigênio, retém sua umidade e as enzimas calpaínas e as calpastatinas continuam seu trabalho nas proteínas estruturais, causando maciez e formação de compostos responsáveis por diferentes sabores e aromas (DIKEMAN et al., 2013; GIBSON; NEWSHAM, 2018). A maturação a seco, ou *dry aged* como é conhecida na língua inglesa, é um processo tradicional caracterizado pelo armazenamento de carne, sem a utilização de nenhum tipo de embalagem, em um local refrigerado, com temperatura, umidade e fluxo de ar controlados (DASHDORJ et al., 2016; KIM; KEMP; SAMUELSSON, 2016; MCGEE, 2004; SAVELL, 2008).

Nos últimos anos, com as pesquisas relatando melhorias no sabor, aroma e textura de carnes que passaram por processos de maturação, surgem cada vez mais processadores de carne locais ou pequenos fornecedores de carne aplicando estas técnicas. Com isso, tanto a maturação úmida quanto a maturação a seco são muitas vezes realizadas de forma completamente artesanal. Para que não haja riscos à saúde pelo consumo de carnes maturadas, é necessário que todos os parâmetros envolvidos no processo sejam controlados, como o tempo, temperatura, umidade relativa e o fluxo de ar. (ÁLVAREZ et al., 2021, GIBSON; NEWSHAM, 2018).

Os mecanismos e parâmetros envolvidos na maturação de carnes devem ser devidamente estudados e consolidados, para que possam ser aplicados de forma correta, garantindo a segurança destes produtos. Neste sentido, a realização de um levantamento bibliográfico abordando a influência da maturação a seco e da maturação úmida na qualidade

da carne pode direcionar para o desenvolvimento e implementação de processos de maturação pela indústria cárnea, uma vez que as pesquisas podem indicar critérios e estratégias para melhoria e padronização desses processos, promovendo assim obtenção de produtos cárneos com maior qualidade.

## **2 OBJETIVO**

Esta revisão bibliográfica tem como objetivo relatar as diversas implicações tecnológicas da maturação úmida (*wet aged*) e da maturação a seco (*dry aged*) sobre a qualidade da carne.

### **2.1 Objetivos específicos**

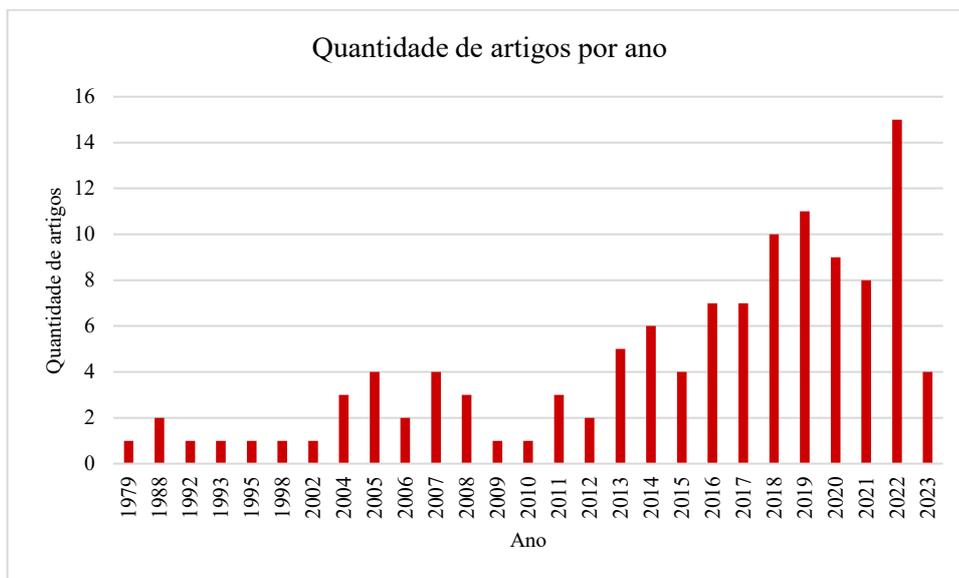
- Conceituar a qualidade da carne e demonstrar os atributos interessantes ao seu consumo.
- Elucidar os mecanismos envolvidos na maturação de carnes e relacionar com os diferentes tipos deste processo.
- Debater a respeito das implicações tecnológicas que envolvem a maturação úmida e maturação a seco na qualidade da carne.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Caracterização do trabalho**

Este trabalho é caracterizado como uma revisão narrativa da literatura, que buscou detalhar as implicações tecnológicas da maturação úmida e à seco sobre a qualidade da carne. A literatura consultada possui como foco principalmente artigos científicos dos últimos 10 anos (Gráfico 1), incluindo livros e artigos tradicionais da área de foco do trabalho, com a finalidade de acrescentar maior robustez aos conceitos e embasamentos teóricos da ciência da carne e de questões específicas do tema que serão abordados neste trabalho.

Gráfico 1 – Quantidade de artigos por ano que foram estudados e avaliados neste trabalho.



### 3.2 Obtenção e seleção do material teórico

O material teórico foi encontrado através de buscas em base de dados científicos digitais, como Periódicos CAPES, Science Direct, Scielo, Scopus, Scholar Google e Web of Science.

As pesquisas nas plataformas foram realizadas com termos intrinsecamente relacionadas ao tema, como “maturação”, “maturação úmida”, “maturação à seco”, “carne”, dentre outros específicos a cada tópico estudado do trabalho. Ainda, as pesquisas também foram realizadas com termos em inglês como “*meat*”, “*maturing*”, “*aging*”, “*ageing*”, “*dry aged*” e “*wet aged*”, para maior alcance.

Assim, com a pesquisa sobre os fatores envolvidos na maturação úmida (*wet aged*) e na maturação a seco (*dry aged*), foi possível estruturar os tópicos a serem descritos e revisados no presente trabalho, e ainda realizar uma conclusão, sintetizando o que foi abordado nesta revisão.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Definição, obtenção e critérios de qualidade da carne

A carne é consumida a milhares de anos pelos seres humanos. No início dos tempos, a caça era o único meio utilizado para obtenção de carne. Hoje, os animais que são utilizados como fonte de alimento são obtidos comercialmente, originalmente abatidos e processados sob diretrizes e normas de várias agências governamentais. Assim, as diretrizes para o abate

animal consideram maneiras onde o bem-estar animal, a qualidade e sanitização são priorizados, visando oferecer carnes seguras e saudáveis (BOLER; WOERNER, 2017; LAWRIE; LEDWARD, 2006).

A definição de carne costuma ser complexa e bastante discutida na literatura. Os dicionários normalmente apresentam a explicação de que a carne é o tecido animal utilizado como alimento. De acordo com a AMSA (*American Meat Science Association*), a carne é o músculo esquelético e seus tecidos associados derivados de espécies de mamíferos, aves, répteis, anfíbios e aquáticos comumente utilizados para consumo humano. Os miúdos comestíveis consistindo em órgãos e tecidos musculares não esqueléticos também são considerados carne segundo a mesma associação. Sozinhos, os ossos não são considerados carne, mas o são quando estão associados a uma porção de carne (BOLER; WOERNER, 2017; HOLLOWAY; WU, 2019).

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a carne é definida como a parte do músculo de gado, ovelha, suíno ou cabra que é esquelética, ou ainda partes da língua, diafragma, coração ou esôfago, que pode ter gordura, ou não, e são incluídos os tecidos musculares que possuem ossos, pele, tendões, nervos e vasos sanguíneos. Há uma definição separada para carne de equino, por este departamento (USDA, 2016).

Para a EU (União Europeia), em termos de higiene, a carne é definida como o tecido muscular esquelético derivado de algumas espécies animais, incluindo miudezas comestíveis e sangue. Neste caso, os peixes e frutos do mar não são abrangidos pelo termo carne. Já para os fins de processamento, a definição de carne se resume ao tecido muscular esquelético acompanhado de outros tecidos (EUROPEAN UNION, 2004).

Segundo a legislação brasileira vigente, a carne pode ser definida pelo artigo 276 presente no Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) como “massa muscular e os demais tecidos que a acompanha, incluída ou não a base óssea correspondente, procedentes das diferentes espécies animais, julgadas aptas para o consumo pela inspeção veterinária oficial” (BRASIL, 2017).

Assim, as autoridades regulamentadoras governamentais de cada país costumam definir a carne para seus cidadãos, buscando assegurar questões como rotulagem adequada, prevenir possíveis adulterações, e esta definição provavelmente varia de acordo com o país. De forma geral, a carne pode ser definida como a musculatura de animais que é utilizada como alimento. Esta definição também pode incluir órgãos e outros tecidos comestíveis dos animais (LAWRIE; LEDWARD, 2006; SAVELL, 2017).

Em muitas sociedades, os animais utilizados para a obtenção da carne são domesticados. Os bovinos, os suínos, algumas aves, peixes e os ovinos são os animais comumente domesticados mundialmente. Em certas regiões específicas do mundo existe alta variabilidade de animais utilizados para a obtenção de carne, como búfalo, cabra, cavalo, veado, urso, foca, coelho, lebre, dentre outros. Todavia, de forma geral, os animais primariamente citados são os mais difundidos para este processo (LAWRIE; LEDWARD, 2006; SAVELL, 2017).

Os animais são criados até que se atinja o equilíbrio ideal entre a massa muscular e a engorda, e então é realizado o abate, resultando nas carcaças, e posteriormente na carne propriamente dita. A ciência da carne engloba a compreensão do crescimento, desenvolvimento do músculo esquelético e tecido adiposo. Assim, a indústria de carnes é impulsionada pela ciência da carne, buscando sempre satisfazer as condições desejadas pelos consumidores. Há uma preferência no mercado de carnes por carne magra, ou marmoreada, nutritiva e com alta qualidade (GIBSON; NEWSHAM, 2018; LAWRIE; LEDWARD, 2006; BRADEN, 2013).

Normalmente, a carne possui alto foco na alimentação, a depender da comunidade. É um alimento muito nutritivo, rico em aminoácidos essenciais, e assim, pode ser visualizado como o principal alimento em uma refeição em dietas normais ou em populações em dietas restritivas. Seu perfil nutricional é caracterizado também por alta quantidade de ferro metabolicamente ativo, teor interessante de vitaminas do complexo B, com destaque para a vitamina B12, pois não é possível encontrá-la em alimentos de origem vegetal. As quantidades de macronutrientes e micronutrientes presentes na carne possuem alta variabilidade, é dependente do animal, e principalmente do corte cárneo analisado (AHMED et al., 2018; GIBSON; NEWSHAM, 2018; MCCANCE; WIDDOWSON'S, 2002).

O conceito de qualidade da carne pelo consumidor é principalmente relacionado aos seus atributos sensoriais. A sua qualidade, de forma geral, possui diversos aspectos envolvidos, desde a criação dos animais até chegar ao prato do consumidor. Os fatores que estão mais comumente interligados à qualidade da carne são a genética animal, o sistema de criação, o sistema de abate, as etapas *post mortem*, o armazenamento, a embalagem e o modo de preparo para consumo (ÁLVAREZ et al., 2021; BRANDEBOURG, 2013).

A avaliação sensorial da carne é utilizada como um importante componente de sua qualidade, vida útil e aceitação do consumidor. Os atributos sensoriais que são referenciais para o conceito de qualidade da carne englobam a coloração, suculência, textura, maciez,

sabor e aroma. A valorização destes atributos é variável, a depender das preferências regionais e da opinião individual de cada consumidor. Todavia, a textura costuma ser um atributo que possui valorização mais consistente e comparável (LAWRIE; LEDWARD, 2006; MILLER, 2017).

A textura macia da carne pode ser impulsionada por diversas tecnologias de tenderização, que é o termo geral para processos que aumentam e melhoram a maciez da carne. Este parâmetro pode ser medido pela apreciação subjetiva do consumidor, ou ainda de forma mais técnica por um painel treinado, formado por pessoas treinadas para perceber os quesitos sensoriais da carne com maior propriedade. A maciez é muito afetada pela produção e processamento da carne, e pode ser aumentada pelo processo de maturação (HOPKINS, 2017; YOUNG; HOPKINS; PETHICK, 2005).

A formação de sabor e aroma da carne durante o cozimento são afetados pela composição da carne e pelo processamento. A carne contém moléculas que desvendam e formam sabores básicos, mas também sabores especiais durante a cocção e consumo. Os peptídeos juntamente com os aminoácidos, ácidos graxos livres e nucleotídeos são os responsáveis pelas reações bioquímicas envolvidas na formação de sabor da carne durante a cocção e processamento (GIBSON; NEWSHAM, 2018; HOLLOWAY; WU, 2019).

A qualidade da carne pode ser atrelada ou até otimizada através de técnicas de processamento da carne, e neste sentido, a maturação pode ser associada como uma técnica de melhoramento da qualidade da carne, agregando valor a cortes tradicionais e até mesmo melhorando a palatabilidade de carnes menos consumidas principalmente por fatores sensoriais, como é o caso de carnes de equinos. Na **Figura 1** é apresentado um esquema ilustrativo dos parâmetros comumente associados a qualidade da carne e que podem ser otimizados pela maturação, bem como alguns parâmetros de processos importantes associados aos tipos de maturação mais tradicionalmente empregados e que serão apresentados a seguir.



literalmente podre. Os franceses eram muito adeptos deste processo, e o chamavam de mortificação (MCGEE, 2004; CALKINS; SULLIVAN, 2007).

Atualmente, a carne não é mantida da mesma maneira durante o envelhecimento, mas a técnica somente foi aprimorada, e, normalmente, é mais chamada de maturação (ÁLVAREZ et al., 2021). Segundo Mohan, Banerjee e Maheswarappa (2020), na ausência de deterioração microbiana, o processo de maturação consiste na retenção de carne não processada acima de seu ponto de congelamento, e tem sido associado à um aumento na maciez e no sabor. De acordo com as normas alimentares e políticas de rotulagem do USDA, o processo de maturação consiste no armazenamento da carne sob refrigeração por determinado período para permitir que a carne seja afetada pela atividade enzimática endógena (USDA-FSIS, 2005).

A maturação se tornou um processo muito difundido no mercado cárneo, principalmente pelas expectativas do consumidor de consumir uma carne especial, de qualidade superior (GIBSON; NEWSHAM, 2018). Geralmente, a maturação é realizada em temperaturas de refrigeração e sob umidade controlada, para evitar desenvolvimento microbiano na carne. Em relação ao tempo, este processo pode durar de alguns dias a algumas semanas, e é determinado de acordo com o tipo de carne e tipo de maturação. No entanto, quanto mais tempo dura a maturação, mais umidade é perdida (GIBSON; NEWSHAM, 2018; MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2020).

Após o abate, ocorre a diminuição do ATP disponível, e o tecido passa a obter energia através do metabolismo anaeróbico, o que antes ocorria pela via aeróbica. Há, então, produção de ácido láctico através da via anaeróbica, e conseqüentemente ocorre redução do pH. Após estas alterações bioquímicas, as fibras musculares tornam-se rígidas em um processo denominado de *rigor mortis*. As miofibrilas são constituídas por diversas proteínas, principalmente pela actina e pela miosina. Durante a contração do músculo, no *rigor mortis*, a miosina desliza sobre a actina, formando um complexo denominado de actomiosina, o que causa o enrijecimento do músculo. Este processo todo caracteriza a transformação do músculo em carne (BRADEN, 2013; FRONTERA; OCHALA, 2015).

Embora os parâmetros associados ao período *post rigor* no amaciamento da carne sejam dependentes da espécie, raça e tamanho do animal abatido, observa-se a necessidade de que o processo ocorra dentro da normalidade, em que ocorre o declínio e estabilização do pH após 24 h (na faixa de 5,4 a 5,9), o resfriamento gradual da carcaça (de 38°C até a temperatura de refrigeração), além da ação de enzimas endógenas. Mediante essas alterações

bioquímicas que ocorrem no *rigor mortis*, observa-se no *post rigor* o início do relaxamento da carne, que criam as condições que possibilitam a maturação sanitária, e posteriormente, a condução dos demais métodos de maturação comerciais (BRADEN, 2013; DEVIDE, 2004; MATARNEH et al., 2017).

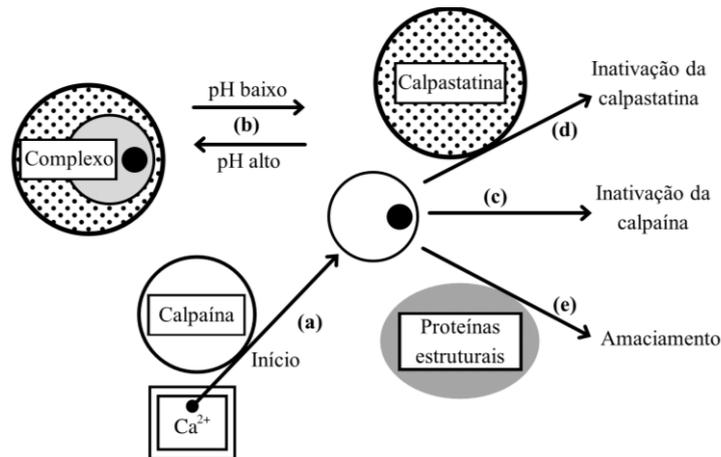
Durante a maturação ocorre a tenderização, que consiste no amaciamento da carne, atribuído a dois processos: mudanças nos componentes do tecido conjuntivo da carne e o enfraquecimento das miofibrilas. Todavia, o primeiro processo acarreta mudanças pouco perceptíveis no tecido conjuntivo da carne. Assim, o enfraquecimento das miofibrilas é o processo mais associado à tenderização (BISWAS; TANDON; MANDAL, 2020; MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2020).

O enfraquecimento das proteínas ocorre por degradações causadas por enzimas endógenas. No músculo vivo, estas enzimas apresentavam outras ações, e mudam de função no *post mortem*. A ação enzimática contribui para a proteólise, que causa o enfraquecimento das proteínas de suporte que mantêm os filamentos miofibrilares em contração, e assim há o amaciamento (LIAN; WANG; LIU, 2013; KOOHMARAIE; GEESINK, 2006).

A proteólise envolve três enzimas, a calpaína I e II, que são enzimas que dependem de íons de cálcio para agirem; e a calpastatina, que também possui papel fundamental na proteólise, processo que ainda depende do pH e temperatura do meio (DRANSFIELD, 1993; KIM; WARNER; ROSENVOLD, 2014).

A Figura 2 ilustra como ocorre este processo. Primeiramente, pela presença de íons de cálcio, há a ativação das enzimas calpaínas, que então participam do amaciamento (a). O nível de calpaínas livres ativas é estabelecido pelo equilíbrio das ligações entre as calpaínas e as calpastatinas (b), que é influenciado pelo pH (aumenta quando o pH diminui). Assim, ocorre a autólise das calpaínas livres ativas (c), que são degradadas. Ocorre então a inativação da calpastatina livre (d), seguida do amaciamento da carne (e), que foi causado pelo processo de proteólise das proteínas estruturais pelas enzimas calpaínas (ANDERSON; LONERGAN; HUFF-LONERGAN, 2012; DRANSFIELD, 1993).

**Figura 2** – Esquema do processo calpaína-calpastatina responsável pelo amaciamento da carne.

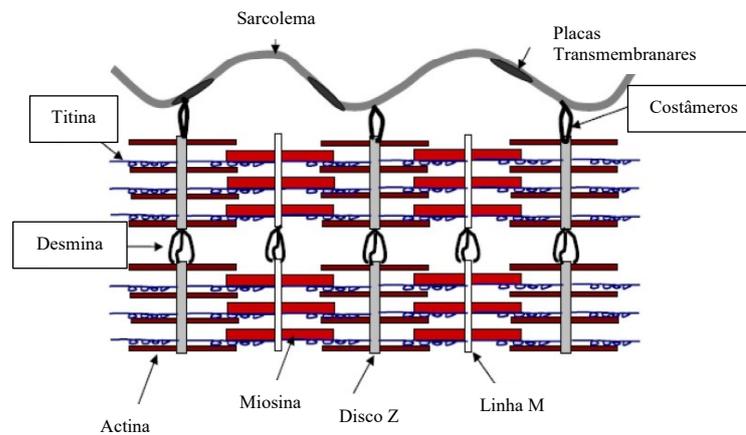


Fonte: Adaptado de Dransfield, 1993.

Algumas das proteínas estruturais que são degradadas neste processo são a tropomiosina, nebulina, titina, troponina T e I, desmina, distrofina, vinculina e metavinculina. Elas estão associadas ao citoesqueleto estrutural da miofibrila, e às estruturas que retêm a interação da miofibrila com sarcolema, os costâmeros (**Figura 3**) (BISWAS; TANDON; MANDAL, 2020; TAYLOR et al., 1995).

Como descrito, o mecanismo de atividade da calpaína na proteólise *post mortem* ocorre da mesma maneira na carne, seguindo os mesmos passos. Todavia, a intensidade e a taxa da proteólise que ocorrem na carne variam em relação ao tipo do corte e origem animal. Ainda, a proteólise depende e varia também com a idade do animal, a dieta, raça, quantidade e distribuição do marmoreio, e as condições em que a maturação foi realizada (temperatura, umidade, tempo, uso de embalagem, dentre outros). Assim, estas variações acabam resultando em diferenças na maciez daquela determinada carne (BISWAS; TANDON; MANDAL, 2020; KIRAN et al., 2015; KIRAN et al., 2016; MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2020).

**Figura 3** – Representação esquemática da proteína miofibrilar muscular.



**Fonte:** TAYLOR et al., 1995.

Formação de polipeptídios é o que decorre da proteólise das proteínas estruturais. Estes compostos são então degradados pela ação das enzimas endógenas, resultando em peptídeos cada vez menores, até a formação de aminoácidos livres. Como consequência, alguns destes aminoácidos e peptídeos, gerados pelo processo de proteólise durante a maturação da carne, são responsáveis por diversos perfis de aroma e sabor liberados na cocção (ÁLVAREZ et al., 2021; DASHDORJ et al., 2016; KIM et al., 2018b).

### 4.3 Tipos de maturação

Em geral, existem dois tipos de maturação, um baseado na preservação do conteúdo úmido original da carne, e outro em que há redução da umidade. Estes processos são a maturação úmida (*wet aged*) e a maturação a seco (*dry aged*), respectivamente (ÁLVAREZ et al., 2021; GIBSON; NEWSHAM, 2018; MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2020).

Todavia, recentemente um sistema integrado de maturação vem sendo relatado. Neste sistema, há a combinação dos dois tipos de maturação tradicionais (KIM et al., 2017b). Também há relatos de um outro tipo de maturação, realizado em uma embalagem denominada de “*special bag*”, que possui permeabilidade considerável ao vapor d’água (ÁLVAREZ et al., 2021; DIKEMAN et al., 2013; GUDJÓNSDÓTTIR et al., 2015; LI et al., 2014).

Ainda, existe o conceito de maturação sanitária, que ocorre sobre parâmetros seguindo exigências internacionais e a legislação do país, garantindo a qualidade higiênico-sanitária do produto para que possa ser exportado (BINDEMANN, 2013, MARFRIG, 2007). Nesta revisão serão abordados os métodos de maturação dedicados à melhoria das propriedades tecnológicas da carne, maturação úmida e maturação seca.

#### 4.3.1 Maturação úmida (*wet aged*)

Originalmente, a maturação era realizada apenas com a técnica de pendurar o corte cárneo em um local frio. Todavia, as embalagens à vácuo, feitas com polímeros com baixa permeabilidade ao vapor d'água, possibilitaram um maior controle nas condições da maturação, trazendo melhorias na produção, processamento, transporte, e vida útil (HA et al., 2019).

Assim, surgiu a maturação úmida, que começou a se desenvolver nos anos 1960, e os primeiros métodos comerciais foram patenteados na década de 1970. Esta maturação úmida também é conhecida como *wet-aged*. É o tipo de maturação mais comumente aplicado nas indústrias de carne. Os cortes, primários ou sub-primários, são embalados à vácuo em uma embalagem plástica completamente selada, são armazenados em temperaturas de refrigeração por dias ou até semanas, com controle extremo de temperatura, protegidos do oxigênio, retém sua umidade e as enzimas continuam seu trabalho nas proteínas estruturais (DIKEMAN et al., 2013; GIBSON; NEWSHAM, 2018).

No Brasil, a legislação atual exige que a carne deve ser embalada a vácuo e mantida sob refrigeração, em temperaturas de -1 a 0°C, por um tempo entre 15 e 20 dias, para que possa então ser considerada carne maturada (BRASIL, 1988).

Usualmente, o tempo mínimo para esta maturação é de 14 dias, que é quando a redução máxima de dureza é observada. Tempos menores não trazem melhorias significativas na textura da carne, e assim, não causam a maciez esperada. Atualmente, existem indicações na literatura de que a maturação úmida está sendo realizada por maiores períodos, variando de 14 a 35 dias (ÁLVAREZ et al., 2021; GIBSON; NEWSHAM, 2018; JOSE; JACOB; GARDNER, 2020).

Entretanto, Ha e outros autores (2019) relataram a maturação úmida de bifes de lombo bovino entre 7 e 56 dias. Neste caso, foi constatado que os bifes maturados após 21 dias obtiveram as maiores notas na análise sensorial, para suculência, sabor e preferência no geral entre os tratamentos. A maturação úmida realizada em maiores períodos que estes não possuem benefícios adicionais de maciez, e até mesmo apresentam influências negativas na suculência, sabor e aroma (ÁLVAREZ et al., 2021). Isto foi comprovado por Kim e outros autores (2017a), que apresentaram resultados de deterioração em bifes *wet aged*, após 40 dias de maturação, devido ao crescimento microbiano anaeróbio.

Existem muitos estudos reforçando que a maturação úmida acarreta alta maciez na carne sem que ocorra muita perda de peso, devido a evaporação do conteúdo de umidade, o

que ocorre na *dry aged*. Assim, a maturação úmida resulta em tempos de produção mais curtos e com rendimentos maiores, ocasionando preços mais baixos para carnes maturadas por este método, em comparação às carnes maturadas a seco (KIM et al., 2018a; SMITH et al., 2008).

Todavia, existem relatos de desenvolvimento de características indesejáveis de sabor na carne durante a maturação úmida, como sabor sangrento, azedo, de soro sanguíneo e metálico (SAVELL, 2008; RAMANATHAN et al., 2020; WARREN; KASTNER, 1992). Ainda, embora a carne maturada por *wet aged* desenvolva sabores agradáveis semelhantes aos da carne maturada por *dry aged*, isso não ocorre na mesma proporção. Ou seja, na maturação úmida há uma menor concentração de sabor desejável (GIBSON; NEWSHAM, 2018).

#### **4.3.2 Maturação a seco (*dry aged*)**

A maturação a seco, ou *dry aged*, é um processo tradicional caracterizado pelo armazenamento de carcaças, cortes primários e/ou subprimários de carne, sem a utilização de nenhum tipo de embalagem, em um local refrigerado, com temperatura, umidade e fluxo de ar controlados (DASHDORJ et al., 2016; KIM; KEMP; SAMUELSSON, 2016; MCGEE, 2004; SAVELL, 2008).

A maturação a seco, por muito tempo, foi deixada de lado pelos apreciadores de carne, visto que o controle das condições era mais aplicável e bem-sucedido na maturação úmida. Todavia, nos últimos anos, a *dry aged* vem ganhando espaço no mercado de carnes, mesmo sendo mais utilizada por processadores de carne locais ou pequenos fornecedores de carne, sendo menos aplicado nas indústrias de carnes. O ressurgimento da maturação a seco é usualmente atribuído ao sabor único de carnes maturadas por este método, que é descrito apenas como “sabor *dry aged*” (ÁLVAREZ et al., 2021; SAVELL, 2008).

O tempo deste tipo de maturação varia muito, sendo que o mínimo costuma ser entre 21 e 25 dias, para que o processo de proteólise pelas enzimas endógenas e reações bioquímicas possam ocorrer de forma suficiente, garantindo no aumento da maciez e desenvolvimento do sabor único desta maturação (SAVELL, 2008). Ainda, à maturação a seco é atribuído o realce do sabor original da carne, o sabor de nozes, de assado ou torrado, e o sabor amanteigado (SETYABRATA et al., 2019).

A temperatura para este processo de maturação deve ser normalmente entre 0 e 4 °C, com umidade por volta de 70%, e o tempo pode variar do tempo mínimo (21 a 25 dias) até 45

dias, a depender do tipo de carne, da qualidade microbiológica e do controle das condições da maturação (GIBSON; NEWSHAM, 2018; SAVELL, 2008).

Existem algumas indicações internacionais para as condições da maturação a seco. Na guia de diretrizes para carne bovina maturada seca nos EUA, para mercados internacionais, realizada pela Federação de Exportação de Carne dos Estados Unidos, estão dispostas indicações de temperatura entre 0 e 4°C, tempo de maturação de 14 a 35 dias, umidade de 80 a 85% e circulação de ar entre 0,5 e 2 m/s (USMEF, 2014). Ainda, a Associação da Indústria de Carne da Austrália indica temperatura entre - 0,5 a 1 °C, umidade entre 75 e 85%, e circulação de ar de 0,2 a 0,5 m/s, e não há indicações de tempo mínimo, médio ou máximo. Em relação ao tempo, essa associação apenas informa que se o tempo de maturação for de apenas 7 a 14 dias, pode ser realizado sob temperatura de no máximo 3°C (AMPC; MLA, 2010).

O processo de maturação a seco ainda é relativamente recente no Brasil (ROSSO, 2019). Desta forma, ainda não existem normas, padrões microbiológicos e indicações específicas de regulamentação na legislação brasileira. Assim, é de extrema importância a realização de estudos científicos que abordem as melhores condições deste processo, buscando assegurar a qualidade e segurança microbiológica de carnes maturadas a seco.

Todavia, a maturação a seco é caracterizada por ser um processo caro, principalmente por causa da perda de umidade, e consequente perda de peso, e pelo tempo longo que é empregado neste processo. Esta maturação exige um espaço grande e específico, visto que as carnes não são embaladas, e assim, uma carne não deve encostar na outra (DASHDORJ et al., 2016; SAVELL, 2008). Ainda, ocorre um encolhimento da carne, pela alta perda de umidade, o que gera crostas muito secas que devem ser retiradas, aparadas, diminuindo ainda mais o rendimento da carne *dry aged* (SMITH et al., 2008). O rendimento encontrado na maturação a seco varia bastante com o tipo de corte, tempo e temperatura, mas é possível encontrar valores de rendimento entre 60 e 76,5% (DIKEMAN et al., 2013; HA et al., 2019; SMITH et al., 2008)

Berger e outros autores (2018) descobriram um aumento das características sensoriais da carne de bovinos que se alimentam de grama e culminam em carnes com baixo teor de marmoreio de gordura, através da maturação a seco. Lepper-Blilie e outros autores (2016) também analisaram as características sensoriais de carne de baixo teor marmoreio de gordura após passarem por maturação à seco e úmida, e observaram maior maciez em ambos os casos, e melhor sabor após a maturação à seco, quando comparada à úmida.

Carnes que não possuem muita gordura entremeada, que é a característica de mármore, possuem baixo valor agregado. Assim, a maturação a seco poderia ser uma forma de agregar valor à carnes provenientes de animais alimentados apenas com grama, e com baixo teor de marmoreiro (ÁLVAREZ et al., 2021).

### 4.3.3 Outros tipos de maturação

Uma combinação dos dois tipos de maturação tradicionais foi relatada por Kim e outros autores (2017b), e foi chamada de maturação gradual seca/úmida. A proposta desta maturação é que primeiro a carne seja submetida à maturação a seco por alguns dias, e após isso deve ser colocada em embalagem à vácuo, para que ocorra a maturação úmida por algum tempo. Na pesquisa, foram utilizados lombos bovinos que foram maturados a seco por 10 dias, e na sequência foram submetidos à maturação úmida por 7 dias. Aliado à maturação, foi analisado também o método de congelamento. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas nas características sensoriais da carne *dry aged* e da carne obtida pela maturação gradual seca/úmida. Ainda, aliado ao método de congelamento criogênico, foi possível perceber um aumento na capacidade de retenção de água da carne maturada por este método, o que diminui a perda de peso causada pela diminuição de umidade durante a etapa de maturação a seco. Assim, esta maturação poderia reduzir os custos para que o “sabor *dry aged*” seja alcançado em carnes, já que reduz o tempo e perdas do processo.

Outro tipo de maturação relatado é conhecido como maturação a seco em um saco, mas que não é um saco qualquer, e sim a “*special bag*”. Este saco é uma embalagem produzida com TUBLIN® 10 (TUB-EX ApS, Denmark), que possui uma taxa de permeabilidade a vapor d’água muito alta. Este material é feito a partir de um polímero flexível e poliamida rígida (ÁLVAREZ et al., 2021; GUDJÓNSDÓTTIR et al., 2015). As carnes maturadas desta forma apresentaram características sensoriais semelhantes às carnes maturadas pelo processo tradicionalmente a seco, e possuíram menor perda de umidade e menor contaminação microbiana (DIKEMAN et al., 2013; LI et al., 2014; SETYABRATA et al., 2022).

Por outro lado, na maturação sanitária, as meias carcaças são colocadas em câmaras de refrigeração, sob temperaturas controladas de 2,1°C a 5°C, sem nenhum tipo de embalagem, por período mínimo de 24 horas. Estes parâmetros são exigidos internacionalmente para exportações de carnes maturadas (BINDEMANN, 2013, MARFRIG, 2007).

#### 4.4 Parâmetros que influenciam a maturação

Os fenômenos de transporte físicos e químicos que ocorrem durante o processo de maturação da carne são de grande relevância. Avaliar como esses processos complexos e com multivariáveis é uma grande preocupação e o estudo de parâmetros que interferem em sua ocorrência atraído considerável atenção na literatura acadêmica na última década. Extensos esforços de pesquisa têm sido dedicados à compreensão dos intrincados mecanismos de transferência de massa e calor que se desdobram durante esse período de maturação. Neste sentido uma grande variedade de estudos para verificar a influência da temperatura, umidade e fluxo de ar no intrincado transporte de umidade e calor na carne tem sido desenvolvidos nos últimos anos, como parte de um esforço para mapear e conhecer melhor os mecanismos de transferência envolvidos na maturação de carnes. A Tabela 1 engloba alguns exemplos de trabalhos que discorrem sobre diferentes parâmetros utilizados por diversos autores em suas pesquisas envolvendo maturação de carne.

Vale observar que alguns parâmetros são de relevância comum para os tipos de maturação tradicionalmente conhecidas, como é o caso da temperatura, tipo de corte cárneo e o tempo do processo. A umidade relativa e o fluxo de ar, em relação apenas à maturação a seco. E ainda o material da embalagem utilizada na maturação úmida (ÁLVAREZ et al., 2021; RYU et al., 2018).

O tempo de processo para obter um corte de carne maturada pode variar entre horas, dias e até semanas. Enquanto a temperatura utilizada no processo costuma ser entre -1 e 5°C, a depender do tipo de maturação a ser realizada. Desta forma, é possível destacar que diferentes metodologias são utilizadas durante o processo de maturação de carnes, até mesmo dentro de um mesmo tipo de maturação. Ainda, a importância e influência dos parâmetros utilizados na maturação estão sendo sempre avaliados por diversos autores, visto que é um mundo vasto de possibilidades e diferentes combinações destes parâmetros (GIBSON; NEWSHAM, 2018; JOSE; JACOB; GARDNER, 2020; MARFRIG, 2007; SAVELL, 2008).

**Tabela 1** – Exemplos de diferentes parâmetros utilizados em tratamentos com aplicação de maturação de carne bovina.

<b>Tratamentos experimentais</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Principais resultados</b>	<b>Referência</b>
-18 lombos ( <i>M. longissimus lumborum</i> ) de gado Hanwoo, 1ª qualidade. - Tratamentos: Controle; WA ( <i>wet-aged</i> ); DA ( <i>dry-aged</i> ).	WA: 1°C, 7 dias. DA: 1°C, 30 dias, 0,5 m/s de fluxo de ar, 85% UR.	O tratamento DA apresentou pH mais alto, maior capacidade de retenção de água, índice de fragmentação miofibrilar e maior digestibilidade. Porém obteve valores mais baixos de luminosidade, cor vermelha e amarela, perda de cocção e força de corte quando comparado ao tratamento WA.	KIM et al., 2020
- 8 lombos ( <i>M. longissimus thoracis et lumborum</i> ) de gado Azul Belga, qualidade mediana. - Tratamentos: Dois experimentos de <i>dry-aged</i> .	1º Experimento: 2 e 6°C, 0, 3, 6 e 9 semanas, 75% UR. 2º Experimento: 2°C, 0, 3, 6 e 9 semanas, 75% e 90% UR.	Aumento na formação de metamioglobina e a oxidação de lipídios em até as 9 semanas de envelhecimento. E ao longo do tempo houve maior qualidade do sabor, odor e intensidade de sabor, acompanhada por um aumento de pequenos peptídeos e outros compostos nitrogenados. A temperatura e umidade relativa analisados durante a maturação tiveram um efeito limitado nas características de qualidade.	VOSSSEN et al., 2022

<p>- 13 lombos (<i>M. longissimus lumborum</i>) de gado Holandês, 5 dias pós abate.</p> <p>- Tratamentos: WA (<i>wet-aged</i>); DA (<i>dry-aged</i>); DWA (<i>dry-aged</i> em material permeável à vapor d'água); UDA (<i>dry-aged</i> sob luz ultravioleta).</p>	<p>2°C, 28 dias, 0,8 m/s de fluxo de ar e 65% UR.</p>	<p>WA obteve maior umidade e perda por aparas. DWA teve perdas inferiores em relação a DA e UDA. Não foram observadas diferenças significativas na força de corte, perda de cocção, oxidação lipídica e proteica entre os tratamentos. DWA mostrou a menor estabilidade de cor, com rápida descoloração. UDA manteve atributos de cor comparáveis com WA durante todo o período de exposição. UDA apresentou menor concentração microbiana na superfície em comparação com outros cortes. DA teve menores acidez, sabor de gordura animal e sabor oxidado.</p>	<p>SETYABRATA et al., 2022</p>
<p>- 21 alcatras de gado Holandês, grau de qualidade 3, pH inicial de <math>5,63 \pm 0,02</math>.</p> <p>- Tratamentos: Controle (não maturadas, dia 0); 6 experimentos de <i>dry-aged</i> (DA) combinando 3 fluxos de ar e dois tempos.</p>	<p>DA0: 0 m/s de fluxo de ar com 14 e 28 dias.</p> <p>DA2,5: 2,5 m/s de fluxo de ar com 14 e 28 dias.</p> <p>DA5: 5 m/s de fluxo de ar com 14 e 28 dias.</p> <p>4 °C e 75% UR em todos os DA.</p>	<p>No dia 28, <i>Pilaira anomala</i> foi o microrganismo mais abundante em DA0, enquanto em DA2.5 e DA5 foi <i>Debaryomyces hansenii</i>. DA0 apresentou um padrão de compostos de sabor discriminável em comparação com DA2.5 e DA5. Assim, o fluxo de ar pode influenciar a composição microbiana na crosta, levando a propriedades sensoriais distintas na carne maturada a seco.</p>	<p>LEE et al., 2019b</p>

<p>- 12 lombos (<i>Longissimus thoracis et lumborum</i>) de gado Azul Belga de quatro touros jovens (<math>1,8 \pm 0,1</math> anos) e oito vacas de descarte (<math>6,0 \pm 1,7</math> anos), 2 dias após abate</p> <p>- Tratamentos: Display 0 (<i>wet-aged</i> em diferentes tempos e sob duas temperaturas); Display 7 (<i>wet-aged</i> em diferentes tempos e sob duas temperaturas, e depois de cada tempo de maturação analisado as amostras foram colocadas em embalagem com atmosfera modificada – MAP, por 7 dias)</p>	<p>Temperatura: -1 e 4 °C. Tempo: 0, 20, 40, 60 e 80 dias.</p>	<p>A maturação a -1°C exerceu efeito protetor contra o crescimento de bactérias ácido lácticas e <i>Enterobacteriaceae</i>, além da oxidação da mioglobina. A presença de <i>Brochothrix thermosphacta</i> foi o parâmetro limitante para o envelhecimento por mais de 20 dias a -1°C. Possibilidade de estender a vida útil em prateleira por 7 dias em atmosfera rica em oxigênio. Carne de novilhos jovens mostrou-se mais sensível à oxidação em comparação com a carne. A maturação prolongada da carne de Azul Belga por mais de 20 dias teve um impacto negativo na vida útil em prateleira no varejo.</p>	<p>IMAZAKI et al., 2019</p>
<p>- 30 lombos (<i>Longissimus lumborum</i>) de gado Holandês, grau de qualidade 3, pH inicial de <math>5,51 \pm 0,01</math>.</p> <p>- Tratamentos: <i>Dry-aged</i> e <i>wet-aged</i> em diferentes tempos.</p>	<p><i>Dry-aged</i>: 4 °C, 75% UR e velocidade de fluxo de ar de 2,5 m/s <i>Wet-aged</i>: 4 °C. Tempo: 0, 7, 14, 21 e 28 dias.</p>	<p>Foram encontradas quantidades mais elevadas de aminoácidos livres e açúcares redutores em <i>dry-aged</i>. Houve diferentes atributos de sabor entre carne seca e carne úmida a partir do dia 14, enquanto o teor de umidade só foi diferente no dia 28. A atividade microbiana na crosta da superfície também desempenhou um papel no sabor. No geral a carne <i>dry-aged</i> apresentou melhor sabor.</p>	<p>LEE et al., 2019a</p>

<p>- 900g de carne bovina (<i>M. semimembranosus</i>) de um abatedouro comercial.</p> <p>- Tratamentos: Controle não irradiado; Irradiação por feixe de elétrons (EB) e Raios X (XR).</p> <p>- Todos os tratamentos foram submetidos à maturação <i>wet-aged</i> em diferentes tempos e sob duas temperaturas.</p>	<p>Temperatura: 4 e 14 °C.</p> <p>Tempo: 0, 3, 7 e 14 dias.</p>	<p>A irradiação antes da maturação reduziu o número total de bactérias aeróbicas na carne bovina, e essa redução foi mantida durante o processo. A irradiação não afetou o pH, valor b*, força de cisalhamento ou índice de fragmentação miofibrilar da carne no dia 0. A degradação de proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares foi maior no tratamento maturado a 14 °C em comparação com 4 °C. Amostras irradiadas por EB ou XR mostraram uma autólise mais lenta da calpaína-1; no entanto, a maciez da carne não foi afetada.</p>	<p>KIM et al., 2018a</p>
<p>- Dez cortes de paleta e barriga de 5 carcaças suínas, 24h após abate.</p> <p>- Tratamentos: SW (paleta <i>wet-aged</i>); SD (paleta <i>dry-aged</i>); BW (barriga <i>wet-aged</i>); BD (barriga <i>dry-aged</i>).</p>	<p>Tempo: 1, 7, 14 e 21 dias.</p>	<p>SD apresentou pH significativamente mais alto aos 21 dias de maturação. Os tratamentos com <i>wet-aged</i> apresentaram percentual de água livre, luminosidade (L*), e força de cisalhamento significativamente maiores em comparação com as amostras <i>dry-aged</i>. Análise de eletroforese em gel de poliacrilamida contendo dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE) mostrou maior degradação de proteínas em <i>dry-aged</i>. No final da maturação, os</p>	<p>HWANG et al., 2018.</p>

tratamentos com *wet-aged* apresentou maior estabilidade oxidativa em comparação com os *dry-aged*. Os tratamentos com maturação *dry-aged* resultaram em maior degradação de proteínas, levando a um aumento na capacidade de retenção de água (WHC) e a uma diminuição na força de cisalhamento.

- Lombos carne suína do tipo Duroc de 20 carcaças, 1 dia após abate.  
- Tratamentos: Cortes de lombo frescos (avaliados logo após maturação) submetidos à *wet-aging* por 1, 8, 14 e 21 dias.  
Cortes maturados por *wet-aging* (1, 8, 14 e 21 dias), congelados por 14 dias e descongelados para avaliação.

Temperatura: 4°C.  
Tempo: 1, 8, 14 e 21 dias.

O congelamento pós-maturação não teve impacto significativo na força de cisalhamento, força de quebra, pH, e pontuações subjetivas de cor ou marmorização em qualquer período. A perda de matéria fresca aumentou a cada dia de maturação. O congelamento pós-maturação resultou em maior perda em 1, 8 e 14 dias de maturação. A perda de cocção da carne fresca foi maior do que a perda de cocção da carne congelada após 14 e 21 dias de maturação. A abundância de desmina intacta diminuiu entre 1, 8 e 14 dias de envelhecimento. A degradação da troponina-T aumentou com cada período de envelhecimento. O comprimento do sarcômero não apresentou diferença significativa

SCHULTE et al., 2019

---

ao longo dos períodos de maturação. A maturação sem congelamento por 14 ou 21 dias não melhorou a força de cisalhamento e força de quebra observadas aos 8 dias, coincidindo com as mudanças na degradação da desmina.

- Amostras de aproximadamente 300 g de músculo de <i>Longissimus dorsi</i>	Temperatura: 4, 10 e 15 °C	A força de cisalhamento diminuiu com a	YU et al., 2022
- Divididas em três grupos para avaliação das três temperaturas avaliadas	Tempo: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14 e 18 para 4 °C	maturação, com uma taxa maior em 10 e 15°C. A carne maturada em 10 e 15°C por 5 dias	
- Tratamentos: <i>Wet-aged</i> em diferentes temperaturas	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 14 para 10 °C	apresentou valor equivalente de força de cisalhamento à carne maturada a 4°C por 10 dias.	
- A temperatura foi monitorada durante todo o processo	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 para 15 °C	A carne maturada em temperaturas altas mostrou maior perda de cocção e menor estabilidade de cor. O total de nitrogênio básico volátil e contagem aeróbica de placa aumentaram em 10 e 15°C. <i>Carnobacterium</i> , <i>Lactobacillus</i> e <i>Hafnia-Obesumbacterium</i> foram os gêneros dominantes a 4, 10 e 15°C, respectivamente. Os conteúdos de isobutiraldeído, 3-metilbutiraldeído, 2-metilbutiraldeído e 3-metilbutanol foram maiores em carne maturada a temperaturas altas.	

A Tabela 1 nos fornece informações importante, a respeito dos parâmetros utilizados em alguns estudos que avaliaram diferentes metodologias de maturação a seco e por via úmida em diferentes cortes de carne, sendo as mais comumente relacionadas, tanto nos estudos tabelados, como na literatura consultada, os cortes bovinos *Longissimus thoracis* e *Longissimus lumborum*. Alguns apontamentos importantes sobre as variáveis de processo apresentadas na Tabela 1 são discorridos a seguir.

#### **4.4.1 Tempo e temperatura**

Dentre as variáveis de processos de importância para a realização da maturação da carne, a temperatura tem uma grande relevância por ser, conhecidamente, uma variável física de grande influência em processos químicos, biológicos e bioquímicos que levam ao sucesso da maturação no que diz respeito a alcançar os atributos tecnológicos e sensoriais da carne maturada.

Em um estudo recente, Yu et al. (2022) estudaram os efeitos da alteração da temperatura nos atributos físico-químicos da carne na comunidade microbiana, perfil sensorial e dando maior foco ao sabor percebido. Para isso, foram realizados processo de maturação por via úmida por 18 dias ao todo, e em três diferentes temperaturas, 4, 10 e 15 °C. Os autores conseguiram concluir que a força de cisalhamento diminuiu de forma significativa com a maturação em todas as temperaturas observadas, sendo que, as temperaturas de 10 e 15 °C obtiveram melhores resultados quando comparadas a carne maturada em 4°C. Sendo que para que a carne maturada obtivesse uma mesma força de cisalhamento que a observada nas temperaturas de 10 e 15 C° era necessário o dobro de dias de processo de maturação. No que se refere a estabilidade de cor, a carne maturada a 4 °C apresentou melhores resultados, bem como, melhor menor perda de cozimento quando comparado às outras temperaturas. De modo geral, o controle microbiológico indicou que no tempo total de maturação avaliado nesse estudo, houve crescimento de diferentes gêneros microbiológicos, no entanto, a temperatura menor demonstrou melhores resultados para a estabilidade microbiológica, como esperado.

Em outro trabalho recente, avaliando a temperatura no período inicial da maturação e em períodos mais prolongados, Holman et al. (2022) investigaram a maturação *wet-aged* com alterações no tempo de maturação, temperatura e regime de refrigeração. No que se refere a temperatura durante o processo de maturação da carne, os autores adotaram temperaturas de refrigeração, sempre abaixo de -0,5 °C e avaliaram que foi possível, mesmo com alterações de temperatura que respeitassem esse limite, a carne produzida mantinha estabilidade

microbiológica aceitável por até 8 semanas. No entanto, para o armazenamento prolongado (*post-aging*), observou-se que após 5 dias, a superrefrigeração (-25°C e -80°C) afeta negativamente a estabilidade da cor da carne bovina embalada a vácuo.

Em 2022, Vossen et al. (2022) realizaram experimentos avaliando a influência de diversos parâmetros na maturação de carne *dry-aged* nos aspectos sensoriais das carnes obtidas, e dentre esses parâmetros, avaliou a temperatura (condições experimentais assinaladas na Tabela 1) Os autores concluíram que a temperatura não apresentou efeito significativa na proteólise, e por consequência, no amaciamento da carne, e o tempo, neste sentido, representou um papel mais importante na geração de melhorias da maciez na carne, sendo que grande parte dessa maciez foi obtida já nas primeiras três semanas de maturação.

Kim et al. (2018a) também observaram a variação da temperatura na maturação de carne *dry-aged* e em seus experimentos observou que a maturação em temperaturas mais elevadas, entre 10 e °C resultaram em maior maciez da carne. E de acordo com as temperaturas avaliadas, a temperatura de 14°C é a que proporciona melhores condições de maciez em tempo menor de maturação.

De modo geral, observa-se que os estudos recentes consideram de grande importância a avaliação do tempo e da temperatura de maturação, tanto para a maturação por via úmida, quanto para a maturação por via seca. Observa-se, no entanto, com base nos estudos avaliados (Tabela 1), que para a maturação por via seca, o tempo é geralmente um fator mais importante para a melhoria de qualidades sensoriais da carne maturada. Para ambas as metodologias de maturação, no entanto, é importante a observação também da estabilidade microbiológica no que se relaciona ao tempo de processo. A temperatura influenciou fortemente os estudos avaliados que empregaram a maturação *wet-aged* sendo que temperaturas altas conferem melhor textura em menor tempo, mas pode influenciar nos aspectos visuais e microbiológicos da carne de forma negativa.

#### **4.4.2 Umidade relativa**

A umidade relativa tem grande influência no processo de maturação *dry-aged* por ser uma das forças motrizes mais relevantes para a ocorrência dos fenômenos de transporte de massa que ocorrem durante o procedimento. No entanto, poucos trabalhos se propõem a avaliar a diferentes níveis de umidade relativa no processo de maturação.

Dentre os estudos avaliados neste trabalho Vossen et al. (2022) que realizaram a maturação *dry-aged* em cortes de carne bovina, observaram que a umidade relativa teve

influência significativa no odor e sabor da carne, inclusive para valores de umidade baixa, foram percebidos sabores atípicos para o procedimento realizado.

Vossen et al. (2022) mantiveram sob controle a umidade relativa, e as alterações percebidas nos diferentes valores de umidade relativa estudados foram avaliados por nove semanas, no entanto, não houve mudança significativa no parâmetro relacionado ao aumento da maciez da carne quando comparados os diferentes percentuais de umidade (70 e 90%) ( $p > 0,05$ ), ocorrendo alteração significativa apenas no descritor relacionado ao sabor atípico, sendo a carne maturada a 90% a que mais apresentou sabor atípico ( $p < 0,05$ ). Os autores relataram que nenhuma tendência clara foi observada para a suculência, e as análises químicas refletiram os resultados e padrões obtidos através da análise sensorial com painelistas treinados.

Kim et al. avaliaram dois níveis de umidade relativa em seus experimentos, sendo eles, 49% e 87%, e observaram pouca influência da umidade relativa na proteólise e maciez da carne avaliada. Em 2018, em uma revisão realizada por Kim et al. foi concluído que a umidade relativa quando em níveis baixos promove a perda do rendimento de produtos cárneos maturados.

De modo geral, poucos resultados mencionam a influência da umidade relativa na maturação *dry-aged* de carnes, e os poucos avaliam que a sua influência é relativamente baixa ou não significativa. No entanto, é importante que sejam realizados mais estudos que busquem avaliar em maior magnitude o impacto desse parâmetro na maturação.

#### **4.4.3 Fluxo de ar**

Assim como a umidade relativa o fluxo de ar e a subsequente renovação da interface de transferência de massa para a maturação *dry-aged* é um parâmetro de grande relevância para essa metodologia de maturação. No entanto, assim como observado na umidade relativa, poucos trabalhos atuais relatam a avaliação detalhada dessa variável, sendo que nos trabalhos avaliados nessa revisão apenas Lee et al. (LEE *et al.*, 2019) realizaram experimentos com diferentes grandezas de fluxo de ar.

Em seu trabalho Lee et al. (LEE *et al.*, 2019) avaliaram o fluxo de ar de 0, 2,5 e 5 m/s em um processo de maturação *dry-aged* por 28 dias. Os autores observaram que o fluxo de ar afeta significativamente a composição microbiana das carnes maturadas, sendo que até o dia 14 não era possível observar bolores, e no dia 28 observou-se a presença de *Piralia anômala* em tratamento com fluxo 0 m/s, diferente do observado nos outros dois tratamentos. Como

um todo, composições microbiológicas foram observadas nas três formas de tratamento, com maior variação entre o método com fluxo 0m/s quando comparado com as demais metodologias. Do ponto de vista sensorial, foi relatado pelos autores que as diferentes composições microbiológicas resultam nos compostos de sabor da carne bovina, principalmente quando comparados as carnes maturadas em fluxo de ar 0 m/s frente as maturadas com 2,5 e 5 m/s.

Assim como anteriormente mencionado, é importante que mais estudos proponham estudos para avaliar e compreender melhor a influência do fluxo de ar na maturação a seco. No entanto, é possível, através dessa avaliação preliminar, supor que o fluxo de ar contribui para as características de sabor da carne maturada em regime *dry-aged*.

#### **4.4.4 Outros parâmetros: sexo, corte e alimentação do animal**

Além dos parâmetros de processo, há algumas variáveis exógenas ao processo que podem influenciar nos resultados finais da maturação. Como é o caso da alimentação, regime de confinamento e gênero dos animais.

No estudo conduzido por Holman et al. (2022) em um comparativo entre carnes maturadas por via úmida, foi observada a possível influência no tipo de alimentação de bovinos na carne maturada originada, e observou-se que não foi possível traçar um comparativo significativo entre os dois tipos de regimes de alimentação, logo, não foi encontrada diferença significativas entre as carnes maturadas de gado alimentado com ração e pasto.

Berger et al. (2018b) em seu trabalho avaliaram o uso da maturação por via seca e da maturação por via úmida em cortes de carne bovina, de animais alimentados com pasto com baixo teor de marmoreio, e concluíram que a maturação a seco pode ser uma alternativa mais interessante para carnes de bovinos com essa alimentação por resultar em carnes com maior suculência e maior estabilidade microbiológica.

No que se refere ao gênero das espécies, em um estudo realizado por Barrágan-Hernández (2022) que objetivou avaliar a maturação a seco em *bags*, foi notada diferenças nos compostos voláteis avaliados ao fim do processo de maturação para vacas e novilhos machos (com idade de 12 a 18 meses). Nesse sentido, as carnes das vacas apresentaram maior riqueza de variedade e presença de compostos voláteis, logo, influenciando nas características sensoriais da carne obtida.

Por outro lado, em um estudo com o objetivo de avaliar o efeito do sexo e da temperatura de armazenamento da carne maturada, os autores observaram que, comparando a carne de touros jovens e a carne de vacas de descarte, a carne do touro apresentou maior sensibilidade à oxidação. No entanto, de modo geral, os autores assumem a limitação do próprio estudo, e dos estudos consultados, para a avaliação propriamente dita da influência do gênero nos parâmetros de qualidade relacionados à maturação da carne (IMAZAKI *et al.*, 2019).

Até o que foi observado no presente estudo, a literatura ainda carece de mais informações sobre a associação desses fatores exógenos ao processo tecnológico da maturação nos resultados sensoriais e microbiológicos das carnes maturadas, uma vez que os poucos estudos que já se propõem a avaliar esses parâmetros demonstram que os mesmos podem ter grande importância nos resultados finais da maturação.

## **4.5 Qualidade da carne maturada**

### **4.5.1 Textura**

A textura macia é considerada o atributo mais importante da carne, quando o foco está na qualidade sensorial. O consumidor está sempre em busca de carnes macias, e muitas vezes atribui a maciez ao corte cárneo. Como descrito no Item 4.2, a proteólise que ocorre durante a maturação da carne causa o aumento da maciez, o que é um dos fatores que levou a popularização da maturação entre os amantes de carne. Assim, mesmo que a maturação tenha sido inicialmente aplicada muitas vezes apenas para que a carne pudesse ser consumida após determinado tempo, atualmente o principal objetivo da aplicação da maturação é a obtenção de textura macia (ÁLVAREZ *et al.*, 2021; HOLLOWAY; WU, 2019).

A textura da carne é obtida através da análise de firmeza, ou seja, pela tensão das fibras musculares e sua resistência. Mais especificamente, a análise de firmeza de um corte cárneo é feita através da combinação da extensibilidade, compressão e força de cisalhamento do tecido conjuntivo e das miofibrilas (SCHREUDERS *et al.*, 2021). A taxa e a extensão da resposta a maturação, bem como a subsequente aumento da maciez da carne, são influenciadas por uma variedade de fatores. Esses fatores incluem a espécie do animal, a idade do animal, a dieta do animal, a raça do animal, o músculo específico que está sendo analisado, o conteúdo de marmoreio da carne e as condições sob as quais a maturação ocorre (KIM *et al.*, 2018b).

Mesmo sendo um fator sensorial, é possível realizar a análise e avaliação da textura da carne utilizando equipamentos especializados. As técnicas instrumentais realizadas em equipamentos para medir a textura da carne são mais frequentemente utilizadas, uma vez que análise sensorial pode ser demorada e difícil de ser realizada quando analisa-se quantitativamente as amostras necessárias para esta análise. As técnicas atualmente empregadas para análise de textura de carne são os mecânicos, de espectroscopia e de caracterização de imagens. Estas técnicas instrumentais são capazes de fornecer informações objetivas e específicas sobre diversos parâmetros estruturais da carne (SMEWING, 2018).

A textura de um corte cárneo, incluindo cortes de carnes maturadas, pode variar de acordo com diversos fatores biológicos e tecnológicos. Para que a análise possa ser realizada, a carne deve ser resfriada após seu cozimento para que a temperatura central não seja diferente entre as amostras a serem analisadas. Os valores dos parâmetros medidos podem variar até mesmo por causa do método de descongelamento (se utilizado) e cozimento da carne analisada. Como informado no item 4.2, a textura de uma carne varia também com a intensidade e taxa de proteólise. Processo este que depende da idade, raça e dieta do animal, da distribuição e quantidade do marmoreio de gordura, e ainda depende das condições em que a maturação foi realizada (temperatura, umidade, tempo, uso de embalagem, dentre outros). (BISWAS; TANDON; MANDAL, 2020; KIRAN et al., 2015; KIRAN et al., 2016; MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2020).

Durante os processos de maturação a seco, as enzimas inerentes à carne bovina se envolvem em reações bioquímicas complexas, que podem resultar em carnes de elevada maciez (DASHDORJ *et al.*, 2016). Estudos tradicionais e consolidados indicam que maturação, tanto úmida quanto seca, abrangendo uma duração de 11 dias produz maciez significativamente elevada em comparação com carnes não-maturadas. E no que se refere a avaliação dos consumidores, é observada a preferência pela carne *dry-aged* graças a maior complexidade dos compostos de sabor e maciez conferidos a essas carnes (WARREN; KASTNER, 1992). Vários estudos relatam desnaturação ou degradação parcial de tecidos musculares durante o processo de maturação a seco, principalmente em períodos maiores que 14 dias e inferiores a 21 dias (DASHDORJ *et al.*, 2016).

O grau de melhora na maciez durante o processo de maturação da carne pode ser influenciado pelo pH final. No entanto, é fundamental selecionar o produto adequado para a maturação a seco, e essa seleção deve ser baseada em carcaças que tenham um pH final variando de 5,4 a 5,7. Foi observado que os músculos que foram submetidos ao frio ou ao

calor, resultando em seu encurtamento, não maturam de forma tão eficaz quanto a carne resfriada normalmente. O nível de maciez alcançado durante a maturação da carne bovina pode variar dependendo dos músculos específicos envolvidos e da cor da carne magra. De um modo geral, observou-se que a carne escura tende a maturar com menos facilidade em comparação com carnes com tons mais claros. Além disso, quando se trata do efeito de maciez causado pela maturação da carne bovina, é mais perceptível na carne derivada de animais mais velhos do que na carne proveniente de animais mais jovens (DASHDORJ *et al.*, 2016).

#### **4.5.2 Sabor e aroma**

Numerosos estudos nas últimas duas décadas se empenharam em investigar e traçar o impacto direto da transformação do músculo em carne nas qualidades da carne percebida pelos consumidores. E para investigar a influência do processo de maturação é importante ter em mente que essas etapas iniciais da conversão do músculo em carne são importantes para compreender a origem de compostos que podem ser intensificados em processos de maturação (KIM *et al.*, 2018b).

Durante o processo de maturação da carne, a formação dos compostos relacionados ao sabor é observada já durante a liberação de compostos nucleotídeos, e conseqüente origem desses compostos, com destaque ao ácido inosínico que possui importante papel no realce de sabores. A degradação das proteínas que naturalmente ocorre durante a maturação não só confere melhorias na textura da carne, como também nos atributos de sabor e aroma. Com a continuidade da maturação são formados também fosfato inorgânico e amônia, sendo o primeiro importante na retenção de líquidos e conseqüente percepção de textura e sabor mais agradável, e o segundo importante precursor e originário de características de aroma da carne em processo de maturação (MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2019).

Além disso, o perfil de sabor e aroma da carne maturada é também fortemente influenciado por compostos relacionados à reação de Maillard que produz, principalmente, sabores e aromas que remetem a doçura e defumação, e compostos voláteis também relacionados ao processo de oxidação lipídica. E neste sentido, é importante observar que a quebra de proteínas e gorduras durante a maturação contribui para o sabor, mas se a maturação for prolongada pode levar à perda de sabor ou sabores indesejáveis (DASHDORJ; AMNA; HWANG, 2015).

Alguns estudos avaliam que a maturação a seco de modo geral proporciona melhoras significativas no sabor da carne bovina, com estudos mostrando intensidades de sabor mais acentuadas em comparação com a maturação úmida ou carne não maturada. Consoante a esse apelo maior do mercado consumidor, têm-se observado um novo interesse e crescimento no desenvolvimento de metodologias e em pesquisas que busquem avaliar os parâmetros da maturação a seco (TERJUNG; WITTE; HEINZ, 2021).

A carne maturada possui como característica maior intensidade de sabores salgados. E esses sabores são ainda mais intensos em carnes maturadas por via seca. O sabor umami e defumado característico de carnes maturadas é o resultado de reações químicas complexas que ocorrem já no início, como explicado anteriormente, mas se intensificam com o processo de maturação. No entanto, há um consenso de estudos mais tradicionais de que a maturação em períodos prolongados leva a formação de compostos indesejáveis de sabor, como o amargor e a alta acidez mais pronunciados (KIM *et al.*, 2018b).

É notável que, à medida que o processo de maturação avança, ocorrem mudanças significativas nas concentrações de certos compostos na carne. Na maturação a seco o principal impacto é a intensificação do sabor, que pode ser descrito como o sabor característico de rico manteiga, nozes e/ou terroso (DASHDORJ *et al.*, 2016). Esse aprimoramento de sabor é atribuído à absorção dos sucos da carne e à degradação química de seus constituintes proteicos e gordurosos durante o processo de maturação a seco. Consequentemente, obtém-se um sabor mais pronunciado durante o processo de cozimento, os precursores de sabor também sofrem reações entre si, formando novas moléculas ou compostos voláteis que aprimoram ainda mais o aroma.

Do ponto de vista químico, é intrigante notar que a carne maturada a seco pode conter diferentes precursores de sabor ou compostos de sabor voláteis em comparação com a carne maturada úmida. No entanto, informações limitadas estão disponíveis na literatura científica sobre os componentes aromatizantes da proteólise e da lipólise em relação à palatabilidade da carne seca maturada. A maioria das pesquisas anteriores sobre o sabor da carne bovina maturada a seco se concentrou nas características sensoriais influenciadas pelos tratamentos de maturação (seca *versus* úmida) e pelo uso de embalagens para maturação a seco (DASHDORJ *et al.*, 2016).

No trabalho desenvolvido por Li *et al.* (2014), descobriu-se que os lombos de boi, quando submetidos a um processo de maturação a seco com duração de 21 dias, exibiram pontuações significativamente mais altas em termos de resultados sensoriais, como maciez,

suculência e sabor umami. Essa descoberta forneceu evidências substanciais para apoiar a noção de que o método de maturação a seco confere qualidades superiores aos lombos de boi quando comparado ao procedimento de maturação úmida.

Além disso, Berger et al. (2018a) conduziram um estudo que fundamentou ainda mais essas observações ao demonstrar que os painéis de consumidores exibiram consistentemente uma preferência pelo sabor e maciez de bifes derivados de lombos de boi envelhecidos a seco envelhecidos por um período de 28 dias, em contraste com seus equivalentes envelhecidos por umidade. Essas descobertas coletivas lançam luz sobre os benefícios substanciais e a superioridade potencial da técnica de maturação a seco no aprimoramento da experiência sensorial geral dos lombos de boi, afirmando assim sua eficácia e conveniência no campo da culinária.

Portanto, é possível observar que a vantagem da maturação a seco em comparação com a técnica da maturação úmida comumente empregada reside em sua capacidade de melhorar o desenvolvimento do sabor. Nos últimos tempos, um progresso significativo foi feito no campo da metabolômica e da pesquisa volátil, levando a uma compreensão mais profunda das assinaturas biomoleculares subjacentes responsáveis pelo sabor delicioso da carne maturada a seco. É notável que o intrincado processo de desenvolvimento do sabor na carne maturada a seco é catalisado principalmente pela interação entre a atividade microbiana, predominantemente impulsionada por leveduras e bolores, a oxidação lipídica e a desidratação da carne (KIM *et al.*, 2018b; ZHANG *et al.*, 2022).

É importante observar que o perfil de sabor da carne maturada a seco está sujeito a variações devido a uma infinidade de fatores, incluindo a escolha de fontes animais, como carne bovina e cordeiro, o conteúdo de gordura intramuscular, a utilização de técnicas inovadoras de maturação seca, como a implementação de regimes combinados de maturação, bem como os parâmetros específicos do processo de maturação empregados. Ao manipular cuidadosamente esses elementos-chave durante o design de estratégias de maturação a seco, é possível obter perfis de sabor personalizados e garantir um nível consistente de qualidade. Além disso, a liberação de voláteis derivados de lipídios e precursores de sabor atua como um fator contribuinte adicional para melhorar o sabor da carne madura seca cozida (ZHANG *et al.*, 2022).

Como mencionado anteriormente, além da evolução de técnicas como a proteômica e a metabolômica que auxiliam na elucidação de mecanismos e na proposta de novas abordagens que compreendam melhor todos as reações químicas e bioquímicas complexas e

envolvidas na formação dos sabores em carnes maturadas, há ainda o emprego de metodologias tradicionais e de padrão ouro analíticos, ou seja, metodologias que seguem diretrizes e protocolos de órgãos competentes, e apresentam resultados robustos, sensíveis e seletivos, neste caso, para a análise de metabólitos oriundos da carne, tipo para o estudo dos componentes finais do sabor em diferentes carnes maturadas.

Neste sentido, Hou et al. (2018) realizaram um trabalho analítico de investigação com o objetivo de investigar as alterações nos componentes de sabor em caldos preparados com costelas suínas maturadas por 1, 3 e 7 dias. O conteúdo de aminoácidos livres, compostos relacionados a ácidos nucleicos, ácidos orgânicos e compostos voláteis no caldo foram medidos e os perfis gerais de sabor e aroma foram avaliados por língua eletrônica, nariz eletrônico e painelistas sensoriais. Os resultados mostraram que os teores de aminoácidos livres e ácido succínico aumentaram, enquanto os teores de 5'-guanosina monofosfato, 5'-inosina monofosfato e 5'-adenosina monofosfato diminuíram com o aumento do tempo de maturação. Essas mudanças fizeram com que as características de sabor do caldo fossem avaliadas positivamente. No entanto, os resultados da cromatografia gasosa-espectrometria de massa, nariz eletrônico e teste sensorial mostraram que não houve diferenças significativas no aroma entre as amostras, onde os principais compostos voláteis do caldo foram aldeídos. Portanto, a maturação *post mortem* afetou o sabor e não o aroma do caldo de costela de porco, e prolongar o tempo de maturação pode melhorar o sabor do caldo.

Sobre a estabilidade do sabor e aroma das carnes maturadas, há um consenso de que a maturação por períodos muito extensos favorece a formação de características indesejáveis. Meinert et al. (2009) relataram que os níveis de glicogênio e glicose-6-fosfato, diminuem significativamente do dia 4 ao dia 15 de maturação. Por outro lado, Koutsidis et al. (2008) descobriram que a maturação prolongada acarreta um aumento no conteúdo de ribose da carne. Além disso, o processo de maturação também facilita a liberação de ácidos graxos livres, que posteriormente interagem com proteínas e outros precursores de sabor, influenciando assim os perfis de aroma e sabor da carne envelhecida. Observa-se então que os ácidos graxos livres são mais suscetíveis à oxidação, o que pode acelerar o desenvolvimento de odores e sabores estranhos, potencialmente levando à perda do produto. Conseqüentemente, é crucial implementar processos de maturação controlados e com parâmetros de controle bem estabelecidos e estudados para maximizar os sabores desejáveis e minimizar a ocorrência de odores e sabores estranhos.

Abordando inovações no que se refere a sabores e aromas de carnes maturadas, há estudos recentes que se utilizam de bordas residuais do corte e processamento de carnes maturadas a seco como aditivos em alimentos, com o intuito de realçar sabores ou auxiliar na emulsão de misturas. Tais aplicações reforçam a melhora substancial na palatabilidade de carnes maturadas a seco comparativamente com carnes maturadas em regime úmido e/ou não maturadas (PARK; KIM, 2023; XUE *et al.*, 2021).

Além disso, um estudo recente realizado por Li *et al.* (2022) apresenta como proposta o uso de precursores de aroma para otimizar o incremento do aroma característico de carne maturada a seco. Neste estudo foram fabricados lombos curados a seco contendo compostos de nitrogênio (prolina e ornitina) e enxofre (tiamina) como precursores de compostos aromáticos em dois níveis de concentração. O efeito da adição de precursores na microbiologia e nos parâmetros químicos dos lombos foi estudado juntamente com o estudo de aroma realizado por olfatométrica e análises sensoriais de perfil de livre escolha. A adição de precursores não afetou os parâmetros microbianos e químicos, enquanto o aroma foi afetado quando os precursores foram adicionados no nível mais alto. O perfil de aroma do lombo seco foi composto principalmente pelos compostos 3-metilbutanal, metial, etil 3-metilbutanoato, ácido 3-metilbutanóico, 1-octen-3-ol, 2-acetil-1-pirrolina e 2-acetilpirrol, que contribuem para as notas de odor de mofo, batata cozida, frutado, queijo, cogumelo, assado e carne. A suplementação de prolina e ornitina modificou o perfil do aroma do lombo, produzindo odores tostados, enquanto o efeito da suplementação de tiamina sobre o aroma foi revelado pela presença de compostos derivados de enxofre (metial e 2-metil-3-(metiltio)furano) que contribuem para o “odor de carne curada”.

#### **4.5.3 Suculência**

Alguns estudos realizados na última década avaliam que a maturação da carne leva ao aumento da percepção de sua suculência (SETYABRATA *et al.*, 2022; VOSSSEN *et al.*, 2022). Além disso, observa-se também que a melhora na suculência coincide com a ativação precoce da calpaina-2, indicando que a proteólise *post-mortem* pode desempenhar um papel no desenvolvimento da suculência. Além disso também há resultados que indicam uma falta de correlação entre a suculência percebida e a capacidade de retenção de água da carne. Portanto, mais estudos são necessários para elucidar os mecanismos subjacentes e as possíveis inter-relações entre o comportamento de desnaturação térmica e a funcionalidade das proteínas musculares, bem como a suculência da carne maturada. Uma vez que a exploração

desses aspectos contribuirá para uma melhor compreensão dos fatores que influenciam a suculência da carne durante o processo de maturação (KIM *et al.*, 2018b).

Na revisão realizada por Dashdorj *et al.* (2016) são compilados estudos que destacam o impacto positivo da maturação a seco na suculência da carne. Esses estudos demonstraram que após um período de 21 dias de maturação, os cortes de carne exibem um nível significativamente maior de suculência em comparação com aqueles envelhecidos por apenas 14 dias. Além disso, os bifes envelhecidos por 14 dias também apresentaram um maior nível de suculência quando comparados aos que não foram maturados ou maturados por um período menor de 7 dias. Isso indica que o processo de maturação a seco tem um efeito profundo na suculência da carne.

Em específico ao processo *dry-aged*, vale abordar que há uma teoria concisa de que o aumento da sensação de suculência na maturação a seco é a de que além de a perda de umidade, que ocorre durante a maturação a seco, concentrar os sabores presentes na carne, intensificando o sabor geral, essa concentração de sabores é complementada ainda por um aumento na proporção de gordura, o que agrega riqueza e profundidade ao perfil de sabor da carne. Assim, a carne maturada a seco não só oferece maior suculência, mas também proporciona uma experiência culinária mais agradável e saborosa (BISCHOF *et al.*, 2022; DASHDORJ *et al.*, 2016; KIM; KEMP; SAMUELSSON, 2016).

No que se refere a sensação de suculência e palatabilidade da carne maturada, o processo de maturação e em certo ponto degradação dos componentes da carne são inevitáveis e por isso devem ser controlados com o estudo a aplicação adequada dos parâmetros do processo, no entanto o conceito de maturação inteligente vem ganhando força e apresenta uma solução potencial para abordar o processo de maturação. Essa abordagem envolve o desenvolvimento de estratégias de modelos inovadores para identificar os métodos de maturação mais eficazes que aumentarão a qualidade e o valor da carne. Neste modelo, os processos bioquímicos que ocorrem logo após a morte do animal tem particular importância, pois afetam significativamente a qualidade da carne. Portanto, as estratégias inteligentes de maturação devem se concentrar em determinar as condições ideais para modificações biofísicas e bioquímicas, como a taxa e a extensão do desenvolvimento da apoptose e do amolecimento da carne, para maximizar os efeitos da maturação na qualidade da carne (KIM *et al.*, 2018b; MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2019).

Há oportunidades para explorar como os processos de maturação pós-rigor podem ser utilizados para melhorar o sabor e a lucratividade da carne fresca. Por exemplo, a maturação

seca convencional pode ser aprimorada identificando as abordagens ideais de maturação seca, que podem servir como um método confiável e prático para melhorar os atributos de qualidade alimentar de carne bovina de baixa qualidade. Ademais, o desenvolvimento de estratégias de maturação específicas para músculos que prescrevam as durações ideais de maturação para diferentes músculos beneficiaria a indústria da carne ao minimizar os problemas de qualidade relacionados à oxidação e, ao mesmo tempo, maximizar os efeitos positivos da maturação no sabor.

Além disso, existem tecnologias emergentes de manipulação que podem ser integradas ao sistema inteligente de maturação, resultando em produtos cárneos com resultados mais desejáveis para produtores e consumidores. Um exemplo é o uso de detecção de qualidade baseada em biomarcadores e sistemas de detecção não destrutivos para prever atributos de qualidade da carne no início do *post-mortem* permitindo adaptações que possibilitam a otimização da qualidade alimentar do produto final da carne. O uso de tecnologias emergentes ômicas, pode auxiliar no estabelecimento de estratégias de maturação específicas e com diferentes parâmetros para cada músculo, minimizando, defeitos de qualidade como os relacionados a oxidação acima do desejado dos componentes lipídicos da carne daquele músculo específico. Vale ressaltar que vários fatores relacionados aos animais vivos na fazenda, como espécie, raça, dieta, idade, sexo, seleção genética e manejo animal, podem influenciar a resposta à maturação e afetar os atributos de qualidade da carne. Portanto, mais pesquisas são necessárias para investigar esses fatores cruciais e otimizar as estratégias inteligentes de maturação como uma abordagem abrangente para melhorar a qualidade e o valor da carne (KIM *et al.*, 2018b; MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2019).

#### 4.5.4 Cor

A determinação completa dos mecanismos interdependentes precisos pelos quais o processo de maturação que afeta a cor e a estabilidade oxidativa dos músculos permanece desconhecida. A cor da carne é determinada principalmente pela mioglobina, a principal proteína sarcoplasmática. A mioglobina pode existir em três formas distintas, a saber, oximioglobina (caracterizada por uma tonalidade vermelha vibrante), desoximioglobina (exibindo uma cor roxa ou escura) e metamioglobina (resultando em uma tonalidade marrom ou descoloração), dependendo do estado redox do ferro e do ligante anexado. Investigações científicas têm demonstrado consistentemente que uma duração ideal de maturação de 7 a 14

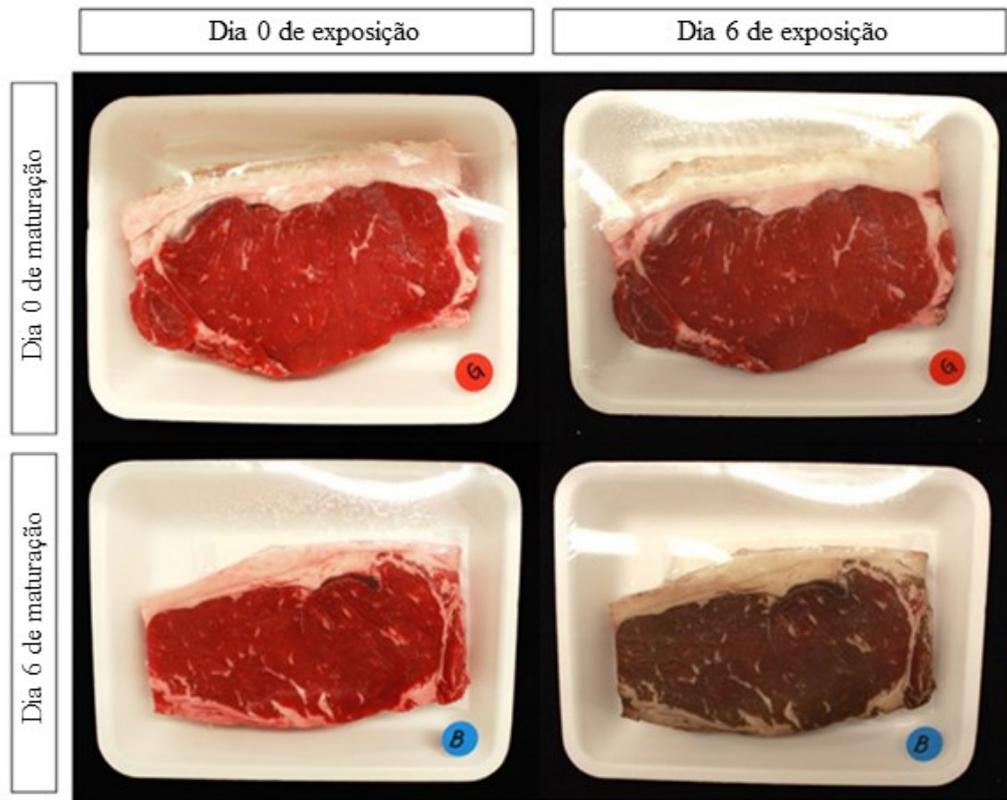
dias melhora a palatabilidade da carne. Períodos prolongados de maturação, no entanto, podem reduzir a estabilidade da cor, conforme ilustrado na **Figura 4**.

De acordo com dados levantados por órgãos de auditoria americanos, entre a saída da carne do processador e a sua chegada ao varejista pode levar de 3 a 300 dias. O tempo de armazenamento prolongado pode ter efeitos negativos na estabilidade da cor da carne, especialmente quando esses cortes são apresentados em um ambiente de varejo para compra. Um longo período de maturação pode aumentar as mudanças oxidativas, o esgotamento dos substratos necessários para a produção de NADH e o aumento da atividade das enzimas associadas à redução do consumo de metamioglobina e oxigênio (KIM *et al.*, 2018b).

Portanto, sabe-se que o *post-mortem* exerce significativa influência nas mudanças de cor inicial e na estabilidade dessa cor, observadas por produtos cárneos. No entanto, em um estudo realizado em 2014 foi verificada a influência da maturação na cor de cortes cárneos, e foi observado que, em processos de médio a longo prazo e empregando a maturação úmida, ocorre um aumento da cor vermelha da carne, quando comparada a carne não maturada ou maturação de curto prazo (VITALE *et al.*, 2014).

A mudança de cor ocorre devido a fatores intrínsecos do processo de maturação da carne. Processos esses que abrangem o acúmulo de agentes que favorecem a oxidação, como é o caso do ferro heme e não heme, bem como a depleção de compostos redutores endógenos ou oxidantes. Esses fatores intrínsecos podem desempenhar um papel significativo no processo de maturação muscular, que por sua vez, levam a alterações enzimáticas que afetam a composição da cor da carne bovina (MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2019). Um exemplo desse tipo de reação intrínseca, é demonstrada por Jayasooriya et al. (2004) que em seu estudo verificou que a carne bovina maturada a seco apresenta uma cor brilhante e levemente vermelha, o que é comumente associado a quebra das proteínas no processo de maturação.

**Figura 4** – Mudanças visuais percebidas pela carne maturada por 28 dias (B) e não maturada (G) no decorrer de 6 dias de exposição para venda.



Fonte: Kim, 2018b.

Em um estudo realizado por Vitale et al. (2014) buscando elucidar a estabilidade da cor de músculos de carne bovina, verificou-se que após 14 a 21 dias de maturação úmida a estabilidade da cor dos cortes de carne avaliados sofreu alteração, diminuindo em comparação com amostras maturadas apenas por 8 dias. Os pesquisadores atribuíram essa diferença à oxidação da mioglobina e dos lipídios. Essa descoberta ressalta a importância de compreender os mecanismos específicos pelos quais a mioglobina e os lipídios sofrem oxidação durante o processo de maturação. Por outro lado, em um estudo realizado com carne de búfalo Argentina, observou-se que ocorreu um declínio na redução de compostos como  $\alpha$ -tocoferol e  $\beta$ -caroteno ao longo de um período de maturação de 25 dias (JASPAL *et al.*, 2021).

Outro processo importante para compreender a melhora temporária e aumento da cor vermelha da carne maturada é a uma diminuição no consumo de oxigênio pelas enzimas respiratórias nas mitocôndrias da carne maturada. Esse consumo reduzido de oxigênio permite que mais oxigênio se ligue à mioglobina, formando uma camada mais espessa de oximioglobina. Consequentemente, a carne adquire uma maior cor de floração e/ou

intensidade de cor em comparação com os músculos pós-morte precoces que têm uma alta taxa de consumo de oxigênio. Todavia, períodos prolongados de maturação podem ter um impacto negativo na cor e na estabilidade oxidativa lipídica da carne. A maturação prolongada leva a uma redução no “potencial de florescimento” e acelera a descoloração da superfície e o desenvolvimento de sabores estranhos oxidados quando a carne é reembalada e exibida sob condições de luz no varejo (MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2019; RAMANATHAN *et al.*, 2019).

A descoloração causada pela metamioglobina e o escurecimento devido à desidratação da superfície podem resultar em perdas econômicas, mesmo com a melhora em outros aspectos sobre a qualidade da carne acarretadas pela maturação (MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2019; RAMANATHAN *et al.*, 2019) uma vez que, de modo geral, a cor da carne tem importância significativa como uma característica de qualidade que influencia predominantemente a inclinação de compra dos consumidores (KIM *et al.*, 2018b).

Mas vale dizer que a relação de preferência de fatores relacionados a cor por parte dos consumidores possui relação cultural e pode ser investigada. Por exemplo, no Reino Unido, os consumidores exibem um maior nível de aceitação em relação a carne selada a vácuo com um tom menos brilhante de vermelho, enquanto nos Estados Unidos, os consumidores associam uma cor vermelha vibrante com frescor e salubridade. Carnes seladas selados a vácuo, quando envelhecidos por um longo período, podem ser considerados aceitáveis. No entanto, se esses bifés selados a vácuo forem reembalados em PVC e exibidos em condições de varejo, isso pode ser prejudicial. Por exemplo, carnes maturadas por 21 dias e embalados em PVC sofreram descoloração em 48 horas, em contraste com carnes maturadas por 7 ou 14 dias. Para melhorar a estabilidade da cor da carne envelhecida, embalagens atmosféricas modificadas podem ser empregadas. Pesquisas demonstraram que embalar carnes em condições atmosféricas modificadas com monóxido de carbono pode estender a vida útil em comparação com embalagens de PVC (ENGLISH *et al.*, 2016; RAMANATHAN *et al.*, 2020).

A exploração completa dos efeitos da maturação a seco, com ou sem o uso de uma embalagem, na cor da carne e em sua estabilidade ainda não é relatada em literatura. Todavia a alteração de cor é muito grande neste tipo de maturação. Isso se deve principalmente ao fato de que a carne maturada a seco é considerada um produto especial de alta qualidade, normalmente encontrado em nichos de mercado locais e restaurantes sofisticados, onde o foco não está principalmente na cor da carne, pois ela raramente é exibida para fins de varejo.

Existem poucos estudos publicados que realmente relatam o impacto do maturados a seco na cor inicial da carne, no entanto, há um consenso entre esses estudos de que bifes de vaca maturados a seco tendem a ser um pouco mais escuros e têm níveis mais baixos de vermelhidão em comparação com bifes envelhecidos por via úmida. Essa cor mais escura na carne bovina maturada a seco é atribuída principalmente à perda de umidade e à secagem da superfície que ocorre durante o processo de maturação (DASHDORJ *et al.*, 2016; RAMANATHAN *et al.*, 2020).

#### 4.5.5 Capacidade de retenção de água

O impacto potencial da distribuição e mobilidade da água em atributos importantes da qualidade da carne é um tópico de considerável importância (TROUT, 1988). Como apresentado por Huff-Lonergan e Lonergan (2005) em sua revisão, ao longo do processo de maturação, a composição da água no músculo, bem como sua localização e movimento, sofrem alterações devido a vários fatores envolvidos na transformação do músculo em carne. A rede proteica miofibrilar, que é rica em proteínas, retém cerca de 85% da água no músculo, com os 15% restantes encontrados no espaço extramiofibrilar. A conversão de músculo em carne é muito influenciada pelos principais processos bioquímicos durante o rigor mortis.

As proteínas têm um papel crucial na imobilização da água na carne. A proteólise inicial que ocorre no processo de maturação da carne aumenta a capacidade de retenção de água, mas a proteólise estendida diminui a capacidade de retenção de água. E estudos identificaram uma conexão entre a degradação da desmina e a capacidade de retenção de água durante o período de armazenamento post-mortem (FAROUK *et al.*, 2012).

A melhora na capacidade de retenção da água durante a maturação é atribuída à quebra da estrutura da carne e à criação de um efeito esponjoso (ZHANG *et al.*, 2021). A ocorrência de desnaturação prévia da miosina e degradação posterior do citoesqueleto foi proposta como a causa do gotejamento de carne (PEARCE *et al.*, 2011). No entanto, a maturação prolongada leva a oxidação proteica o que leva à produção de carbonilas e grupos sulfidril. Isso, por sua vez, resulta na perda de grupos funcionais e na formação de reticulação de dissulfeto intra e/ou interproteico. Consequentemente, a funcionalidade das proteínas musculares é significativamente prejudicada e há um impacto negativo na capacidade de retenção de água (MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2019).

Como apontado também por Mohan et al. (2019) uma consequência inevitável do processo de conversão de músculo em carne é o aumento da perda de umidade. Após a

exsanguinação, o músculo passa por uma série de processos de rigor, durante os quais as ligações cruzadas são formadas entre os filamentos musculares. Isso resulta na extrusão de água intracelular da miofibrila e, finalmente, da própria célula muscular, devido ao enrijecimento das fibras musculares. Uma vez resolvido o rigor, a migração da água na forma de purga ou gotejamento pode ser observada durante o processo de maturação. No entanto, a carne envelhecida a longo prazo geralmente exibe uma melhora em sua capacidade de reter água, o que pode ser atribuído à quebra pós-morte de proteínas estruturais/citoesqueléticas.

Vários modelos foram propostos para elucidar como as mudanças na estrutura muscular durante a maturação podem afetar as propriedades de retenção de umidade da carne. E como novamente exposto por Huff-Lonergan e Lonergan (2005), a degradação das ligações dos costâmeros durante a maturação post-mortem reduz o encolhimento da miofibrila, criando assim mais espaço dentro das fibras musculares para reter água. Além disso, o “efeito esponja” foi sugerido, em que a quebra das proteínas miofibrilares interrompe o canal de gotejamento, aumentando assim a capacidade do músculo de reter água dentro da célula (FAROUK *et al.*, 2012).

#### **4.5.6 Estabilidade oxidativa**

Conforme anteriormente discutido, a oxidação lipídica é parte de um conjunto de reações de alta influência nos parâmetros sensoriais de qualidade da carne, como o sabor e aroma e também a cor. Portanto, de modo geral, a sua ocorrência agrega atributos a carne maturada, principalmente quando falamos na maturação por via seca. No entanto, há também um consenso acerca da importância do controle do tempo de maturação para evitar que a evolução da oxidação lipídica, principalmente, gere compostos indesejados de cor, sabor e aroma na carne maturada. Sendo assim, este é um atributo de qualidade intimamente ligado com o tempo da maturação a seco ou úmida (HWANG *et al.*, 2018; SALEJDA *et al.*, 2021; SETYABRATA; KIM, 2019).

Além da oxidação lipídica, com o alongamento do período de maturação da carne, há uma elevação no processo de proteólise. Simultaneamente, há também um aumento na vulnerabilidade da carne fresca a sofrer oxidação de proteínas quando exposta a condições oxidativas, como vitrines no varejo. Logo, a maturação prolongada leva a oxidação proteica que como já descrito, prejudica a funcionalidade das proteínas musculares impactando de forma negativa a capacidade de retenção de água, a textura e suculência da carne maturada. Além disso, a desnaturação da proteína, indicada pela perda da estrutura terciária, expõe os

resíduos de aminoácidos hidrofóbicos previamente dobrados. Isso, por sua vez, afeta negativamente a capacidade de ligação à água da proteína e pode acarretar reações para além da exsudação de líquidos, gerando compostos de aroma e sabor indesejados (KIM *et al.*, 2018b; MOHAN; BANERJEE; MAHESWARAPPA, 2019).

Vários fatores intrínsecos que são inerentes ao processo de maturação muscular podem contribuir para o desenvolvimento da cor e da estabilidade oxidativa. Como descrito anteriormente, nos estudos conduzidos por Vitale *et al.* (2014) foi feita a avaliação da estabilidade da cor, e da oxidação lipídica, dos músculos *longissimus thoracis* na carne bovina da Frísia. A mudança na estabilidade da cor observada após um longo período de maturação é atribuída pelos pesquisadores à oxidação da mioglobina e dos lipídios. O que mais uma vez enfatiza a relevância da compreensão aprofundada dos mecanismos específicos pelos quais a mioglobina e os lipídios sofrem oxidação durante o processo de maturação e a sua aplicabilidade na otimização do processo. Além disso, a discrepância na oxidação lipídica e a subsequente descoloração entre os diferentes músculos podem ser influenciadas por variações no desenvolvimento de metabólitos. Esses metabólitos incluem NAD/NADH, acil carnitinas, nucleotídeos, nucleosídeos e glicuronídeos, que podem exibir diferentes padrões de desenvolvimento em músculos específicos à medida que envelhecem. Portanto, explorar o papel desses metabólitos no processo de envelhecimento muscular encontrado na maturação pode fornecer mais informações sobre os fatores que contribuem para a cor e a estabilidade oxidativa (BISCHOF *et al.*, 2022; MITACEK *et al.*, 2019).

Em um estudo recente conduzido por Vinauskienė *et al.* (2022) com o objetivo de avaliar o impacto dos métodos de maturação tradicionais e embalados em *bags* ou sacos a seco, nas características de qualidade, proteólise e digestibilidade proteica de lombos de porco que foram maturados por um período de 28 dias. As mudanças no pH e na perda de peso em relação à maturação foram mais pronunciadas nos lombos tradicionalmente maturados em comparação com aqueles amadurecidos em embalagens. Tanto os métodos tradicionais quanto os de maturação por bolso levaram à degradação enzimática das proteínas. No entanto, as amostras maturadas em embalagens exibiram níveis mais altos de produtos de degradação de proteínas em comparação com as amostras tradicionalmente maturados. O efeito da maturação na digestibilidade das proteínas foi analisado usando a análise de biodigestibilidade através de um modelo simulado de digestão oral-gastrointestinal *in vitro*. Os resultados mostraram um impacto significativo da maturação, com a digestibilidade das proteínas aumentando com o tempo. A maioria das amostras maturadas em embalagens apresentou um

maior grau de hidrólise proteica e uma maior concentração de peptídeos em comparação com as amostras tradicionalmente maturadas. Essas descobertas sugerem que a maturação em embalagens oferece uma digestibilidade proteica superior.

#### 4.5.7 Propriedades microbianas (*Dry aged*)

##### 4.5.7.1 Culturas *Starter*

As propriedades microbianas exercem um importante papel na maturação de carnes *dry-aged*, influenciando diretamente nos atributos de qualidade da carne maturada neste regime (SETYABRATA *et al.*, 2022). E em consonância com o estudo da influência das diferentes culturas presentes na maturação de carne *dry-aged* nos últimos anos, a investigação do impacto de culturas *starter* na maturação a seco também vem sendo estudada (CAO *et al.*, 2022).

A maturação a seco é um processo que envolve a inibição do crescimento bacteriano e a promoção do crescimento de fungos benéficos. Durante todo o período de maturação da carne bovina a seco, bolores do gênero *Thamnidium* podem ser observados na superfície da carne. A presença desse bolor, particularmente na forma de manchas cinza-claras conhecidas como “bigodes” nas áreas gordurosas da carne bovina maturada, é altamente desejável. Esses microrganismos desempenham um papel crucial devido à sua capacidade de penetrar na carne com suas enzimas, uma vez que eles liberam proteases e enzimas colagenolíticas que quebram os músculos e os tecidos conjuntivos. Consequentemente, essas ações contribuem para a maciez e o sabor da carne seca envelhecida. O crescimento do mofo *Thamnidium* normalmente começa cerca de três semanas após o início do processo de maturação. Outros bolores, como *Rhizopus* e *Mucor*, também podem estar associados à carne bovina maturada a seco; no entanto, eles têm sido associados a doenças infecciosas humanas e não possuem características favoráveis à maturação da carne. Para validar o procedimento, produtos cárneos secos maturados devem passar por testes de mofo. Isso envolve extrair uma porção de 100 g de carne maturada não aparada que inclui qualquer mofo visível, se presente, e enviá-la a um laboratório para análise. Se o teste do molde confirmar a presença de *Thamnidium*, uma confirmação adicional é necessária. Quando práticas de manuseio adequadas são empregadas, as carnes podem ser maturadas a seco por até 35 dias sem nenhum efeito adverso no sabor e na segurança. Carnes maturadas a seco exibem maior contagem de bactérias aeróbicas em comparação aos controles; no entanto, a duração da maturação a seco não afeta as contagens aeróbicas (CAO *et al.*, 2022; KIM *et al.*, 2018b).

Essa falta de correlação entre o tempo de maturação a seco e as contagens aeróbicas pode ser atribuída ao efeito inibitório da secagem superficial e às baixas temperaturas de armazenamento que impedem o crescimento bacteriano. Além disso, a maturação a seco depende da redução da atividade da água na superfície para minimizar o crescimento bacteriano. Amostras maturadas a seco com idade de 14 e 35 dias demonstraram menor atividade de água ( $P < 0,05$ ) do que amostras maturadas por 35 dias, pois a atividade da água diminui ao remover fisicamente a água durante o processo de secagem (CAO *et al.*, 2022; KIM *et al.*, 2018b).

Portanto, a maturação a seco, que envolve o armazenamento de carne fresca em um ambiente aberto, mesmo que em condições de temperatura, fluxo de ar e umidade relativa controladas, mas sem materiais de embalagem, levanta preocupações sobre o crescimento de microrganismos e seu impacto potencial na segurança de alimentos. No entanto, a segurança da maturação a seco em si pode ser vista como um procedimento confiável ou mesmo uma forma de intervenção, dependendo de vários fatores ambientais, como temperatura, umidade, velocidade do ar, tempo de maturação e condições de higiene (ALGINO; INGHAM; ZHU, 2007). O processo convencional de maturação a seco forma naturalmente uma camada protetora, conhecida como “crosta” ou superfície magra desidratada, que resulta em baixa atividade de água na superfície da carne bovina. Essa atividade reduzida da água pode inibir e minimizar o crescimento de bactérias aeróbicas (DASHDORJ *et al.*, 2016). Na verdade, estudos mostraram que a carne bovina maturada a seco, quando a crosta externa é removida, tem uma contagem bacteriana total menor ou semelhante em comparação com a carne bovina maturada (BERGER *et al.*, 2018a). Embora um ligeiro aumento nas populações de leveduras, bactérias aeróbicas psicrotróficas e mofo tenha sido observado em carne bovina maturada a seco (BERGER *et al.*, 2018a; RYU *et al.*, 2018; SILVA; NASCIMENTO, 2019), esses valores ainda estão dentro da faixa aceitável de contagens de qualidade microbiológica (menos de 5 log UCF/g).

Em seu estudo Lee *et al.* (2022) exploraram o impacto de uma cultura inicial no aprimoramento dos atributos físicos, químicos e sensoriais da carne maturada a seco. Dois tipos de culturas iniciais *Penicillium nalgiovense* e *Penicillium candidum*, que foram utilizados como culturas individuais e em suspensões combinadas em proporção de 1:1 para examinar o efeito da cultura inicial mista. As amostras de carne bovina foram submetidas à inoculação por pulverização com as culturas iniciais e posteriormente maturadas a seco por diferentes durações de 0, 7, 10, 14 e 21 dias.

Após o processo de maturação descrito por Lee et al. (2022), amostras foram analisadas quanto à população microbiana, propriedades físico-químicas, como pH, teor de água e cor, atividade proteolítica em proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares, bem como compostos de sabor, incluindo aminoácidos livres, nucleotídeos e compostos voláteis. As atividades das culturas iniciais tiveram um impacto nas características físico-químicas e contribuíram para a melhoria da qualidade sensorial. Em particular, *Penicillium candidum* influenciou a atividade proteolítica e os compostos voláteis, enquanto *P. nalgiovense* afetou o conteúdo de aminoácidos e nucleotídeos livres, demonstrando um efeito mais proeminente no dia 7. A combinação de ambas as cepas produziu padrões diferentes em comparação com as cepas isoladas. Portanto, a inoculação de culturas iniciais de fungos teve uma influência significativa nas propriedades físico-químicas e nas qualidades sensoriais da carne envelhecida a seco, formando compostos desejáveis, e com o efeito variando entre cepas simples e mistas.

#### **4.5.8 Qualidade da carne de acordo com a espécie animal**

Diante de todo o exposto neste trabalho, observa-se que de forma ampla a literatura sugere que a maturação da carne, além de ser um processo tradicional que aprimora o tempo de vida de prateleira desse alimento, também confere a ele melhorias significativas em diversos parâmetros de qualidade da carne (WINSTANLEY, 1979). Além disso, com os recentes avanços e implementação de novas tecnologias o desenvolvimento de metodologias cada vez mais eficientes no que se propõem a empregabilidade da maturação de carnes com características de conservação e atributos de qualidade ainda mais vantajosas (ÁLVAREZ *et al.*, 2021; HOLMAN *et al.*, 2022; SCHULTE *et al.*, 2019; VINAUSKIENĖ *et al.*, 2022; VITALE *et al.*, 2014).

Carnes de diferentes espécies de animais apresentam composições diferentes e que podem divergir grandemente, portanto, a maturação de diferentes tipos de carnes, oriundas de diferentes espécies de animais pode variar muito e assim como no processo de maturação mais comumente estudado, o de carne bovina, pode envolver processos complexos que acarretam diferentes alterações bioquímicas. A composição da carne crua varia entre as diferentes espécies, com variações no conteúdo de lipídios e proteínas (IRINA, 2011). A carne de cavalo, por exemplo, tem uma proporção maior de ácidos graxos com 18 átomos de carbono em comparação com outras carnes. A composição de aminoácidos dos componentes da carne também varia, mas as proporções de certos aminoácidos permanecem consistentes

entre as espécies. A análise comparativa de componentes voláteis pode distinguir com segurança a carne de diferentes espécies. No geral, a literatura destaca a importância de compreender as características específicas e as mudanças na carne de diferentes espécies animais durante a maturação (BELDARRAIN *et al.*, 2022b; MITCHELL, 2007).

A diversidade de composição bioquímica e microbiológica, bem como aspectos particulares do tipo de carne varia ainda mais quando consideramos também carnes consideradas exóticas, como é o caso da carne de aves de caça, veados, capivaras, antílopes, coelhos, cangurus, anfíbios, répteis e espécies selvagens como camelídeos, búfalos e bisões, e até mesmo animais considerados como domésticos, mas que são consumidos como fonte proteica em algumas culturas (CAWTHORN; HOFFMAN, 2016; HOFFMAN; CAWTHORN, 2014).

De modo geral, observa-se que a maior parte dos estudos ainda se foca em abordar a maturação como uma técnica de processamento de carnes mais tradicionais e consumidas em maior escala, principalmente por se tratar de carnes que possuem um apelo mais amplo mundialmente (CAWTHORN; HOFFMAN, 2016). Logo, a exploração da maturação, suas diferentes metodologias e parâmetros pode ainda encontrar no campo das carnes exóticas uma grande lacuna de atuação, capaz de tornar carnes pouco consumidas, mais atrativas para o consumidor, melhorando seu tempo de vida de prateleira e sua palatabilidade, logo agregando valor comercial a essas carnes (BELDARRAIN *et al.*, 2022a; DELLA MALVA *et al.*, 2023; LI *et al.*, 2023; WANG *et al.*, 2023).

Na Tabela 2 são apresentados alguns estudos relatando a aplicação de técnicas de maturação em carnes de diferentes espécies de animais, com as características da metodologia aplicada e os principais resultados alcançados.

Como relatado na Tabela 2, em seu estudo Teixeira, Pereira e Rodrigues (2011) impacto dos procedimentos de maturação, salga e secagem ao ar na cor e na atividade da água dos músculos subescapulares e semimembranosos foi examinado. Além disso, várias características, como pH, cor, atividade da água, capacidade de retenção de água e textura. Os animais foram abatidos no matadouro de Bragança. Carcaças pesando entre 16,6 kg e 24,4 kg foram resfriadas a 4 °C por 72 horas e 120 horas, sendo esses os tratamentos de maturação 1 e 2, respectivamente. Então, em seguida, as carcaças foram desossadas, divididas em quartos e submetidas a um processo de salga por 60 horas e secagem ao ar por 48 horas. O processo de salga influenciou significativamente todos os parâmetros de cor. A textura foi o parâmetro

mais afetado pelo processo de maturação, além disso, a maturação prolongada resultou em carne macia e redução da tenacidade.

**Tabela 2** – Exemplos de estudos encontrados na literatura recente abordando o uso de metodologias de maturação em diferentes tipos de carnes

<b>Carne</b>	<b>Tempo</b>	<b>Métodos</b>	<b>Descobertas</b>	<b>Referência</b>
Cordeiro	N.R.	<i>Dry-aged e wet-aged</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O cordeiro envelhecido a seco apresentou maior pH e menor teor de umidade em comparação com o cordeiro envelhecido a úmido.</li> <li>- O cordeiro envelhecido a seco produziu metabólitos menores, incluindo peptídeos e aminoácidos livres.</li> </ul>	(ZHANG <i>et al.</i> , 2021)
Bovina	0, 7 e 14 dias	<i>Dry-aged e wet-aged</i> , envasados e não envasados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O aumento da permeabilidade das embalagens levou a um incremento na perda de peso e contagem microbiológica.</li> <li>- A força de cisalhamento, dureza e mastigabilidade seguiram uma tendência oposta ao aumento da permeabilidade da umidade.</li> <li>- Amostras maturadas a seco, envasadas ou não, sofreram maior alteração na cor.</li> <li>- O índice de fragmentação das miofibrilas também foi maior nas amostras maturadas a seco.</li> <li>- As alterações observadas no índice de fragmentação miofibrilar e na distribuição de água indicaram que a embalagem permeável à umidade afetou a estrutura das miofibrilas influenciando a força de cisalhamento das amostras</li> </ul>	(SHI; ZHANG; ZHOU, 2020)
Caprina	72 e 120 horas	<i>Dry-aged</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A maturação influenciou positivamente na redução da</li> </ul>	(TEIXEIRA;

atividade de água.

- A textura foi o parâmetro mais influenciado pelo processo de maturação.

- O tratamento 2, com maturação mais prolongada tornou a carne mais macia.

PEREIRA;

RODRIGUES,  
2011)

Ovina	0, 7, 14 dias	<i>Dry-aged</i>	<p>- Os valores de pH não foram alterados durante a maturação.</p> <p>- A força de cisalhamento foi influenciada pelo tempo de maturação em todos os cortes avaliados, e aumentar a maturação de 7 para 14 dias não afetou de forma significativa os atributos sensoriais e de maciez das carnes.</p> <p>- A contagem microbiológica aumentou proporcionalmente ao tempo de maturação.</p>	(GÜRBÜZ <i>et al.</i> , 2022)
Equina	0, 7, 14 e 21 dias	<i>Wet-aged</i>	<p>- Compostos voláteis de corte de carne de cavalos Hispano-Bretón, cozidos e maturados foram analisados visando traçar um perfil e verificar alterações ocorridas no processo de maturação.</p> <p>- Um total de 77 compostos voláteis foram mapeados empregando cromatografia gasosa, onde a família de aldeídos foi predominante.</p> <p>- A maioria dos compostos detectados tem sua origem associada a degradação de lipídios, com contribuição</p>	(BELDARRAIN <i>et al.</i> , 2022a)

significativa de produtos derivados da reação de Maillard.

- A maturação afetou 15 dos compostos voláteis detectados. Onde os teores de hexadecanal e 2 e 3-metilbutanal foram os que mais aumentaram proporcionando um incremento ao odor de carne cozida.

- Os autores consideraram que para melhor caracterização e detecção de mudanças consideráveis no perfil olfativo o experimento deveria ser realizado em um processo de maturação com duração superior a 14 dias

Equina 0, 7, 14 e 21 dias *Wet-aged*

- As proteínas miofibrilares foram resolvidas por eletroforese em gel unidimensional para melhor elucidar os mecanismos bioquímicos do processo *post-mortem* e de maturação ocorridos em músculos de cavalos Hispano-Bretón. (BELDARRAIN *et al.*, 2022b)

- A maioria das alterações de banda, ou seja de modificação da conformação das proteínas, foi observada entre os dias 0 e 14 de maturação, sugerindo que o amaciamento da carne ocorre neste período.

- O autor elenca moléculas que sofrem maior alteração de bandas na eletroforese e indica que as mesmas podem ser marcadores de amaciamento da carne equina durante a maturação.

Carne de búfalo 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias *Wet-aged*

- A cor, a maciez e os atributos sensoriais melhoraram com o tempo de maturação. (JASPAL *et al.*, 2021)
- O tempo de maturação adequado necessário para melhorar os atributos de qualidade da carne nos músculos *Longissimus lumborum* e *Gluteus medius* é de 28 e 21 dias, respectivamente.

---

N.R.: Não relatado. **Fonte:** Os autores, 2023.

Os búfalos aquáticos podem ser encontrados em várias nações tropicais em todo o mundo. No atual contexto global, onde atender às necessidades proteicas da população é considerado um dos principais desafios futuros, a carne de búfalo pode servir como uma fonte valiosa de proteína e outros nutrientes essenciais. Atualmente, há escassez de informações referentes às características que definem a qualidade da carne de búfalo. E por isso em seu estudo Jaspal et al. (2021) avaliaram o impacto do tempo da maturação e do tipo muscular nos atributos que determinam a qualidade da carne de búfalo, como níveis de pH, cor, maciez, capacidade de retenção de água e aceitação sensorial.

Os resultados das análises descritas por Jaspal et al. (2021) revelaram que a cor, a textura e os atributos sensoriais exibiram aprimoramento com o aumento do tempo de maturação. Para melhorar os atributos de qualidade da carne de búfalo nos músculos *Longissimus lumborum* e *Gluteus medius*, o tempo ideal de maturação necessário foi determinado em 28 e 21 dias, respectivamente.

De modo geral, é possível observar que há uma grande gama de possibilidade de estudos que podem comparar não só parâmetros de processo ou técnicas diferentes de maturação de carnes, como também verificar a influência do tipo da carne maturada no incremento de atributos de qualidade da carne.

#### **4.6 Considerações finais e perspectivas futuras**

O processo de maturação da carne proporciona melhorias na qualidade da carne que são muito chamativas para os consumidores, e também uma oportunidade para a indústria de alimentos, tendo em vista que não só podem propiciar um incremento no tempo de vida útil dos cortes cárneos maturados, como também oferecem a possibilidade do aprimoramento de aspectos sensoriais importantes, como a maciez, aroma e sabor, relevantes para a qualidade percebida pelos consumidores. Inclusive, foi notável observar que a maturação por via seca apresentou vantagens importante para o incremento de características sensoriais nas carnes maturadas por esta técnica.

É importante, no entanto, estudos que tornem mais detalhada a influência de parâmetros de processo nos diferentes tipos de maturação, buscando sempre refinar a metodologia dos processos. Principalmente no que se refere a maturação a seco que ainda carece de mais estudos voltados a estudar seus mecanismos de transferência de calor e massa.

Outro ponto importante é que a maturação pode conferir características muito vantajosas a carnes consideradas exóticas, como é o caso da carne de equinos e aves

silvestres, aumentando a maciez e melhorando a palatabilidade. No entanto, muito pouco ainda é abordado sobre a aplicação das tecnologias da maturação em carnes exóticas, sendo, portanto, um nicho com uma grande diversidade de tópicos a serem estudados.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASLYNG, M. D. Trends in meat consumption and the need for fresh meat and meat products of improved quality. **Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat**, Woodhead Publishing Ltd, UK, p. 3-18, 2009. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093037369>>. Acesso em 27 maio 2022.

ABIEC- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Estatísticas - Balanço da pecuária**, 2016. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=8>>. Acesso em: 01 maio 2021.

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Beef Report Perfil da Pecuária no Brasil**. 2020. 49 p. Disponível em <<http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>>. Acesso em: 01 maio 2021.

AHMED, A.; ARSHAD, M. S.; IMRAN, A.; ALI, S. W. Introductory Chapter: Meat Science and Human Nutrition. In: ARSHAD, M. S. (Ed.). **Meat Science and Nutrition**. BoD–Books on Demand, 2018. DOI: 10.5772/intechopen.8100.

ALGINO, R. J.; INGHAM, S. C.; ZHU, J. Survey of antimicrobial effects of beef carcass intervention treatments in very small state-inspected slaughter plants. **Journal of food science**, v. 72, n. 5, jun. 2007. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17995740/>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

ÁLVAREZ, S.; MULLEN, A. M.; HAMILL, R.; O'NEILL, E.; ÁLVAREZ, C. **Dry-aging of beef as a tool to improve meat quality. Impact of processing conditions on the technical and organoleptic meat properties**. 1. ed. [s.l.] Elsevier Inc., 2021. v. 9597–130 p.

ÁLVAREZ, S.; MULLEN, A. M.; HAMILL, R.; O'NEILL, E.; ÁLVAREZ, C. Chapter Three - Dry-aging of beef as a tool to improve meat quality. Impact of processing conditions on the technical and organoleptic meat properties. In: TOLDRÁ, F (Ed.). **Advances in Food and Nutrition Research**. Academic Press, v. 95, p. 97-130, 2021. DOI: 10.1016/bs.afnr.2020.10.001.

AMPC; MLA. Australian Meat Processor Corporation and Meat & Livestock Australia. **Meat technology update – Dry ageing of beef**. 2010. Disponível em: <<https://www.mla.com.au/download/finalreports?itemId=3169>>. Acesso em: 05 maio 2021.

ANDERSON, M. J.; LONERGAN, S. M.; HUFF-LONERGAN, E. Myosin light chain 1 release from myofibrillar fraction during postmortem aging is a potential indicator of proteolysis and tenderness of beef. **Meat science**, v. 90, n. 2, p. 345-351, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.07.021>.

BARRAGÁN-HERNÁNDEZ, W.; LEIGHTON, P. L. A.; LÓPEZ-CAMPOS, O.; SEGURA, J.; AALHUS, J. L.; PRIETO, N. Effect of in-the-bag dry-ageing on meat palatability and volatile compounds of cull cows and youthful steers. **Meat Science**, v. 188, p. 108800, 1 jun. 2022.

BELDARRAIN, L. R.; MORÁN, L.; SENTANDREU, M. Á.; BARRON, L. J. R.; ALDAI, N. Effect of ageing time on the volatile compounds from cooked horse meat. **Meat Science**, v. 184, p. 108692, 1 fev. 2022a.

BELDARRAIN, L. R.; SENTANDREU, E.; ALDAI, N.; SENTANDREU, M. A. Horse meat tenderization in relation to post-mortem evolution of the myofibrillar sub-proteome. **Meat Science**, v. 188, p. 108804, 1 jun. 2022b.

BERGER, J.; KIM, Y. H. B.; LEGAKO, J. F.; MARTINI, S.; LEE, J.; EBNER, P.; ZUELLY, S. M. S. Dry-aging improves meat quality attributes of grass-fed beef loins. **Meat science**, v. 145, p. 285-291, 2018a. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.004>.

BERGER, J.; KIM, Y. H. B.; LEGAKO, J. F.; MARTINI, S.; LEE, J.; EBNER, P.; ZUELLY, S. M. S. Dry-aging improves meat quality attributes of grass-fed beef loins. **Meat Science**, v. 145, p. 285–291, 2018b. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.004>>.

BINDEMANN, F. T. **Processo de maturação sanitária de carne**. 2013. Disponível em: <<https://www.escavador.com/patentes/210575/processo-de-maturacao-sanitaria-de-carne>>. Acesso em: 29 maio 2021.

BISCHOF, G.; WITTE, F.; TERJUNG, N.; JANUSCHEWSKI, E.; HEINZ, V.; JUADJUR, A.; GIBIS, M. Effect of sampling position in fresh, dry-aged and wet-aged beef from M. Longissimus dorsi of Simmental cattle analyzed by 1H NMR spectroscopy. **Food Research**

**International**, v. 156, n. April, p. 111334, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111334>>.

BISWAS, A. K.; TANDON, S.; MANDAL, P. K. Chapter 7 - Calpain-assisted postmortem aging of meat and its detection methods. In: BISWAS, A. K.; MANDAL, P. (Ed.). **Meat quality analysis: advanced evaluation methods, techniques, and technologies**. Academic Press, 2020. p. 101-114. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819233-7.00007-0>

BOLER, D. D.; WOERNER, D. R. What is meat? A perspective from the American Meat Science Association. **Animal Frontiers**, v. 7, n. 4, p. 8-11, 2017.

BRADEN, K. W. 5 – Converting Muscle to Meat: The Physiology of Rigor. In: KERTH, C. R. **The science of meat quality**. Blackwell Publishing, 2013. p. 79-97. <https://doi.org/10.1002/9781118530726.ch5>.

BRANDEBOURG, T. 1 – Growth of Muscle from the Myoblast to Whole Muscle. In: KERTH, C. R. **The science of meat quality**. Blackwell Publishing, 2013. p. 1-27. <https://doi.org/10.1002/9781118530726.ch1>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Divisão de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Circular nº 53 de 19 de maio de 1988**. Critérios adotados para obtenção do produto “Carne Resfriada” (ou congelada) de Bovinos sem osso (corte maturado). 2p. 1988.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. RIISPOA. MAPA: Brasília, 2017. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=9013&ano=2017&ato=4edkXWU9EeZpWT3a4>>. Acesso em: 01 maio 2021.

CALKINS, C. R.; SULLIVAN, G. **Adding enzymes to improve beef tenderness**. Beef facts product enhancement, National cattleman’s beef association. Hexham: Cattlemen's Beef Board, 2007.

CAO, Y.; XIA, Q.; CHEN, J.; JIN, Z.; ANIYA. Understanding of microbial diversity in three representative Qu in China and characterization of the volatile compounds in the corresponding Chinese rice wine. **Lwt**, v. 164, n. June, p. 113680, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113680>>.

CAWTHORN, D. M.; HOFFMAN, L. C. Controversial cuisine: A global account of the demand, supply and acceptance of “unconventional” and “exotic” meats. **Meat Science**, v. 120, p. 19–36, 1 out. 2016.

DASHDORJ, D.; AMNA, T.; HWANG, I. Influence of specific taste-active components on meat flavor as affected by intrinsic and extrinsic factors: an overview. **European Food Research and Technology**, v. 241, n. 2, p. 157–171, 25 ago. 2015.

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. 1, p. 20, 19 dez. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s40781-016-0101-9>>.

DELLA MALVA, A.; LAMRI, M.; ALBENZIO, M.; GAGAOUA, M. First comparison of early post-mortem proteomes in two goat muscle types: M. Longissimus thoracis and M. semitendinosus. **Food Bioscience**, v. 56, p. 103234, 1 dez. 2023.

DEVINE, C. E. **Conversion of muscle to meat: aging**. Encyclopedia of meat science, Elsevier, p. 329-338, 2004.

DIKEMAN, M. E.; 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 science**, v. 94, n. 2, p. 228-233, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.02.002>.

DRANSFIELD, E. Modelling post-mortem tenderization – IV: Role of calpains and calpastatin in conditioning. **Meat science**, v. 34, n. 2, p. 217-234, 1993. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(93\)90029-H](https://doi.org/10.1016/0309-1740(93)90029-H).

ENGLISH, A. R.; WILLS, K. M.; HARSH, B. N.; MAFI, G. G.; VANOVERBEKE, D. L.; RAMANATHAN, R. Effects of aging on the fundamental color chemistry of dark-cutting beef. **Journal of animal science**, v. 94, n. 9, p. 4040–4048, 1 set. 2016. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27898916/>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

EUROPEAN UNION. European Parliament and the Council Regulation of the European Union. 2004. Regulation EC No 853/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin. Official J. Eur. Union 30/4/2004, L 139/55. Disponível em: <<https://eur->

lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0055:0205:en:PDF >. Acesso em: 01 junho 2022.

FAROUK, M. M.; MUSTAFA, N. M.; WU, G.; KRSINIC, G. The “sponge effect” hypothesis: An alternative explanation of the improvement in the waterholding capacity of meat with ageing. **Meat Science**, v. 90, n. 3, p. 670–677, 1 mar. 2012.

FRONTERA, W. R.; OCHALA, J. Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. **Journal Calcified Tissue International**, v. 96, n. 3, p. 183-195, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00223-014-9915-y>.

GIBSON, M.; NEWSHAM, P. Chapter 12 - Meat: Food and Science of the Animal Kingdom. In: GIBSON, M. **Food science and the culinary arts**. Academic Press, 2018. p. 169-223. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811816-0.00012-9>.

GUDJÓNSDÓTTIR, M.; GACUTAN JR, M. D.; MENDES, A. C.; CHRONAKIS, I. S.; JESPERSEN, L.; KARLSSON, A. H. Effects of electrospun chitosan wrapping for dry-ageing of beef, as studied by microbiological, physicochemical and low-field nuclear magnetic resonance analysis. **Food chemistry**, v. 184, p. 167-175, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.088>.

GÜRBÜZ, Ü.; KAHRAMAN, H. A.; TELLİ, A. E.; BIÇER, Y.; DOĞRUEK, Y. Comparison of meat quality characteristics of dry aged lamb loins and optimization of dry aging process. **Veterinary Research Forum**, v. 13, n. 1, p. 21, 1 mar. 2022. Disponível em: </pmc/articles/PMC9094596/>. Acesso em: 14 dez. 2023.

HA, M.; MCGILCHRIST, P.; POLKINGHORNE, R.; HUYNH, L.; GALLETLY, J.; KOBAYASHI, K.; NISHIMURA, T.; BONNEY, S.; KELMAN, K. R.; WARNER, R. D. Effects of different ageing methods on colour, yield, oxidation and sensory qualities of Australian beef loins consumed in Australia and Japan. **Food Research International**, v. 125, p. 108528, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108528>.

HENCHION, M.; MCCARTHY, M.; RESCONI, V. C.; TROY, D. Meat consumption: Trends and quality matters. **Meat science**, v. 98, n. 3, p. 561-568, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.007>.

HOFFMAN, L. C.; CAWTHORN, D. SPECIES OF MEAT ANIMALS | Game and Exotic Animals. *In: Encyclopedia of Meat Sciences*. [s.l.] Academic Press, 2014. p. 345–356.

HOLLOWAY, J. W.; WU, J. **Red meat science and production**. Volume 2. Intrinsic Meat Character. Springer, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-7860-7>.

HOLMAN, B. W. B.; BEKHIT, A. E. D. A.; MAO, Y.; ZHANG, Y.; HOPKINS, D. L. The effect of wet ageing duration (up to 14 weeks) on the quality and shelf-life of grass and grain-fed beef. **Meat Science**, v. 193, p. 108928, 1 nov. 2022.

HOPKINS, D. L. Chapter 12 - The eating quality of meat: II – Tenderness. *In: TOLDRÁ, F. (Ed.). Lawrie's meat science*. 8<sup>th</sup> ed. Cambridge: Woodhead, 2017. p. 357-381. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00012-1>.

HOU, M.; LIU, D.; XU, X.; ZHOU, G.; LI, C. Effect of postmortem aging time on flavor profile of stewed pork rib broth. **International Journal of Food Properties**, v. 21, n. 1, p. 1449–1462, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1479859>>.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Science**, v. 71, n. 1, p. 194–204, 1 set. 2005.

HWANG, Y. H.; SABIKUN, N.; ISMAIL, I.; JOO, S. T. Comparison of meat quality characteristics of wet- and dry-aging pork belly and shoulder blade. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 38, n. 5, p. 950–958, 2018. Doi: 10.5851/kosfa.2018.e27.

IMAZAKI, P. H.; ELANSARY, M.; SCIPPO, M. L.; DAUBE, G.; CLINQUART, A. Effect of sex and sub-zero storage temperature on the microbial and oxidative stability of beef packed in a high-oxygen atmosphere after different vacuum ageing times. *Meat science*, v. 148, p. 198-205, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.09.005>.

IRINA, C. Comparative study of meat composition from various animal species. **Scientific journal “Meat Technology”**, v. 52, n. 1, p. 167–171, 24 jun. 2011. Disponível em: <[http://www.journalmeattechnology.com/index.php/meat\\_technology/article/view/271](http://www.journalmeattechnology.com/index.php/meat_technology/article/view/271)>. Acesso em: 14 dez. 2023.

JASPAL, M. H.; BADAR, I. H.; AMJAD, O. Bin; YAR, M. K.; IJAZ, M.; MANZOOR, A.; NASIR, J.; ASGHAR, B.; ALI, S.; NAUMAN, K.; RAHMAN, A.; WARA, U. U. Effect of Wet Aging on Color Stability, Tenderness, and Sensory Attributes of Longissimus lumborum and Gluteus medius Muscles from Water Buffalo Bulls. **Animals** **2021**, Vol. **11**, Page **2248**, v. 11, n. 8, p. 2248, 30 jul. 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-2615/11/8/2248/htm>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

JAYASOORIYA, S. D.; BHANDARI, B. R.; TORLEY, P.; D'ARCY, B. R. Effect of High Power Ultrasound Waves on Properties of Meat: A Review. **International Journal of Food Properties**, v. 7, n. 2, p. 301–319, 31 dez. 2004. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/JFP-120030039>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

JOSE, C. G.; JACOB, R. H.; GARDNER, G. E. Alternative cutting methods and dry aging reduce the shear force of hot boned beef striploin in *Bos indicus* cattle. **Meat science**, v. 163, p. 108036, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108036>.

KIM, J. H.; KIM, D. H.; JI, D. S.; LEE, H. J.; YOON, D. K.; LEE, C. H. Effect of aging process and time on physicochemical and sensory evaluation of raw beef top round and shank muscles using an electronic tongue. **Korean journal for food science of animal resources**, v. 37, n. 6, p. 823, 2017a. doi: 10.5851/kosfa.2017.37.6.823.

KIM, J. H.; KIM, T. K.; SHIN, D. M.; KIM, H. W.; KIM, Y. B.; CHOI, Y. S. Comparative effects of dry-aging and wet-aging on physicochemical properties and digestibility of Hanwoo beef. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 33, n. 3, p. 501, 2020. Doi: 10.5713/ajas.19.0031.

KIM, S. Y.; YONG, H. I.; NAM, K. C.; JUNG, S.; YIM, D. G.; JO, C. Application of high temperature (14° C) aging of beef *M. semimembranosus* with low-dose electron beam and X-ray irradiation. **Meat science**, v. 136, p. 85-92, 2018a. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.10.016>.

KIM, Y. H. B.; KEMP, R.; SAMUELSSON, L. M. Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. **Meat science**, v. 111, p. 168-176, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.09.008>.

KIM, Y. H. B.; MA, D.; SETYABRATA, D.; FAROUK, M. M.; LONERGAN, S. M.; HUFF-LONERGAN, E.; HUNT, M. C. Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. **Meat science**, v. 144, p. 74-90, 2018b. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.031>.

KIM, Y. H. B.; MEYERS, B.; KIM, H. W.; LICEAGA, A. M.; LEMENAGER, R. P. Effects of stepwise dry/wet-aging and freezing on meat quality of beef loins. **Meat Science**, v. 123, p. 57-63, 2017b. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.09.002>.

KIM, Y. H. B.; WARNER, R. D.; ROSENVOLD, K. Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: a review. **Animal Production Science**, v. 54, n. 4, p. 375-395, 2014. <https://doi.org/10.1071/AN13329>.

KIRAN, M., NAVEENA, B.M., REDDY, K. S., SHASHIKUMAR, M., REDDY, V.R., KULKARNI, V.V., RAPOLE, S.; MORE T. H. 2016. Understanding tenderness variability and ageing changes in buffalo meat: Biochemical, ultrastructural and proteome characterization. **Animal**, v. 10, n. 6, p. 1007-1015, 2016. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002931>

KIRAN, M.; NAVEENA, B. M.; SUDHAKAR REDDY, K.; SHASHIKUMAR, M.; RAVINDER REDDY, V.; KULKARNI, V. V.; RAPOLE, S.; MORE T. H. 2015. Muscle-Specific Variation in Buffalo (*B. ubalus bubalis*) Meat Texture: Biochemical, Ultrastructural and Proteome Characterization. **Journal of Texture Studies**, v. 46, n. 4, p. 254-261, 2015. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12123>

KOOHMARAIE, M.; GEESINK, G. H. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. **Meat Science**, v. 74, n. 1, p. 34–43, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.025>.

KOUTSIDIS, G.; ELMORE, J. S.; ORUNA-CONCHA, M. J.; CAMPO, M. M.; WOOD, J. D.; MOTTRAM, D. S. Water-soluble precursors of beef flavour: I. Effect of diet and breed. **Meat Science**, v. 79, n. 1, p. 124–130, maio 2008.

LAWRIE, R. A.; LEDWARD, D. **Lawrie's meat science**. 7<sup>th</sup> ed. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2006.

LEE, H. J.; CHOE, J.; KIM, M.; KIM, H. C.; YOON, J. W.; OH, S. W.; JO, C. Role of moisture evaporation in the taste attributes of dry-and wet-aged beef determined by chemical and electronic tongue analyses. **Meat Science**, v. 151, p. 82-88, 2019a. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.001>.

LEE, H. J.; YOON, J. W.; KIM, M.; OH, H.; YOON, Y.; JO, C. Changes in microbial composition on the crust by different air flow velocities and their effect on sensory properties of dry-aged beef. **Meat Science**, v. 153, p. 152-158, 2019b. Doi: [10.1016/j.meatsci.2019.03.019](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.019).

LEE, Y. E.; LEE, H. J.; KIM, C. H.; RYU, S.; KIM, Y.; JO, C. Effect of *Penicillium candidum* and *Penicillium nalgiovense* and their combination on the physicochemical and sensory quality of dry-aged beef. **Food Microbiology**, v. 107, p. 104083, 1 out. 2022.

LEPPER-BLILIE, A. N.; BERG, E. P.; BUCHANAN, D. S.; BERG, P. T. Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. **Meat Science**, v. 112, p. 63-68, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.017>.

LI, L.; PEREA-SANZ, L.; LÓPEZ-DÍEZ, J. J.; SALVADOR, A.; BELLOCH, C.; FLORES, M. Aroma enhancement in dry cured loins by the addition of nitrogen and sulfur precursors. **Meat Science**, v. 184, p. 108698, 1 fev. 2022.

LI, S.; ZHANG, D.; XIANG, C.; GE, Y.; LIU, H.; ZHENG, X.; CHEN, L.; WANG, Z. Insights into the gel and electronic sense characteristics of meat batters made from Funiu white goat and Oula sheep meat in different rigor states. **Food Chemistry: X**, v. 17, p. 100523, 30 mar. 2023.

LI, X.; BABOL, J.; BREDIE, W. L.; 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 Science**, v. 97, n. 4, p. 433–442, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.03.014>.

LIAN, T.; WANG, L.; LIU, Y. A New Insight into the Role of Calpains in Post-mortem Meat Tenderization in Domestic Animals: A review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)**, v. 26, n. 3, 443-454, 2013. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12365>.

LORENZO, J. M.; MUNEKATA, P. E.; BARBA, F. J.; TOLDRÁ, F. **More than Beef, Pork and Chicken–The Production, Processing, and Quality Traits of Other Sources of Meat for Human Diet**. Springer, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-05484-7>.

MARFRIG. **Relatório Anual Marfrig Group**, 2007, Disponível em: <<http://ri.marfrig.com.br/rao/2007/portugues>>. Acesso em: 29 maio 2021.

MATARNEH, S. K.; ENGLAND, E. M.; SCHEFFLER, T. L.; GERRARD, D. E. Chapter 5 - The Conversion of Muscle to Meat. In: TOLDRÁ, F. (Ed.). **Lawrie's Meat Science**. 8<sup>th</sup> ed. Cambridge: Woodhead, 2017. p. 159–185. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00005-4>.

MCCANCE R. A.; WIDDOWSON'S E. M. **The composition of foods**. 6th ed. Cambridge; UK: Royal Society of Chemistry; 2002.

MCGEE, H. Chapter 3 – Meat. **On food and cooking: the science and lore of the kitchen**. New York: Simon and Schuster, 2004. Disponível em: <<http://wtf.tw/ref/mcgee.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2022.

MEINERT, L.; SCHÄFER, A.; BJERGEGAARD, C.; AASLYNG, M. D.; BREDIE, W. L. P. Comparison of glucose, glucose 6-phosphate, ribose, and mannose as flavour precursors in pork; the effect of monosaccharide addition on flavour generation. **Meat Science**, v. 81, n. 3, p. 419–425, 1 mar. 2009.

MILLER, R. K. Chapter 15 - The eating quality of meat: V – Sensory evaluation of meat. In: In: TOLDRÁ, F. (Ed.). **Lawrie's meat science**. 8<sup>th</sup> ed. Cambridge: Woodhead, 2017. p. 461-499. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00015-7>.

MITACEK, R. M.; KE, Y.; PRENNI, J. E.; JADEJA, R.; VANOVERBEKE, D. L.; MAFI, G. G.; RAMANATHAN, R. Mitochondrial Degeneration, Depletion of NADH, and Oxidative Stress Decrease Color Stability of Wet-Aged Beef Longissimus Steaks. **Journal of Food Science**, v. 84, n. 1, p. 38–50, 2019.

MITCHELL, A. D. Impact of Research with Cattle, Pigs, and Sheep on Nutritional Concepts: Body Composition and Growth1. **The Journal of Nutrition**, v. 137, n. 3, p. 711–714, 1 mar. 2007.

MOHAN, K.; BANERJEE, R.; MAHESWARAPPA, N. B. Chapter 6 - Recent developments in postmortem aging and evaluation methods. In: BISWAS, A. K.; MANDAL, P. (Ed.). **Meat quality analysis: advanced evaluation methods, techniques, and technologies**. Academic Press, 2020. p. 81-99. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819233-7.00006-9>.

MOHAN, K.; BANERJEE, R.; MAHESWARAPPA, N. B. **Recent developments in postmortem aging and evaluation methods**. [s.l.] Elsevier Inc., 2019. 81–99 p.

MOTTRAM, D. S. Flavor formation in meat and meat products: a review. **Food chemistry**, v. 62, n. 4, p. 415-424, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00076-4).

NISHIMURA, T.; RHUE, M. R.; OKITANI, A.; KATO, H. Components Contributing to the Improvement of Meat Taste during Storage. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 52, n. 9, 1988, p. 2323-2330. <https://doi.org/10.1080/00021369.1988.10869028>.

OECD/FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030**. OECD Agriculture statistics (database). 2021. <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>.

PARK, S. Y.; KIM, H. Y. Physicochemical property analysis of lyophilized fresh, wet-, and dry-aged beef powders: Application of dry-aged beef crust as a food additive. **Meat Science**, v. 195, p. 109014, 1 jan. 2023.

PEARCE, K. L.; ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J.; HOPKINS, D. L. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes--a review. **Meat science**, v. 89, n. 2, p. 111–124, out. 2011. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21592675/>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

RAMANATHAN, R.; HUNT, M. C.; MANCINI, R. A.; NAIR, M. N.; DENZER, M. L.; SUMAN, S. P.; MAFI, G. G.; RAMANATHAN, R.; HUNT, M. C.; MANCINI, R. A.; NAIR, M. N.; DENZER, M. L.; SUMAN, S. P.; MAFI, G. G. Recent Updates in Meat Color Research: Integrating Traditional and High-Throughput Approaches. **Meat and Muscle Biology**, v. 4, n. 2, p. 1–24, 28 jul. 2020. Disponível em: <<https://www.iastatedigitalpress.com/mmb/article/id/9598/>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

RAMANATHAN, R.; MAFI, G. G.; YODER, L.; PERRY, M.; PFEIFFER, M.; VANOVERBEKE, D. L.; MAHESWARAPPA, N. B. Chapter 5 – Biochemical changes of postmortem meat during the aging process and strategies to improve the meat quality. In:

BISWAS, A. K.; MANDAL, P. K. (Ed.). **Meat quality analysis**. Academic Press, 2020. p. 67-80. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819233-7.00005-7>.

ROSSO, G. EMBRAPA - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. **Pesquisas avaliam processos e características da carne maturada a seco**. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 29 maio 2021.

RYU, S.; PARK, M. R.; BRIGHTON, M. E.; JI LEE, W.; PARK, D.; CHO, S.; HWANG, I.; OH, S.; KIM, Y. Diversity and characteristics of the meat microbiological community on dry aged beef. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, n. 1, p. 105-108, 2018. <https://doi.org/10.4014/jmb.1708.08065>

SALEJDA, A. M.; SZMAJA, A.; BOBAK, Ł.; ZWYRZYKOWSKA-WODZIŃSKA, A.; FUDALI, A.; BĄBELEWSKI, P.; BIENKIEWICZ, M.; KRASNOWSKA, G. Effect of ilex x meserveae aqueous extract on the quality of dry-aged beef. **Journal of Food Quality**, v. 2021, 2021.

SAVELL, J. W. Chapter 1 – Introduction. In: TOLDRÁ, F. (Ed.). **Lawrie's meat science**. 8<sup>th</sup> ed. Cambridge: Woodhead, 2017. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819233-7.00005-7>.

SAVELL, J. W. **Dry-aging of beef, executive summary**. National Cattlemen's Beef Association. Center for Research and Knowledge Advancement, Centennial, CO, 2008.

SCHREUDERS, F. K.; SCHLANGEN, M.; KYRIAKOPOULOU, K.; BOOM, R. M.; VAN DER GOOT, A. J. Texture methods for evaluating meat and meat analogue structures: A review. **Food Control**, v. 127, p. 108103, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108103>

SCHULTE, M. D.; JOHNSON, L. G.; ZUBER, E. A.; PATTERSON, B. M.; OUTHOUSE, A. C.; FEDLER, C. A.; STEADHAM, E. M.; KING, D. A.; PRUSA, K. J.; HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. Influence of postmortem aging and post-aging freezing on pork loin quality attributes. **Meat and Muscle Biology**, v. 3, n. 1, p. 313–323, 2019. <https://doi.org/10.22175/mmb2019.05.0015>.

SETYABRATA, D.; KIM, Y. H. B. Impacts of aging/freezing sequence on microstructure, protein degradation and physico-chemical properties of beef muscles. **Meat Science**, v. 151,

n. November 2018, p. 64–74, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.01.007>>.

SETYABRATA, D.; LEE, J.; MARTINI, S.; LEGAKO, J.; SOBREIRA, T. J. P.; KIM, Y. H. **B. Hunting compounds crucial to dry aging flavor: Further investigation of dry-aging effects on palatability attributes and metabolomics profiles of beef loins.** 233 (1), 18, 2019. Disponível em: <<https://www.provisioneronline.com/articles/107279-hunting-compounds-crucial-to-dry-aging-flavor>>. Acesso em: 07 maio 2021.

SETYABRATA, D.; XUE, S.; VIERCK, K.; LEGAKO, J.; EBNER, P.; ZUELLY, S.; KIM, Y. H. B. Impact of Various Dry-Aging Methods on Meat Quality and Palatability Attributes of Beef Loins (*M. longissimus lumborum*) from Cull Cow. **Meat and Muscle Biology**, v. 6, n. 1, 2022. Doi: <https://doi.org/10.22175/mmb.13025>.

SHI, Y.; ZHANG, W.; ZHOU, G. Effects of Different Moisture-Permeable Packaging on the Quality of Aging Beef Compared with Wet Aging and Dry Aging. **Foods**, v. 9, n. 5, p. 649, 18 maio 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/9/5/649>>.

SILVA, A. C. M. da; NASCIMENTO, M. da S. do. **Efeito de diferentes métodos de maturação na microbiota de carne bovina e comportamento de *Listeria innocua* durante processo de maturação a seco**Campinas. Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2019.

SMITH, R. D.; NICHOLSON, K. L.; NICHOLSON, J. D. W.; HARRIS, K. B.; MILLER, R. K.; GRIFFIN, D. B.; SAVELL, J. W. Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. **Meat science**, v. 79, n. 4, p. 631-639, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.028>.

TAYLOR, R. G.; GEESINK, G. H.; THOMPSON, V. F.; KOOHMARAIE, M.; GOLL, D. E. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? **Journal of animal science**, v. 73, n. 5, p. 1351-1367, 1995. <https://doi.org/10.2527/1995.7351351x>

TEIXEIRA, A.; PEREIRA, E.; RODRIGUES, E. S. Goat meat quality. Effects of salting, air-drying and ageing processes. **Small Ruminant Research**, v. 98, n. 1–3, p. 55–58, 1 jun. 2011.

TERJUNG, N.; WITTE, F.; HEINZ, V. The dry aged beef paradox: Why dry aging is sometimes not better than wet aging. **Meat Science**, v. 172, p. 108355, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108355>>.

TROUT, G. R. Techniques for measuring water-binding capacity in muscle foods—A review of methodology. **Meat Science**, v. 23, n. 4, p. 235–252, 1 jan. 1988.

USDA. Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service, 2016. 9 CFR, Chapter III, Subchapter A, Sec. 301.2. **Terminology: adulteration and misbranding**. Disponível em: <<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2006-title9-vol2/pdf/CFR-2006-title9-vol2-part301.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2021.

USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **Livestock and Poultry: World Markets and Trade**. Global Market Analysis. April 8, 2022. Disponível em: < [https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock\\_poultry.pdf](https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf) >. Acesso em: 27 maio 2022.

USDA-FSIS, 2005. **Food standards and labeling policy book**. <https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/import/Labeling-Policy-Book.pdf>. Acesso em: 01 maio 2023.

USMEF. Meat Export Federation of USA. **Guidelines for U.S. dry aged beef for international markets**. 2014. Disponível em: < <https://www.usmef.org/guidelines-for-u-s-dry-aged-beef-for-international-markets/> >. Acesso em: 05 maio 2021.

VINAUSKIENĖ, R.; SURBLYTĖ, G.; ALEKŠIŪNAS, A.; KERŠIENĖ, M.; LESKAUSKAITĖ, D. Effect of traditional and dry package ageing on physicochemical properties and protein digestibility of pork Longissimus thoracis muscle. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 27, p. 100487, 1 mar. 2022.

VITALE, M.; PÉREZ-JUAN, M.; LLORET, E.; ARNAU, J.; REALINI, C. E. Effect of aging time in vacuum on tenderness, and color and lipid stability of beef from mature cows during display in high oxygen atmosphere package. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 270–277, 1 jan. 2014.

VOSSSEN, E.; DEWULF, L.; VAN ROYEN, G.; VAN DAMME, I.; DE ZUTTER, L.; FRAEYE, I.; DE SMET, S. Influence of aging time, temperature and relative humidity on the

sensory quality of dry-aged Belgian Blue beef. **Meat science**, v. 183, p. 108659, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108659>.

WANG, Y.; LI, W.; ZHANG, C.; LI, F.; YANG, H.; WANG, Z. Metabolomic comparison of meat quality and metabolites of geese breast muscle at different ages. **Food Chemistry: X**, v. 19, p. 100775, 30 out. 2023.

WARREN, K. E.; KASTNER, C. L. A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. **Journal of Muscle Foods**, v. 3, n. 2, p. 151-157, 1992. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.1992.tb00471.x>.

WINSTANLEY, M. The ageing of meat. **Nutrition & Food Science**, v. 79, n. 5, p. 8–10, 1 maio 1979.

XUE, S.; SETYABRATA, D.; BONHAM, C. C.; KIM, Y. H. B. Evaluation of functional and chemical properties of crust from dry-aged beef loins as a novel food ingredient. **Meat Science**, v. 173, n. July 2020, p. 108403, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108403>>.

YOUNG, O. A.; HOPKINS, D. L.; PETHICK, D. W. Critical control points for meat quality in the Australian sheep meat supply chain. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 45, n. 5, p. 593-601, 2005. <https://doi.org/10.1071/EA04006>.

YU, H.; ZHANG, S.; LIU, X.; LEI, Y.; WEI, M.; LIU, Y.; YANG, X.; XIE, P.; SUN, B. Comparison of physiochemical attributes, microbial community, and flavor profile of beef aged at different temperatures. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, p. 1091486, 22 dez. 2022. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1091486>.

ZHANG, R.; ROSS, A. B.; YOO, M. J. Y.; FAROUK, M. M. Metabolic fingerprinting of in-bag dry- and wet-aged lamb with rapid evaporative ionisation mass spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 347, n. November 2020, p. 128999, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128999>>.

ZHANG, R.; YOO, M. J. Y.; ROSS, A. B.; FAROUK, M. M. Mechanisms and strategies to tailor dry-aged meat flavour. **Trends in Food Science & Technology**, v. 119, p. 400–411, 1 jan. 2022.