



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

IMPLICACIONES TECNOLÓGICAS DE LA MADURACIÓN HÚMEDA Y LA MADURACIÓN EN SECO EN LA CALIDAD DE LA CARNE: UNA REVISIÓN

TECHNOLOGICAL IMPLICATIONS OF WET AGED AND DRY AGED ON MEAT QUALITY: A REVIEW

Apresentação: Comunicação Oral

Mikaela Serafim Miranda¹; Ana Caroline Romão da Silva²; Marieli de Lima³

DOI: <https://doi.org/10.31692/VICIAGRO.0071>

RESUMO

A busca por uma carne de qualidade, com maciez e sabor aprimorados, tem ganhado destaque mundialmente. Dentre os fatores que influenciam a qualidade da carne, destaca-se a maturação. Nesse contexto, uma revisão de literatura foi elaborada, visando relatar as diversas implicações tecnológicas da maturação úmida (*wet aged*) e da maturação a seco (*dry aged*) sobre a qualidade da carne. Para tanto, uma revisão narrativa da literatura foi construída através da leitura e interpretação de artigos científicos publicados na área. O material teórico foi encontrado através de buscas em base de dados científicos digitais, utilizando termos intrinsecamente relacionadas ao tema nos idiomas português e inglês. A partir da pesquisa, foi possível estruturar e sintetizar os resultados para a revisão. Sabe-se que o processo de maturação ocorre na ausência de deterioração microbiana e consiste na retenção de carne não processada acima de seu ponto de congelamento, aprimorando a maciez e o sabor. Após a revisão da literatura, observou-se que existe um interesse crescente no entendimento das técnicas de maturação em carnes, proporcionando melhorias na qualidade da carne de interesse para os consumidores e para a indústria de alimentos. Dessa forma, considera-se esse método como uma oportunidade para a indústria, tendo em vista que não só pode propiciar um aumento no tempo de vida útil dos cortes cárneos maturados, como também oferece a possibilidade do aprimoramento de aspectos sensoriais importantes, como a maciez, aroma e sabor, relevantes para a qualidade percebida pelos consumidores. Dentre os estudos avaliados, ressalta-se que a maturação por via seca apresentou vantagens importantes para o incremento de características sensoriais nas carnes maturadas por esta técnica. Além disso, a maturação pode conferir características vantajosas a carnes consideradas exóticas, aprimorando sua maciez e palatabilidade. No entanto, poucos relatos existem na literatura acerca da aplicação das tecnologias da maturação em carnes exóticas, sendo, portanto, um nicho com uma grande diversidade de tópicos a serem estudados. Quanto às perspectivas futuras, estudos devem detalhar 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.

Palavras-Chave: aspectos sensoriais, conservação, cultura *starter*, maciez

RESUMEN

La búsqueda de carne de calidad, con mayor ternura y sabor, ha ganado protagonismo a nivel mundial. Entre

¹ Graduada em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Uberlândia, mika.miranda05@gmail.com

² Doutoranda em Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, anaromao@discente.ufg.br

³ Doutora em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Uberlândia, marieli@ufu.br

los factores que influyen en la calidad de la carne destaca la maduración. En este contexto, se elaboró una revisión de la literatura, con el objetivo de informar las diversas implicaciones tecnológicas de la maduración húmeda y la maduración seca en la calidad de la carne. Para ello, se construyó una revisión narrativa de la literatura a través de la lectura e interpretación de artículos científicos publicados en el área. El material teórico fue encontrado a través de búsquedas en bases de datos científicas digitales, utilizando términos intrínsecamente relacionados con el tema en portugués e inglés. A partir de la investigación fue posible estructurar y sintetizar los resultados para la revisión. Se sabe que el proceso de maduración ocurre en ausencia de deterioro microbiano y consiste en mantener la carne sin procesar por encima de su punto de congelación, mejorando la ternura y el sabor. Luego de revisar la literatura, se observó que existe un creciente interés en comprender las técnicas de maduración de la carne, aportando mejoras en la calidad de la carne de interés para los consumidores y la industria alimentaria. Por lo tanto, este método se considera una oportunidad para la industria, considerando que no sólo puede proporcionar un aumento en la vida útil de los cortes de carne madurados, sino que también ofrece la posibilidad de mejorar aspectos sensoriales importantes, como la ternura, el aroma y el sabor, que son relevantes para la calidad percibida por los consumidores. Entre los estudios evaluados, cabe destacar que la maduración en seco presentó importantes ventajas para el aumento de las características sensoriales en carnes maduradas mediante esta técnica. Además, la maduración puede conferir características ventajosas a carnes consideradas exóticas, mejorando su ternura y palatabilidad. Sin embargo, existen pocos reportes en la literatura sobre la aplicación de tecnologías de maduración en carnes exóticas, por lo tanto, es un nicho con gran diversidad de tópicos a estudiar. En cuanto a las perspectivas futuras, los estudios deben detallar la influencia de los parámetros del proceso en los diferentes tipos de maduración, buscando siempre refinar la metodología del proceso. Principalmente en lo que se refiere a la maduración en seco, que aún requiere más estudios orientados a estudiar sus mecanismos de transferencia de calor y masa.

Palabras Clave: Aspectos sensoriales, conservación, cultivo iniciador, ternura

ABSTRACT

The search for quality meat, with improved tenderness and flavor, has gained worldwide prominence. Among the factors that influence meat quality, aging stands out. In this context, a literature review was prepared, aiming to report on the various technological implications of wet aging and dry aging on meat quality. To this end, a narrative review of the literature was constructed through the reading and interpretation of scientific articles published in the area. The theoretical material was found through searches in digital scientific databases, using terms intrinsically related to the topic in Portuguese and English. From the research, it was possible to structure and synthesize the results for the review. It is known that the aging process occurs in the absence of microbial deterioration and consists of retaining unprocessed meat above its freezing point, improving tenderness and flavor. After reviewing the literature, it was observed that there is a growing interest in understanding meat aging techniques, providing improvements in meat quality that are of interest to consumers and the food industry. Thus, this method is considered an opportunity for the industry, considering that it cannot only provide an increase in the shelf life of matured meat cuts, but also offers the possibility of improving important sensory aspects, such as tenderness, aroma and flavor, relevant to the quality perceived by consumers. Among the studies evaluated, it is worth highlighting that dry aging presented important advantages for increasing sensory characteristics in meat matured by this technique. In addition, aging can confer advantageous characteristics to meats considered exotic, improving their tenderness and palatability. However, there are few reports in the literature about the application of aging technologies in exotic meats, therefore, it is a niche with a great diversity of topics to be studied. Regarding future perspectives, studies should detail the influence of process parameters on different types of maturation, always seeking to refine the process methodology. Especially about dry maturation, which still requires further studies focused on studying its heat and mass transfer mechanisms.

Keywords: sensory aspects, conservation, starter culture, tenderness

INTRODUÇÃO

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 (ÁLVAREZ *et al.*, 2021; LAWRIE; LEDWARD, 2006). Além disso, o aumento do consumo de carne a nível mundial provoca impactos ambientais e, por isso, técnicas sustentáveis devem ser inseridas na produção desse alimento de forma a atender as exigências ambientais, econômicas e sociais (PANIAGO, 2012).

A maturação pode ser realizada de formas seca e úmida. A maturação seca é realizada a mais tempo na história humana, sendo conhecida e aplicada há séculos. Com o surgimento da maturação úmida, a maturação a seco perdeu espaço 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 (ÁLVAREZ *et al.*, 2021; BERGER, 2018b).

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).

Nesse contexto, foi realizada uma revisão bibliográfica com o objetivo de relatar as diversas implicações tecnológicas da maturação úmida (*wet aged*) e da maturação a seco (*dry aged*) sobre a qualidade da carne.

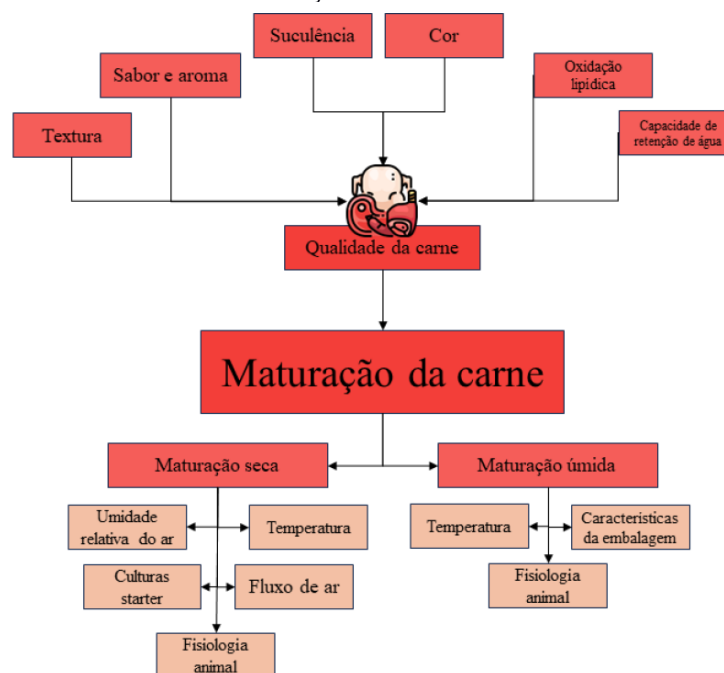
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

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 qualidade da carne pode ser otimizada através de técnicas de processamento da carne, e neste sentido, a maturação pode ser associada a esta finalidade, 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.

Figura 01: Esquema ilustrativo dos parâmetros mais comumente associados a qualidade de produtos cárneos e que são beneficiados no processo de maturação, apresentando também os parâmetros de processos e técnicas tradicionais de maturação de carnes.



Fonte: Própria (2025).

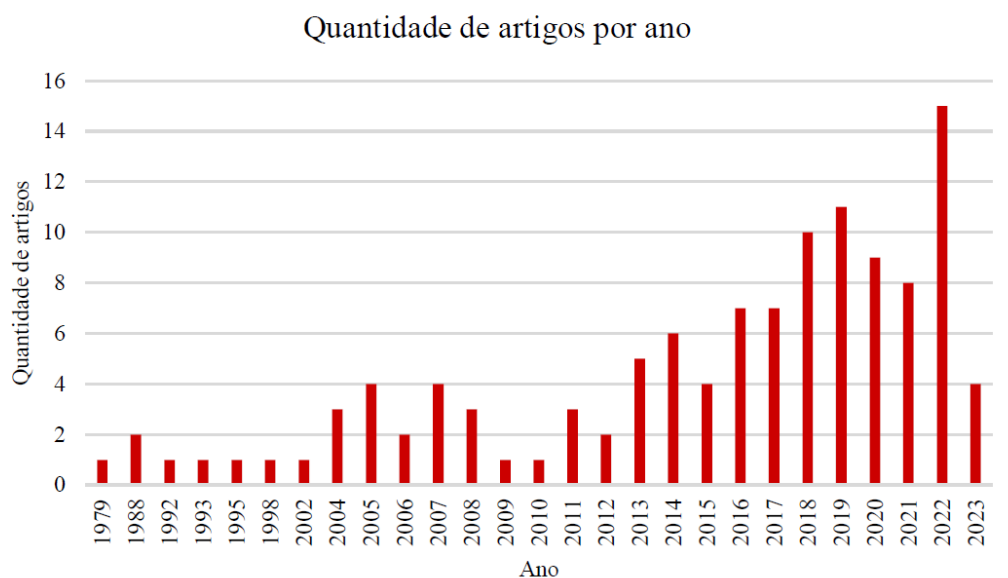
METODOLOGIA

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 (Figura 2) incluiu livros e artigos tradicionais da área de foco do trabalho, sem restrição

de período, 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.

Figura 02: Quantidade de artigos por ano que foram estudados e avaliados neste trabalho.



Fonte: Própria (2025).

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 relacionados 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.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Maturação da carne

Os atributos sensoriais da carne são cada vez mais explorados. Algumas práticas de processamento *post-mortem* podem auxiliar no desenvolvimento de compostos que influenciam na palatabilidade da carne (GIBSON; NEWSHAM, 2018; MATARNEH *et al.*, 2017).

A maciez da carne é essencial, principalmente para os casos em que a carne não é processada ou triturada. Desta forma, uma das primeiras e mais significativas considerações de qualidade da carne é o processo de envelhecimento. No século 19, carnes bovinas e ovinas eram deixadas em temperatura ambiente por dias a meses, até que seu exterior se apresentasse 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 a 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).

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).

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.

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, retêm 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 seja embalada a vácuo e mantida sob refrigeração, em temperaturas de -1 a 0 °C, 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 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 *et al.* (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 *et al.* (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).

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, cujo 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 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. Ademais, a expansão desse cenário a nível nacional pode impactar positivamente a qualidade da carne produzida e, conseqüentemente, promover um ambiente propício para o alívio da pobreza e a melhoria dos meios de subsistência rurais.

Todavia, a maturação a seco é caracterizada por ser um processo caro, principalmente por causa da perda de umidade, e conseqüente 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 *et al.* (2018b) 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 *et al.* (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 marmore, 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).

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 têm 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 a carne maturada varia 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. Desta forma, observa-se 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).

Propriedades microbianas (*Dry aged*)

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).

Em estudo de Lee *et al.* (2022), o impacto de uma cultura inicial no aprimoramento dos atributos físicos, químicos e sensoriais da carne maturada a seco foi explorado. 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.

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). Nesse sentido, de acordo com Maheswarappa *et al.* (2024), a carne de búfalo com seus múltiplos usos e versatilidade, pode servir como alternativa sustentável e circular a outras fontes de carne vermelha. Do ponto de vista econômico e social,

exercem influência substancial nas comunidades rurais, promovendo o avanço dos meios de subsistência e auxiliando a expansão econômica. Além disso, a Agenda 2030 para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil podem ser atendidos na ODS 1 (Erradicação da Pobreza), bem como da ODS 2 (Fome zero e agricultura sustentável), promovendo transformação e benefício social (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

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 útil 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 1 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.

Tabela 01: Estudos encontrados na literatura recente abordando o uso de metodologias de maturação em diferentes tipos de carnes.

Carne	Tempo	Métodos	Descobertas	Referência
Cordeiro	N.R.	<i>Dry-aged e wet-aged</i>	- O cordeiro envelhecido a seco apresentou maior pH e menor teor de umidade em comparação com o cordeiro envelhecido a úmido. - O cordeiro envelhecido a seco produziu metabólitos menores, incluindo peptídeos e aminoácidos livres.	(ZHANG <i>et al.</i> , 2021)
Bovina	0, 7 e 14 dias	<i>Dry-aged e wet-aged, envasados e não envasados</i>	- O aumento da permeabilidade das embalagens levou a um incremento na perda de peso e contagem microbiológica. - A força de cisalhamento, dureza e mastigabilidade seguiram uma tendência oposta ao aumento da permeabilidade da umidade. - Amostras maturadas a seco, envasadas ou não, sofreram maior alteração na cor. - O índice de fragmentação das miofibrilas também foi maior nas amostras maturadas a seco.	(SHI; ZHANG; ZHOU, 2020)
Caprina	72 e 120 horas	<i>Dry-aged</i>	- A maturação influenciou positivamente na redução da atividade de água.	(TEIXEIRA; PEREIRA;

			- A textura foi o parâmetro mais influenciado pelo processo de maturação. - O tratamento 2, com maturação mais prolongada tornou a carne mais macia.	RODRIGUES, 2011)
Ovina	0, 7, 14 dias	<i>Dry-aged</i>	- Os valores de pH não foram alterados durante a maturação. - 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. - A contagem microbiológica aumentou proporcionalmente ao tempo de maturação.	(GÜRBÜZ <i>et al.</i> , 2022)
Equina	0, 7, 14 e 21 dias	<i>Wet-aged</i>	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. - Um total de 77 compostos voláteis foram mapeados empregando cromatografia gasosa, onde a família de aldeídos foi predominante. - A maioria dos compostos detectados tem sua origem associada a degradação de lipídios, com contribuição 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.	(BELDARRAIN <i>et al.</i> , 2022a)
Equina	0, 7, 14 e 21 dias	<i>Wet-aged</i>	- As proteínas miofibrilares foram resolvidas por eletroforese em gel unidimensional para melhor elucidar os mecanismos bioquímicos do processo <i>post-mortem</i> e de maturação ocorridos em músculos de cavalos. - A maioria das alterações de banda, ou seja, de modificação da conformação das proteínas, foi observada entre dias 0-14 dias 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 elas podem ser marcadores	(BELDARRAIN <i>et al.</i> , 2022b)

			de amaciamento da carne equina durante a maturação.
Carne de búfalo	0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias	<i>Wet-aged</i>	- A cor, a maciez e os atributos sensoriais melhoraram com o tempo de maturação. - Tempo de maturação adequado para melhorar os atributos de qualidade em músculos <i>Longissimus lumborum</i> e <i>Gluteus medius</i> é de 28 e 21 dias, respectivamente. (JASPAL <i>et al.</i> , 2021)
N.R.: Não relatado. Fonte: Própria (2025).			

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 desta carne. 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 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 os parâmetros de processo ou técnicas diferentes de maturação de carnes e verificar a influência do tipo da carne maturada no incremento de atributos de qualidade da carne.

CONCLUSÕES

Esta revisão mostrou que existe um interesse crescente no entendimento das técnicas de maturação em carnes, de forma a proporcionar melhorias na qualidade da carne tanto para os consumidores quanto para a indústria de alimentos. Assim, tornando-se uma oportunidade para incrementar o tempo de vida útil dos cortes cárneos maturados e oferecer um 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 importantes para o incremento de características sensoriais nas carnes maturadas. Outro ponto importante é que a maturação pode conferir características muito vantajosas a carnes consideradas exóticas, como a carne de equinos e aves silvestres, aumentando a maciez e melhorando a palatabilidade. No entanto, pouco foi abordado sobre a aplicação das tecnologias da maturação em

carnes exóticas, sendo, portanto, um nicho com uma grande diversidade de tópicos a serem estudados.

Para o futuro, devem ser desenvolvidos 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 desvendar seus mecanismos de transferência de calor e massa.

REFERÊNCIAS

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, 2007.

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.

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

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, 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, 2018a.

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, 2018b.

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.

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.

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.

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.

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.

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, 2016.

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, 2016.

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.

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.

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.

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.

GÜRBÜZ, Ü.; KAHRAMAN, H. A.; TELLİ, A. E.; BIÇER, Y.; DOĞRUER, 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.

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.

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.

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.

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.

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**, v. 11, n. 8, p. 2248, 2021.

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.

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.

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.

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.

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.

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, 2017b.

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.

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

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.

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.

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.

MAHESWARAPPA¹, N. B.; MOHAN, K.; BANERJEE, R. Establishing Water Buffaloes as a Promising Source of Red Meat in Pursuit of Sustainable Animal Proteins for a Better World. *Meat and Muscle Biology*, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2024.

MARFRIG. **Relatório Anual Marfrig Group**, 2007, Disponível em: <<http://ri.marfrig.com.br/rao/2007/portugues>>. Acesso em: 29 maio 2025.

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*. 8th ed. Cambridge: Woodhead, 2017. p. 159–185.

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.

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. *Meat quality analysis: advanced evaluation methods, techniques, and technologies*. Acad. Press, 2020. p.81-99.

NAÇÕES UNIDAS. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. [S.l.], 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> Acesso em: 06 de junho 2025.

PANIAGO, R. **Pecuária sustentável: Novo ou antigo paradigma da produção animal?** UFG XIII(13): 113-7, 2012.

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.

ROSSO, G. EMBRAPA - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. **Pesquisas avaliam processos e características da carne maturada a seco**. 2019.

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.

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

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.

SETYABRATA, D.; LEE, J.; MARTINI, S.; *et al.* Hunting compounds crucial to dry aging flavor: Further investigation of dry-aging effects on palatability attributes and metabolomics profiles of beef

loins. **Meat Science Review**, 233 (1), 18, 2019.

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.

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.

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.

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.

USDA-FSIS, 2005. **Food standards and labeling policy book**. Disponível em <https://encr.pw/84rXa> 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.

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, 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.

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

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, 2021.