

Estresse térmico e qualidade da carne ovina – uma revisão
Thermal stress and ovine meat quality - a review
Estrés térmico y calidad de la carne de ovino: una revisión

Recebido: 13/08/2020 | Revisado: 26/08/2020 | Aceito: 29/08/2020 | Publicado: 30/08/2020

Volmir Antonio Polli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3657-1484>

Colégio Politécnico de Santa Maria, Brasil

E-mail: vapolli@gmail.com

Pablo Tavares Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2320-7843>

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

E-mail: pablocostta@hotmail.com

Javier Alexander Bethancourt Garcia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8479-5856>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: javierbethancourt_@hotmail.com

João Restle

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6103-4074>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: jorestle@terra.com.br

Maryelen Medianeira Martins Dutra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0801-3319>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: maary-dutra@hotmail.com

Ricardo Zambarda Vaz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4505-1277>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: rvaz@terra.com.br

Resumo

O clima e as condições às quais os animais são expostos no período que antecede o abate impactam de maneira marcante na qualidade da carne, aspecto que adquire maior importância

devido às recentes mudanças climáticas e às previsões de aumento no aquecimento global. Neste contexto, a presente revisão tem como objetivo abordar as principais características qualitativas da carcaça e da carne ovina, buscando relacioná-las com os efeitos do clima e do estresse térmico no pré-abate. Dentre as variáveis climáticas, temperatura e umidade do ar elevadas, em especial, apresentam efeitos marcantes na qualidade da carne. Essas condições climáticas, quando em graus elevados, ocasionam um desequilíbrio fisiológico que tem efeito direto sobre as reservas de glicogênio muscular, responsável pelas reações bioquímicas *post mortem*, afetando as características físicas, químicas e sensoriais da carne. É necessário adequar práticas de manejo e instalações almejando, *a priori*, a obtenção de melhores condições de bem-estar dos animais frente às condições climáticas estressantes, favorecendo assim, a obtenção de carcaças e de carnes com atributos sensoriais favoráveis do ponto de vista dos consumidores.

Palavras-chave: Bem-estar; Fatores climáticos; Maciez; Ovinocultura; pH.

Abstract

The weather and the conditions to which animals are exposed in the pre-slaughter period have a marked impact on the quality of the meat, an aspect that becomes more important due to the recent climate and the forecasts of increase in global warming. In this context, the present review aims to address the main qualitative characteristics of the carcass and the sheep meat, seeking to relate them to the effects of weather and thermal stress in pre-slaughter. Among the climatic variables, high temperature and high air humidity, in private, have significant effects on the quality of meat. These climatic conditions, when in high degrees, cause a physiological imbalance that has a direct effect on muscle glycogen stores, responsible for *post-mortem* biochemical reactions, affecting the physical, chemical and sensorial characteristics of meat. It is necessary to adapt management practices and facilities aiming, at first, to obtain better conditions of animal welfare in the face of the stressful climatic conditions, thus favoring the obtaining of carcasses and meats with favorable sensorial attributes from the viewpoint of consumers.

Keywords: Welfare; Climatic factors; Tenderness; Sheep Farming; pH.

Resumen

El clima y las condiciones a las que están expuestos los animales en el período previo al sacrificio tienen un marcado impacto en la calidad de la carne, aspecto que adquiere mayor importancia debido a los recientes cambios climáticos y las previsiones de aumento del

calentamiento global. En este contexto, la presente revisión tiene como objetivo abordar las principales características cualitativas de la canal y la carne de ovino, buscando relacionarlas con los efectos del clima y estrés térmico en el pre-sacrificio. Entre las variables climáticas, la alta temperatura y la alta humedad, en particular, tienen efectos marcados sobre la calidad de la carne. Estas condiciones climáticas, cuando en grados elevados, provocan un desequilibrio fisiológico que tiene un efecto directo sobre las reservas de glucógeno muscular, responsable de reacciones bioquímicas *post mortem*, afectando las características físicas, químicas y sensoriales de la carne. Es necesario adecuar las prácticas e instalaciones de manejo con el objetivo, *a priori*, de obtener mejores condiciones de bienestar animal ante condiciones climáticas estresantes, favoreciendo así la obtención de canales y carnes con atributos sensoriales favorables desde el punto de vista de los consumidores.

Palabras clave: Bienestar; Factores climáticos; Terneza; Ganadería ovina; pH.

1. Introdução

As modificações climáticas representam uma das maiores ameaças enfrentadas pelo nosso planeta, sua população e suas economias (Corazzin et al., 2019). Essas mudanças acarretam impactos diretos e indiretos nos sistemas pecuários, bem como na saúde humana e animal (Marino et al., 2016) e, no que se referem ao produto carne, podem afetar sua segurança e qualidade organoléptica (Henchion, McCarthy, & Resconi, 2017).

A criação ovina apresenta papel socioeconômico importante (Marino et al., 2016). A população mundial de ovinos tem mais de 1,2 bilhões de animais, o que representa 30,6% da população doméstica global de ruminantes (Faostat, 2017), além de uma perspectiva de crescimento de rebanho para os próximos anos.

A elucidação das distintas respostas fisiológicas dos animais frente às condições climáticas estressantes e seus reflexos nos aspectos qualitativos da carcaça e da carne é importante. Esclarecimento que ganha maior relevância devido às mudanças climáticas verificadas recentemente ao redor do planeta, bem como as previsões de aumento no aquecimento global (Baumgard & Rhoads, 2012). Neste contexto, a presente revisão tem como objetivo abordar as principais características qualitativas da carcaça e da carne ovina buscando relacioná-las com os efeitos do clima e do estresse térmico no pré-abate.

2. Metodologia

A presente pesquisa é uma revisão da literatura voltada para o aspecto qualitativo (Pereira et al., 2018), a qual foi realizada por meio de uma busca nas principais bases de dados científicas (Scopus, Google Scholar, Scielo e Web of Sciences), além de livros e artigos de diferentes páginas web destacados no tema central.

Foram utilizadas palavras-chaves, sendo pesquisadas de forma individual e combinadas no período de 2000 e 2020 em português e inglês. O critério de inclusão foi inicialmente artigos em português e inglês publicados nos últimos 20 anos, que abordavam o seguinte tema: efeito do estresse término na qualidade da carne, posteriormente, sendo realizada uma pré-seleção baseada nas análises dos resumos. O critério de exclusão foi artigos que não se enquadraram com a data, o idioma e com o tema estabelecido.

3. Revisão de Literatura

3.1. Qualidade de carne

A legislação brasileira (RIISPOA - art. 276) define carne como sendo massas musculares e demais tecidos que as acompanham, incluída ou não a base óssea correspondente, procedentes das diferentes espécies de animais, julgadas aptas para o consumo pela inspeção veterinária (Brasil, 2017). A carne é o resultado de inúmeras transformações bioquímicas que ocorrem no músculo após a morte do animal e tem grande importância na nutrição humana pela elevada qualidade de sua composição nutricional (Osório et al., 2014).

A qualidade da carne ovina pode ser definida pelo aspecto sanitário, sua coloração e da gordura, quantidade de gordura intramuscular e de cobertura do músculo, associada aos atributos sensoriais, aroma, maciez e sabor (Alves et al., 2014). Além desses, outros atributos como a composição química são determinantes de qualidade. Neste aspecto, a carne de cordeiros mostra ser uma excelente fonte de proteínas de alto valor biológico (Osório et al., 2014), com baixa concentração de lipídios e de gordura saturada (Alves et al., 2014).

Em linhas gerais, a qualidade de um produto pode ser definida como a soma de suas características biológicas, organolépticas, de consumo e sociais. Nas características organolépticas estão envolvidos aspectos comumente avaliados na carne, seja por instrumentação ou, sensorialmente, por painéis de avaliadores (Osório et al., 2014). Em

última instância, a qualidade da carne está intimamente ligada ao consumidor (Henchion, McCarthy, & Resconi, 2017) .

A qualidade da carne é um fator economicamente importante também para a indústria, sendo considerado um item decisivo no momento da escolha e da satisfação do consumidor, sendo essa característica determinada por inúmeros fatores *ante e post mortem*. O *post mortem* é altamente dependente do manejo dispensado à carcaça e à carne. A etapa *ante mortem* constitui-se de uma ampla gama de fatores ou variáveis de ordem genética e fisiológica, igualmente importantes na qualidade final do produto. Para Corazzin et al. (2019) a maciez da carne é influenciada por fatores extrínsecos e intrínsecos, e cada qual é apoiado por teorias que tentam explicar como se dá esta influência na maciez. Dentre esses, os mesmos autores destacam a proteólise *post mortem*, a gordura intramuscular ou marmoreio, a proporção de tecido conectivo e o estado de contração muscular como principais na determinação da maciez.

Durante o período de pré-abate, Terlouw, (2015) verificou que os fatores de estresse em potencial ocorrem frequentemente, sendo classificados em três classes: psicológicos (mudanças do meio ambiente); sociais (perturbações no manejo) e físicos (privação de alimento, condições climáticas, fadiga, dor). Contudo, as causas exatas do estresse dependem da espécie e dos sistemas de criação.

As diferentes etapas que configuram o chamado período pré-abate são assim resumidas por Adzitey, (2011): etapa primeira de formação do lote realizada na propriedade; etapa de carregamento, transporte e descarregamento dos animais; etapa de descanso e dieta hídrica no matadouro-frigorífico; e como última etapa, atordoamento e sangria. Em todas elas, o estresse físico e emocional dos animais é inevitável.

O clima tem atuação significativa em todos os momentos no pré-abate (Faucitano, 2000). No entanto, altas temperaturas e umidade do ar, têm efeito marcante na qualidade da carne (Liu, Cao, & Zhou, 2012). Marai et al. (2007), estimaram um índice de estresse por calor em ovinos considerando a temperatura ambiente e a umidade relativa como medida principal, sendo denominado índice temperatura-umidade (THI). O mesmo foi classificado em 4 categorias, sendo $<22,2$ = ausência de estresse por calor, $22,2$ a $<23,3$ = estresse moderado, $23,3$ a $<25,6$ = estresse severo e $>25,6$ = estresse extremamente severo. O desequilíbrio fisiológico causado por estas condições climáticas tem efeito direto sobre as reservas de glicogênio muscular, responsável pelas reações bioquímicas no *post mortem*, que vão dar a carne as características físicas, químicas e sensoriais que o consumidor procura (Corazzin et al., 2019).

Os benefícios de dar aos animais um tempo de descanso entre o transporte e abate (Brasil, 2017), podem ser perdidos se os mesmos forem submetidos a um mau manejo por parte dos colaboradores, e/ou quando as instalações não atenderem aos requisitos de propiciar um manejo facilitado aos animais (Faucitano, 2000). A falta de controle ambiental, igualmente, pode resultar em estresse adicional levando a perdas econômicas devido a mortalidade, danos na carcaça e pela perda de qualidade da carne (Sarabia, Linares, & Rincón, 2013).

A qualidade da carne também é afetada pelo sistema de produção animal adotado, pela alteração da época ou estação climática de nascimento, crescimento, terminação e abate de ovinos (Sen, Kuran, & Ensoy, 2013). Esses autores avaliaram a carcaça e a carne de borregas da raça Karayaka nascidas na Turquia durante o outono e o inverno, não verificando diferenças no pH e da queda deste no *post mortem*. No entanto, as borregas nascidas no inverno apresentaram maiores perdas por gotejamento e durante a cocção, além de superior força de cisalhamento ($P < 0,05$).

Como visto, muitos fatores têm potencial para afetar a qualidade da carne produzida. Assim, a falta de uma avaliação sistemática das carcaças e da carne são os principais motivos das perdas econômicas na cadeia de produção (Henchion McCarthy, & Resconi, 2017).

3.2. Variáveis relativas à qualidade de carne

A qualidade da carne é a soma de suas características físicas, químicas e sensoriais. A determinação ou avaliação destas características é comumente feita mediante avaliação instrumental, ou através de painéis de avaliadores, com relação entre ambas. Entre as variáveis relativas à qualidade da carne e que são avaliadas instrumentalmente temos: cor, textura (maciez), força de cisalhamento, capacidade de retenção de água, pH, comprimento de sarcômero, marmoreio e perda de peso na cocção (Corazzin et al., 2019). Os quais são atributos físicos determinantes na caracterização da qualidade e aceitação da carne pelo consumidor.

3.3. Potencial de Hidrogênio – Ph

O pH constitui um dos fatores mais importantes na transformação do músculo em carne. Assim, quando o declínio normal do pH é alterado, a qualidade da carne é prejudicada, resultando em possíveis anomalias do tipo PSE (Pale, Soft and Exsudative) e DFD (Dark,

Firm and Dry) (Pighin et al., 2014). O pH é a chave para acompanhar a glicólise muscular *post mortem*, estando correlacionado com atributos importantes da carne, como a capacidade de retenção de água, cor, textura, rendimento, vida útil e valor nutricional (Ramos & Gomide, 2017), sendo dependente do gasto de energia no pré-abate (Sarabia et al., 2013). Os fatores causadores de estresse no pré-abate, incluindo o efeito do clima, afetam diretamente as reservas de glicogênio do animal durante o abate, resultando na elevação do pH do músculo no *post mortem*, com consequências negativas nos principais parâmetros físicos relacionados a qualidade da carne (Kadim et al., 2004).

O histórico do potencial de hidrogênio (pH) compreende avaliações do pH na carcaça do animal do abate até 24 e/ou até 48 horas após a morte. O pH do músculo medido 24 horas *post mortem*, também chamado de pH final, sendo a medição que tem maior associação com os vários parâmetros de qualidade da carne, anteriormente citados (Osório et al., 2014). Segundo Jeleníková et al., (2008), o referido pH mostra uma relação direta com o estresse. O estresse *ante mortem* aumenta o metabolismo muscular oxidativo, diminuindo rapidamente as reservas de glicogênio muscular, substrato disponível para a glicólise anaeróbica, resultando em quedas de pH *post-mortem*, incrementando o risco de produzir carnes PSE. Kadim et al. (2008), ao avaliarem características da carne de três raças ovinas e duas de cabras, quando abatidas em estações climáticas quente (temperatura média de 35°C) ou fria (21°C), verificaram maior pH final, menor cor (L*, a* e b*) e maior capacidade de retenção de água dos animais abatidos na estação quente. Isso comprova que temperaturas superiores a 35°C podem afetar o nível de glicogênio muscular e, subsequentemente, o pH final, podendo levar a uma rápida deterioração das características da carne. Kadim et al. (2004) trabalhando com bovinos nas mesmas condições do trabalho acima, verificaram 59% das carcaças abatidas no verão obtiveram pH maior que 6,0 e foram classificadas como DFD (Dura, Firme e seca), contra 0% (zero) na estação fria. Esses resultados foram explicados pelos autores, devido ao fato que animais abatidos durante a estação fria são menos afetados pelo estresse fisiológico, tendo assim mais glicogênio quando comparados aos abatidos na estação quente.

O estado físico da carne está intimamente ligado ao pH. Carnes com pH alto apresentam colorações mais escuras devido a maior absorção da luz. Por outro lado, as com pH mais baixo possuem coloração mais clara pela menor absorção de luz. Carnes com pH alto apresentam aumento da atividade da enzima citocromo oxidase, que reduz as possibilidades de captação de oxigênio e, portanto, há predomínio da metamioglobina de cor vermelho púrpura. Os pH baixos também favorecem a auto oxidação do pigmento, produzindo uma

marcante desnaturação proteica (mioglobina) e, por tudo isso, também carnes mais claras (Kim, Warner, & Rosenvold, 2014).

A relação entre pH₂₄ ou pH final com a maciez mostra ser controversa. Jeleníková et al. (2008) indicam uma linear dependência desse parâmetro. No entanto, pode ocorrer uma dependência curvilínea, com máxima dureza para carne com pH entre 5,8 e 6,3. O que, segundo os mesmos autores, pode ser explicado com base na atividade enzimática. A maior maciez em pH entre 6,0 e 7,0 é atribuída a maior atividade das calpaínas, enzimas que em presença do cálcio desempenham um papel central na proteólises microfibrilar *post-mortem* e amaciamento da carne, a qual é máxima em pH neutro (Lomiwes et al., 2013). Para Ramos e Gomide (2017), além do pH alto, a atividade da calpaína é também dependente da temperatura entre 10 a 25°C. Em contraste, o aumento de maciez em pH abaixo de seis tem sido atribuído a melhora na atividade das proteases ácidas. Ao avaliarem, em touros e vacas, o efeito do tratamento *ante mortem* no pH₂₄ e na maciez da carne, Jeleníková et al. (2008) confirmaram a relação curvilínea entre pH e maciez, com maiores forças de cisalhamento verificadas em carnes com pH entre 6,2 e 6,4.

3. 4. Capacidade de Retenção de Água – CRA

A capacidade de retenção de água é a característica da carne em reter água durante a aplicação de forças externas, tais como: corte, aquecimento, moagem ou pressão (Pearce et al., 2011). A menor CRA implica em maiores perdas de exsudato liberado, resultando, após o cozimento, em carnes mais secas e com menor maciez (Pearce et al., 2011).

A CRA é um parâmetro bio-físico-químico que se poderia definir como o maior ou menor nível de fixação de água de composição do músculo nas cadeias de actina-miosina. Durante a mastigação isso se traduz em sensação de maior ou menor suculência (Osório, Osório, & Sañudo, 2009). Em situações de estresse severo como o medo, transporte, calor, restrição alimentar, dor ou sede, ocorre liberação de catecolaminas pelo córtex adrenal, causando um efeito cascata, incluindo aumento da frequência respiratória, maior temperatura corporal e aumento da taxa metabólica. As catecolaminas, estimulam a glicogenólises, incrementando o transporte de glicogênio hepático e muscular e, conseqüentemente, elevadas concentrações de glicose no sangue e lactato. Esse acúmulo de lactato ocasiona alterações no pH da carne *post-mortem*. O declínio do pH antes que o calor da carcaça seja dissipado pode causar desnaturação das proteínas musculares influenciando de maneira marcante sobre a capacidade de retenção de água e a cor, tendo importância fundamental no processo de

transformação do músculo em carne (Osório et al., 2014). Portanto, há tendência de que carnes com pH muito baixo percam mais água e sejam mais secas e, as com pH mais elevado apresentem boa retenção de água e, conseqüente, maior suculência. A carne com menor CRA terá maiores perdas durante a obtenção de cortes e cocção, havendo uma rápida saída do suco e perdas de valor nutritivo, pois com a exsudação são perdidas substâncias hidrossolúveis, como vitaminas e proteínas (Rota et al., 2004).

A capacidade de retenção de água tem importância econômica e sensorial, já que a carne com menor CRA tem maiores perdas no resfriamento, cozimento e no porcionamento de cortes (Rota et al., 2004), dificultando a comercialização da carne pré-embalada. Estas perdas levariam a diminuição da qualidade no que se refere à suculência (Osório et al., 2009).

A excessiva capacidade de retenção de água da carne é verificada em carnes DFD. Esta carne apresenta problemas tecnológicos e sensoriais que a deprecia. No entanto, carnes PSE (Pálida, macia e exsudativa) e DFD não apresentam incidência significativa em ovinos por serem animais pouco estressáveis.

A perda de água por cocção é uma variável importante por influenciar as características de qualidade, como cor, força de cisalhamento e suculência da carne. Perdas na CRA tornam a carne menos macia, devido à redução da água intracelular, com conseqüente aumento da resistência das fibras (Ramos & Gomide, 2017).

O CRA mostra ter variação importante quando avaliado entre diferentes músculos da carcaça. Assim, Zeola et al. (2007) ao avaliarem a capacidade de retenção de água de diferentes músculos de cordeiros da raça Morada Nova, abatidos com cinco meses de idade e peso de 25 kg, verificaram que o músculo *Biceps femoris* apresentou uma CRA de 60,05%; o *Triceps brachii* de 66,19% e o *Longissimus* de 59,06%.

Miranda-de la Lama et al. (2009) avaliaram os efeitos de duas estações climáticas (inverno ou verão) sobre o CRA da carne de cordeiros raça Aragonesa criados na Espanha e abatidos aos 100 dias de vida com peso médio de 25 kg. Os animais abatidos no inverno apresentaram menores valores de CRA, indicando que climas mais frios possibilitam maior retenção de água nas carcaças. Esses resultados corroboram os achados de Kadim et al. (2008), ao trabalharem com ovelhas da raça Merino Australiano abatidas no Omã. Porém, esses mesmos autores identificaram relação inversa quando o objeto de estudo foi a raça Somalis, com superioridade de CRA para as carcaças obtidas em clima quente. Dessa forma, é necessário a condução de mais estudos visando entender de maneira exata os mecanismos que afetam a capacidade de retenção de água das carcaças quando obtidas em condições de estresse climático.

3. 5. Cor da Carne

A cor da carne é determinada instrumentalmente por equipamento chamado de Colorímetro. É expressa na Escala de Hunter Lab pelas coordenadas L, a, b ou na Escala CIE com as coordenadas L*, a*, b*. O L* representa a Luminosidade, o a* a intensidade da cor vermelha, e o b* a intensidade de cor amarela (Ramos & Gomide, 2017). A escala CIELAB é a mais usada e recomendada internacionalmente. Entretanto, as propriedades da reflexão da luz na carne são afetadas pelas alterações no pH do músculo, resultado de cenários estressantes que reduzem a quantidade de glicogênio muscular e interferindo na desnaturação da ligação de água das proteínas, que por sua vez, contribui ao acúmulo de ácido lático (Kim et al., 2014).

A cor da carne é determinada por três fatores principais: a sua estrutura física; a concentração de pigmentos (mioglobina e hemoglobina), variável com o tipo de músculo e espécie animal; e pelo estado químico desses pigmentos (Ramos & Gomide, 2017).

O aspecto da carne fresca determina sua atração para o consumidor, sua utilização para o comércio e processamento. As mudanças mais perceptíveis para o consumidor são as que podem alterar as propriedades físicas da carne, relacionadas ao frescor, influenciando diretamente sua aquisição. A cor é a primeira característica a ser observada pelo consumidor no momento da compra (Henchion, McCarthy, & Resconi, 2017). A grande importância econômica que hoje se dá a cor da carne tem como marco a opção feita pela indústria e varejo nos últimos anos, com a venda de carnes pré-embaladas em bandejas colocadas em expositores, seja com película permeável ao oxigênio ou em atmosfera modificada (Osório et al., 2009). A carne precisa estar nessas condições com cor atrativa para o consumidor.

A cor da carne é dada quase que 100% pela mioglobina e a hemoglobina, além do estado químico do seu principal componente, a mioglobina, e com alguma extensão, da hemoglobina que permanece no tecido como sangue residual (Ramos & Gomide, 2017). Na carne fresca, a mioglobina pode se apresentar em três formas básicas, assim a cor variará segundo a porção relativa e distribuição destes pigmentos: mioglobina reduzida ou desoximioglobina (Fe^{++}), oximioglobina ou mioglobina oxigenada (Fe^{++}), e metamioglobina ou mioglobina oxidada (Fe^{+++}) (Ramos & Gomide, 2017).

O exercício físico e a idade ao abate também afetam a cor da carne (Osório et al., 2014). Assim, animais terminados em sistema a pasto demandam mais tempo para atingir o peso do mercado, causando maior atividade física, exigindo do organismo maior oxigenação, gerando maior quantidade de ferro muscular (pigmentos) e, conseqüentemente, carnes mais

escuras, em relação aos animais alimentados em confinamento (Ponnampalam et al., 2017). O sexo e o nível nutricional também mostram ter efeito na cor da carne. Fêmeas têm carne mais escura que machos, embora sem diferenças importantes (Osório et al., 2009). Animais submetidos a um nível nutricional mais alto e assim mais alto crescimento, tendem a ter níveis de mioglobina mais baixos (Sarabia et al., 2013).

Rocha et al. (2010), avaliaram a produção e as características da carne de cordeiros Texel, Suffolk, Ile de France e Santa Inês, não castrados, castrados e submetidos ao criptorquidismo e abatidos aos 118 dias de idade e peso médio de 30,0 kg. Para cor, o músculo avaliado foi o *Triceps branquial*. Os autores não observaram diferença de cor entre os diferentes grupos de animais, ficando em média com $L^*=45,2$; $a^*=14,6$ e $b^*=14,9$.

Zeola et al. (2007) avaliaram a carne no aspecto cor de três músculos: *Biceps femoris*, *Triceps brachii* e *Longissimus dorsi* de cordeiros da raça Morada Nova terminados em confinamento (40% de volumoso e 60% de concentrado) e abatidos com idade média de cinco meses e peso médio de 25 kg. Os autores verificaram não ocorrer diferença de luminosidade (L^*). As carnes mais pálidas foram provenientes dos músculos *Biceps femoris* (38,94) e *Triceps brachii* (39,74), e as carnes mais escuras foram oriundas do *Longissimus dorsi* (37,52). O teor de vermelho (a^*) para este músculo foi de 16,08 e o teor de amarelo (b^*) de 1,77. As estações do clima também mostram estar associado na cor da carne na hora do abate. O estresse térmico e a falta de forragem de boa qualidade durante o período verão provocam nos animais uma busca ao glicogênio hepático como seus principais combustíveis oxidativos, incrementando o pH *post-mortem*, o que resulta em carcaças mais escuras. Sen et al. (2013) observaram que a cor da carne diferiu entre as épocas de nascimento, onde borregas nascidas no inverno apresentaram maiores valores de L^* e a^* mais baixo. Isso se deve, em parte, pelo teor de gordura intramuscular desses músculos.

Ao estudarem cordeiros machos da raça Aragonesa abatidos em duas estações climáticas, com idade de 100 dias e peso médio próximo a 25 kg, Miranda-de la Lama et al. (2009) observaram valores superiores de L^* nas carnes provenientes dos animais manipulados no verão (40,12) frente aos abatidos no inverno (38,71). Porém, a intensidade da cor vermelha (a^*), e da cor amarela (b^*) foram maiores nos cordeiros abatidos no inverno (diferenças de 3,1% e 24%, respectivamente).

3.6. Força de cisalhamento – WBSF

A força de cisalhamento consiste na força necessária para comprimir e cortar uma porção de carne ao meio, utilizando um aparelho chamado texturômetro, através de uma lâmina Warner-Bratzler, com a qual se obtêm resultados objetivos (Ramos & Gomide, 2017). Desta forma, mede-se comumente a maciez, sendo essa característica da carne tida por todos como o fator de qualidade mais importante na satisfação do consumidor (Jeleníková et al., 2008). Alguns fatores afetam diretamente a maciez da carne, dentre os quais se destaca a dieta (Da Silveira Osório et al., 2009) o genótipo (Rota et al., 2004), a idade do animal, o peso (Zeola et al., 2007), as condições estressante no pré-abate (Gruber et al., 2010) e o armazenamento da carne. Fatores diretamente ligados a carne, Belew et al. (2003) cita quatro características principais: proteólise no *post mortem*, marmoreio, tecido conectivo e estado de contração do músculo. Esses fatores também contribuem para a diferença de maciez entre os músculos na mesma carcaça.

Durante o estresse crônico, há uma liberação rápida de catecolaminas, que mobilizam e esgotam as reservas de glicogênio rapidamente, o que diminui as concentrações de ácido láctico plasmático *post-mortem* alterando os níveis normal do pH da carne. Tal situação provoca a inibição das calpaínas, resultando no incremento força de cisalhamento e menor a maciez da carne.

Além dos fatores de variação citados, o sexo mostra ser uma variável importante na questão maciez, como foi constatado por Bonacina et al. (2011). No estudo desses autores, os machos obtiveram carne com maior força de cisalhamento ((2,59 kgf cm²-1 - P<0,05) quando comparado as fêmeas (2,33 kgf cm²-1). Essas igualmente, apresentaram também maior teor de gordura intramuscular (4,01% x 2,93%) do que machos (P<0,05). De acordo com Lawrie (2005) a gordura atua diluindo o tecido conjuntivo dos elementos da fibra muscular, dando maior maciez a carne. Normalmente, machos apresentam menor quantidade de gordura na carne exibindo constituição muscular mais densa, o que resulta em carne menos macia quando comparados as fêmeas (Starkey et al., 2017). Conforme Osório et al. (2009) a elevação do nível de energia na dieta aumenta o estado de engorduramento da carcaça, beneficiando a maciez da carne, podendo tal constatação ser utilizada como uma ferramenta na busca por carnes mais macias.

3.7. Textura da Carne – TPA

A textura da carne pode ser considerada a manifestação sensorial de sua estrutura e a maneira com que esta reage à força aplicada durante a mastigação e a outras sensações específicas envolvidas no ato de degustação (Ramos & Gomide, 2017).

A textura é medida objetivamente mediante teste de compressão de dois ciclos (1ª e 2ª medida), assim designados para simular sucessivas mastigações (Trinh & Glasgow, 2012). O perfil de textura permite avaliar vários parâmetros de textura que se correlacionam com os atributos sensoriais, como: dureza, fraturabilidade, coesividade, adesividade e flexibilidade, entre outros (Ramos & Gomide, 2017). O teste TPA (Texture Profile Analysis) é capaz de explicar cerca de 51% da variabilidade da maciez total, enquanto o sistema WBSF (Warner-Bratzler Shear Force) elucida apenas 35%.

A textura é um conjunto de sensações distintas, como a dureza-maciez, firmeza, sensações táteis etc. A dureza-maciez é a característica mais importante (Osório et al., 2009), podendo ser definida sensorialmente como a facilidade com que a carne é mastigada, podendo ser decomposta em três sensações pelo consumidor: uma inicial, ou facilidade de penetração e corte; outra mais prolongada que seria a resistência que oferece a ruptura ao longo da mastigação; e a final, que daria a sensação de resíduos, mais ou menos importantes (Osório et al., 2009).

A maciez da carne está diretamente relacionada com as estruturas proteicas e os tecidos conjuntivos e musculares, sendo o tecido conjuntivo mais influente que a fibra muscular (Osório et al., 2014). A quantidade, composição, o número e natureza das uniões intercelulares do colágeno influenciam diretamente na dureza da carne. O aumento dos enlaces cruzados provoca incremento da dureza da carne pela diminuição da solubilidade do colágeno (Osório et al., 2009).

Em relação as condições climáticas, Miranda-de la Lama et al. (2009) identificaram maiores valores de textura da carne, para cordeiros abatidos durante estação fria, com diferença de 16% na força de cisalhamento (5,53 e 6,60 kgf cm⁻²) e de 14% para dureza (2,21 e 2,58 kgf cm⁻²), frente aos abatidos no verão, respectivamente. Os autores atribuem esses resultados ao desgaste metabólico do animal no verão de adaptação e ao efeito cumulativo do estresse ambiental, situação que incremento o valor de pH da carne. O incremento do pH da carne pode ter sido originado pelo incremento do lactato plasmático no abate. Vale ressaltar que os cordeiros utilizados no experimento pertenciam ao mesmo grupamento racial (raça Aragonesa), tinham a mesma idade (100 dias) e peso corporal (25

kg). Este resultado indica que climas quentes possibilitam a obtenção de carnes mais macias. No entanto, como se trabalhou com ovinos jovens, embora as diferenças estatísticas verificadas, salientamos que a carne de ambos períodos pode ser considerada macia. Visto que, quando a força de cisalhamento for menor que 8 kgf cm^{-2} a carne é classificada como macia (Bickerstaffe, Le Couteur & Morton, 1997, apud Osório et al., 2014). Esses resultados demonstram a necessidade de conduzir mais estudos visando entender de maneira exata os mecanismos que afetam a textura das carcaças quando obtidas em condições de estresse climático.

3.8. Comprimento de sarcômero

A ciência da carne caracteriza o sarcômero como a menor unidade contrátil estrutural repetitiva do músculo (Lawrie, 2005). É realmente onde ocorre o trabalho muscular (contração e relaxamento). O comprimento do sarcômero é tomado como a distância entre duas linhas Z de sua estrutura física (Jeleníková et al., 2008). A microscopia de contraste de fase e o uso do laser de difração são as duas técnicas comumente usadas na sua determinação (Ramos & Gomide, 2017).

O sarcômero assume no músculo três posições definidas: contraído, distendido e relaxado. Com o processo de rigor mortis observa-se contração muscular. O grau desta contração está correlacionado com a maior ou menor maciez da carne (Jeleníková et al., 2008), quando reduzido o comprimento de sarcômero é reconhecido como um importante fator da dureza na carne. Segundo Lawrie (2005), o sarcômero na posição de repouso possui comprimento médio de $2,4 \mu\text{m}$ e quando em posição estendida o comprimento é de $3,1 \mu\text{m}$. Segundo Ramos e Gomide (2017), a dureza da carne inicia quando o comprimento do sarcômero atinge valores menores que $2,0 \mu\text{m}$, ou seja, quando atinge 20% de encurtamento muscular.

A formação do complexo actomiosina durante o desenvolvimento do rigor mortis aumenta a dureza da carne, devido à compactação do sistema miofibrilar. O grau de maciez será determinado, portanto, pelo estado de contração pós-rigor e pelo comprimento da unidade contrátil do músculo (sarcômero), que é controlado, em parte, pela quantidade de tensão desenvolvida no músculo durante a fase de estabelecimento do rigor mortis (Ramos & Gomide, 2017). A referida compactação causa a expulsão de água da microestrutura miofibrilar, levando à redução da maciez percebida na mastigação.

A avaliação do comprimento do sarcômero e a determinação do índice de fragmentação miofibrilar são técnicas usadas para predizer a maciez da carne crua (Ertbjerg & Puolanne, 2017). Trabalhos mostram que o comprimento da unidade contrátil do músculo (sarcômero) está diretamente correlacionado com a maciez da carne. Ele reflete o estado de compactação da estrutura miofibrilar (Ramos & Gomide, 2017). A avaliação do comprimento do sarcômero traz vantagens para uma interpretação mais precisa e antecipada dos resultados obtidos com a maciez da carne (Battaglia et al., 2020). Os mesmos autores, ao compararem o método de difração de raio laser e o de microscopia de contraste de fases na determinação do comprimento de sarcômero, verificaram correlação significativa de valor moderado ($r=0,57$).

Kadim et al. (2008) avaliaram o comprimento de sarcômero de ovinos e caprinos abatidos na estação quente (35°C) e estação fria (21°C), verificando diferença entre raças no comprimento de sarcômero e entre estações climáticas. Isto indica a importância das condições de abate (estresse térmico) e do efeito adaptativo do animal nas características de qualidade da carne.

4. Considerações Finais

As condições climáticas e o manejo no período que antecede o abate apresentam influências diretas nas contínuas transformações bioquímicas do músculo após a morte do animal, resultando em diferenças nos aspectos qualitativos da carne.

É necessário adequar práticas de manejo e instalações almejando, *a priori*, a obtenção de melhores condições de bem-estar dos animais frente às condições climáticas estressantes, favorecendo assim a obtenção de carcaças e carnes com atributos sensoriais favoráveis do ponto de vista dos consumidores.

Para compreender melhor os mecanismos que interferem de forma direta no bem estar e na qualidade da carne ovina é necessário incrementar o número de pesquisas que utilizem novas tecnologias e a seleção de biótipos mais adaptados o qual poderia auxiliar no desenvolvimento de estratégias de ambientação de pequenos ruminantes às mudanças climáticas e, conseqüentemente, na manutenção dos aspectos qualitativos da carne.

Referências

Adzitey, F. (2011). Effect of pre-slaughter animal handling on carcass and meat quality. *International Food Research Journal*, 18(2), 485–491.

Alves, L. G. C., Osório, J. D. S., Fernandes, A. R. M., Ricardo, H. D. A., & Cunha, C. M. (2014). Produção de carne ovina com foco no consumidor. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, 10(18), 2400. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Battaglia, C., Vilella, G. F., Bernardo, A. P. S., Gomes, C. L., Biase, A. G., Albertini, T. Z., & Pflanzler, S. B. (2020). Comparison of methods for measuring shear force and sarcomere length and their relationship with sensorial tenderness of longissimus muscle in beef. *Journal of Texture Studies*, 51(2), 252–262. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12473>

Baumgard, L. H., & Rhoads, R. P. (2012). Ruminant nutrition symposium: Ruminant production and metabolic responses to heat stress. In *Journal of Animal Science* (Vol. 90). <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4675>

Belew, J. B., Brooks, J. C., McKenna, D. R., & Savell, J. W. (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64(4), 507–512. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00242-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00242-5)

Bonacina, M. S., Teresa, M., Osório, M., Carlos, J., Corrêa, G. F., & Hashimoto, J. H. (2011). Influência do sexo e do sistema de terminação de cordeiros Texel × Corriedale na qualidade da carcaça e da carne The influence of sex and finishing system on carcass and meat quality of Texel × Corriedale lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(6), 1242–1249.

Brasil. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Aprovado pelo decreto n° 30.691, de 29/03/52, alterado pelo decreto n° 2244 de 29/03/2017. Diário Oficial da União, Brasília, 2017.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. IN n° 3 de 17 de janeiro de 2000 – Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para abate humanitário de animais de açougue. Recuperado de <<http://www.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhAto.do?method=abreLegislacaoFederal&chave=50674&tipoLegis=A>>.

Corazzin, M., Bianco, S. Del, Bovolenta, S., & Piasentier, E. (2019). More than Beef, Pork and Chicken – The Production, Processing, and Quality Traits of Other Sources of Meat for Human Diet. In *More than Beef, Pork and Chicken – The Production, Processing, and Quality Traits of Other Sources of Meat for Human Diet*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-05484-7>

Ertbjerg, P., & Puolanne, E. (2017). Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality: A review. *Meat Science*, 132(April), 139–152. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.261>

Faucitano, L. (2000). Efeitos do manuseio pré-abate sobre o bem-estar e sua influência sobre a qualidade da carne. In *Conferência Virtual Internacional sobre Qualidade da Carne Suína*.1, 55-75).

Faostat, F. (2017). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QA>>.

Gruber, S. L., Tatum, J. D., Engle, T. E., Chapman, P. L., Belk, K. E., & Smith, G. C. (2010). Relationships of behavioral and physiological symptoms of preslaughter stress to beef longissimus muscle tenderness. *Journal of Animal Science*, 88(3), 1148–1159. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2183>

Henchion, M. M., McCarthy, M., & Resconi, V. C. (2017). Beef quality attributes: A systematic review of consumer perspectives. *Meat Science*, 128, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.01.006>

Jeleníková, J., Pipek, P., & Staruch, L. (2008). The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. *Meat Science*, 80(3), 870–874. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.04.004>

Kadim, I. T., Mahgoub, O., Al-Ajmi, D. S., Al-Maqbaly, R. S., Al-Mugheiry, S. M., & Bartolome, D. Y. (2004). The influence of season on quality characteristics of hot-boned beef m. longissimus thoracis. *Meat Science*, 66(4), 831–836. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.08.001>

- Kadim, I. T., Mahgoub, O., Al-Marzooqi, W., Al-Ajmi, D. S., Al-Maqbali, R. S., & Al-Lawati, S. M. (2008). The influence of seasonal temperatures on meat quality characteristics of hot-boned, m. psoas major and minor, from goats and sheep. *Meat Science*, 80(2), 210–215. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.11.022>
- Kim, Y. H. B., Warner, R. D., & Rosenvold, K. (2014). Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: A review. *Animal Production Science*, 54(4), 375–395. <https://doi.org/10.1071/AN13329>
- Lawrie, R. A. (2005). A qualidade sensorial da carne. *Lawrie RA. Ciência da carne*, 6, 256–268.
- Liu, H. W., Cao, Y., & Zhou, D. W. (2012). Effects of shade on welfare and meat quality of grazing sheep under high ambient temperature. *Journal of Animal Science*, 90(13), 4764–4770. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5361>
- Lomiwes, D., Farouk, M. M., Frost, D. A., Dobbie, P. M., & Young, O. A. (2013). Small heat shock proteins and toughness in intermediate pHu beef. *Meat Science*, 95(3), 472–479. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.022>
- Marai, I. F. M., El-Darawany, A. A., Fadiel, A., & Abdel-Hafez, M. A. M. (2007). Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. *Small Ruminant Research*, 71(1–3), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.003>
- Marino, R., Atzori, A. S., D’Andrea, M., Iovane, G., Trabalza-Marinucci, M., & Rinaldi, L. (2016). Climate change: Production performance, health issues, greenhouse gas emissions and mitigation strategies in sheep and goat farming. *Small Ruminant Research*, 135, 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.12.012>
- Miranda-de la Lama, G. C., Villarroel, M., Olleta, J. L., Alierta, S., Sañudo, C., & Maria, G. A. (2009). Effect of the pre-slaughter logistic chain on meat quality of lambs. *Meat Science*, 83(4), 604–609. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.07.009>

Osório, J. C., Osório, M. T. M., & Sañudo, C. (2009). Características sensoriais da carne ovina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(SUPPL. 1), 292–300. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300029>

Osório, J., Osório, M., Fernandes, A., & Vargas Junior, F. M. (2014). Produção e qualidade de carne ovina. *SELAIVE, AB; OSÓRIO, JCS Produção de ovinos no Brasil. São Paulo: Roca*, 399-445.

Pearce, K. L., Rosenvold, K., Andersen, H. J., & Hopkins, D. L. (2011). 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*, 89(2), 111–124. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.007>

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado de https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Pighin, D. G., Brown, W., Ferguson, D. M., Fisher, A. D., & Warner, R. D. (2014). Relationship between changes in core body temperature in lambs and post-slaughter muscle glycogen content and dark-cutting. *Animal Production Science*, 54(4), 459–463. <https://doi.org/10.1071/AN12379>

Ponnampalam, E. N., Hopkins, D. L., Bruce, H., Li, D., Baldi, G., & Bekhit, A. E. din. (2017). Causes and Contributing Factors to “Dark Cutting” Meat: Current Trends and Future Directions: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3), 400–430. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12258>

Ramos, E. M., & de Miranda Gomide, L. A. (2017). *Avaliação da qualidade de carnes: fundamento e metodologias*. (2a ed.), UFV.

Rocha, H. C., Vieira, M. I. B., Fonseca, R. S., Costa, L. O. da, Cecchetti, D., Nadal, R. D. P., & Rocha, F. D. S. (2010). Produção de carne e características da carcaça de cordeiros não castrados, castrados e induzidos ao criptorquidismo. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(3), 783.

<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n3p783>

Rota, E. L., Osório, M. T. M., Osório, J. C. S., Barbosa, N. M., & Kasinger, S. (2004). *Corriedale E Ideal Sobre a Qualidade Da Carne*. 2, 487–491.

Sarabia, J. L. B., Linares, C. P., & Rincón, F. G. R. (2013). Practicas de manejo previo a la matanza en ovinos y su efecto en la calidad de la carne. *Nacameh*, 7(1), 1–16.

Sen, U., Kuran, M., & Ensoy, U. (2013). Growth performance, carcass and meat quality of Karayaka female lambs born in different seasons. *Archives Animal Breeding*, 56(1), 315–327.
<https://doi.org/10.7482/0003-9438-56-031>

Starkey, C. P., Geesink, G. H., van de Ven, R., & Hopkins, D. L. (2017). The relationship between shear force, compression, collagen characteristics, desmin degradation and sarcomere length in lamb biceps femoris. *Meat Science*, 126, 18–21.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.12.006>

Terlouw, C. (2015). *Stress reactivity , stress at slaughter and meat quality To cite this version : HAL Id : hal-02792925*.

Trinh, K. T., & Glasgow, S. (2012). On the texture profile analysis test. *Institute of Food Nutrition and Human Health, Massey University, New Zealand*.

Zeola, N. M. B. L., Souza, P. A., Souza, H. B. A., Silva Sobrinho, A. G., & Barbosa, J. C. (2007). Colour, water holding capacity and tenderness of lamb aged and injected with calcium chloride. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 59(4), 1058–1066.
<https://doi.org/10.1590/S0102-09352007000400036>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Volmir Antonio Polli – 45%

Pablo Tavares Costa – 20%

Javier Alexander Bethancourt Garcia – 05%

João Restle – 05%

Maryelen Medianeira Martins Dutra – 05%

Ricardo Zambarda Vaz – 20%