

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

EVELYN VON ROSEN STAHLKE HATSCHBACH

**EFEITO DE ATMOSFERA MODIFICADA E IDADE DE ABATE SOBRE
A ESTABILIDADE DA CARNE OVINA REFRIGERADA**

(Effect of modified atmosphere and slaughter age on the stability of chilled lamb meat)

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

2012

EVELYN VON ROSEN STAHLKE HATSCHBACH

**EFEITO DE ATMOSFERA MODIFICADA E IDADE DE ABATE SOBRE
A ESTABILIDADE DA CARNE OVINA REFRIGERADA**

(Effect of modified atmosphere and slaughter age on the stability of chilled lamb meat)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, área de concentração Saúde, Tecnologia e Produção Animal, da Escola de Ciências Agrárias e Medicina Veterinária da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Renata Ernlund
Freitas de Macedo

Coorientador: Prof^a. Dr^a. Cristina Santos
Sotomaior

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

2012



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
Câmpus São José dos Pinhais

**ATA Nº 0036 E PARECER FINAL DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL DA ALUNA EVELYN VON ROSEN
STAHLKE**

Aos dezanove dias do mês de dezembro do ano de dois mil e doze, às 14:00 horas, realizou-se no anfiteatro do Mestrado em Ciência Animal da Escola de Ciências Agrárias e Medicina Veterinária da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, localizada na Rodovia 376 – Km 14 – São José dos Pinhais - PR, a sessão pública de defesa da Dissertação da Mestranda Evelyn Von Rosen Stahlke, intitulada: “**EFEITO DE ATMOSFERA MODIFICADA E IDADE DE ABATE SOBRE A ESTABILIDADE DA CARNE OVINA REFRIGERADA**”. A Mestranda concluiu os créditos exigidos para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, segundo os registros constantes na secretaria do Programa. Os trabalhos foram conduzidos pela Professora orientadora e Presidente da banca, Dra. Renata Ernlund Freitas de Macedo (PUCPR), auxiliada pelos Professores Doutores Fernando Bittencourt Luciano (PUCPR) e Renato João Sossela de Freitas (UFPR). Procedeu-se à exposição da Dissertação, seguida de sua arguição pública e defesa. Encerrada a fase, os examinadores expediram o parecer final sobre a Dissertação, que nos termos do Artigo 53 do Regulamento deste Programa de Pós-Graduação, foi considerada aprovada.

Profa. Dra. Renata Ernlund Freitas de Macedo (Presidente)

Assinatura Renata Freitas de Macedo

Prof. Dr. Fernando Bittencourt Luciano (PUCPR)

Assinatura Fernando Bittencourt Luciano

Prof. Dr. Renato João Sossela de Freitas (UFPR)

Assinatura Renato João Sossela de Freitas

Proclamado o resultado, a Presidente da Banca Examinadora encerrou os trabalhos, e para que tudo conste, eu Caroline Nocera Bertton, confiro e assino a presente ata juntamente com os membros da Banca Examinadora.

São José dos Pinhais, 19 de dezembro de 2012.

Caroline Nocera Bertton

Profa. Dra. Cristina Santos Sotomaior

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

Caroline Nocera Bertton

Caroline Nocera Bertton

Secretária do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	vii
FORMATO DA DISSERTAÇÃO	viii
RESUMO GERAL	x
GENERAL ABSTRACT	xi
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
CAPÍTULO 1	
1 INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2	
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 OVINOCULTURA NO BRASIL E NO MUNDO	3
2.2 CARACTERÍSTICAS DA CARNE OVINA	4
2.2.1 Umidade	5
2.2.2 Proteínas	5
2.2.3 Gordura	6
2.2.4 Matéria mineral	8
2.3 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DA CARNE OVINA	9
2.4 COLORAÇÃO DA CARNE	13
2.5 ATMOSFERA MODIFICADA	14
2.6 TIPOS DE ATMOSFERAS MODIFICADAS UTILIZADAS EM EMBALAGENS DE CARNES FRESCAS	15
2.6.1 Atmosfera modificada com alto teor de O₂	15
2.6.2 Envase a vácuo (ausência de O₂)	16
2.6.3 Atmosfera modificada com CO	17
2.6.4 Atmosfera modificada com N₂	19
2.6.5 Atmosfera modificada com CO₂	19
<i>2.6.5.1 Efeito do CO₂ sobre os microorganismos</i>	<i>21</i>
CAPÍTULO 3	
3 EFEITO DA IDADE DE ABATE E DA ATMOSFERA DA EMBALAGEM SOBRE A QUALIDADE DE LOMBO OVINO CONSERVADO SOB REFRIGERAÇÃO	24

Resumo	24
Abstract	26
3.1 INTRODUÇÃO	27
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.2.1 Determinação de pH.....	30
3.2.2 Determinação de perda de peso por exsudação (PPE).....	30
3.2.3 Determinação da perda de pelo cozimento (PPC)	30
3.2.4 Determinação de oxidação lipídica.....	30
3.2.5 Determinação da força de cisalhamento	31
3.2.6 Determinação instrumental de cor.....	32
3.2.7 Avaliação sensorial	32
3.2.8 Determinações microbiológicas	32
3.2.9 Análise estatística	33
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
3.3.1 Efeito sobre pH, perda de peso por exsudação, perda de peso por cocção e força de cisalhamento.....	34
3.3.2 Efeito sobre a oxidação lipídica	40
3.3.3 Efeito sobre cor instrumental e características sensoriais	42
3.3.4 Determinações microbiológicas	48
3.3.5 Correlações.....	54
3.4 CONCLUSÃO	56
CAPÍTULO 4	
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERENCIAS.....	58

“A mente que se abre a uma nova
ideia jamais volta ao seu tamanho
original”.

Einstein

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Ewalda, meu pai, Konrad, e meu irmão, Ronald, que sempre estiveram do meu lado me apoiando, incentivando e aconselhando.

Ao meu marido, Cleber, que entendeu quando eu estava distante, pesquisando e escrevendo.

Agradeço a três amigas muito queridas, Luciane, por me ensinar a fazer algumas análises e por me ajudar na parte prática do meu experimento, Isabelle, pelo companheirismo, pela força nos momentos difíceis e pelas risadas e Giovana, por me ajudar na parte prática do experimento.

À Professora Dr^a. Renata E. Freitas de Macedo, minha orientadora, que aceitou o desafio de me orientar e conduzir ao longo desta caminhada, que me ajudou nos momentos difíceis, que esclareceu todas as minhas dúvidas sempre com carinho e disponibilidade. Agradeço o voto de confiança que depositou em mim!

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná e a todos os professores do mestrado em Ciência Animal pelo conhecimento compartilhado durante esses dois anos e meio de convívio.

À Professora Dr^a Cristina Sotomaior, coordenadora do mestrado, por toda atenção dispensada e também à Caroline, secretária do mestrado, pelo carinho e ajuda em todos os momentos que precisei.

Aos funcionários da Pontifícia Universidade Católica do Paraná que participaram das análises sensoriais realizadas no Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários e contribuíram com os resultados obtidos.

A todas as pessoas, que mesmo não mencionadas, de uma forma ou de outra, acrescentando seus conhecimentos ou simplesmente me apoiando na realização desta conquista, minha imensa gratidão.

FORMATO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação é composta por capítulos.

O Capítulo 1 apresenta uma introdução geral dos objetivos de estudo desta dissertação.

O Capítulo 2 trata-se de revisão de literatura.

O Capítulo 3 é um artigo que será submetido para publicação em periódicos científicos. Com o seguinte título: EFEITO DA IDADE DE ABATE E DA ATMOSFERA DA EMBALAGEM SOBRE A QUALIDADE DE LOMBO OVINO CONSERVADO SOB REFRIGERAÇÃO.

O Capítulo 4 finaliza esta dissertação com considerações finais deste trabalho e com sugestões para estudos futuros.

As referências de todos os capítulos se encontram em lista única ao final da dissertação.

RESUMO GERAL

O termo qualidade da carne inclui uma série de atributos como cor, aroma, textura e aspecto geral. Esses atributos são afetados tanto pela idade do animal e condições de manejo pré-abate quanto por processos bioquímicos e enzimáticos que ocorrem durante a estocagem dos produtos. Atmosfera modificada (ATM) consiste em trocar a composição do ar existente dentro da embalagem por outra atmosfera especialmente preparada para cada tipo de alimento. Os sistemas mais utilizados são misturas de gases que incluem dióxido de carbono (CO₂), oxigênio (O₂), nitrogênio (N₂), monóxido de carbono (CO) e vácuo. Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes atmosferas modificadas e idades ao abate sobre a estabilidade físico-química, microbiana e sensorial da carne ovina refrigerada foi realizado um experimento com o corte de lombo (*Longissimus dorsi*) de carcaças de ovinos abatidos com idades de 4 meses e 8 meses. Foram utilizados lombos de 14 carcaças de ovinos de cada idade e as seguintes combinações de gases: ATM 1: envase a vácuo; ATM 2: 69,6% N₂ + 30% CO₂ + 0,4% CO; ATM 3: 70% O₂ + 30% CO₂. A partir das combinações de atmosfera e idade de abate foram definidos seis tratamentos. Porções de aproximadamente 140g de lombo de cada idade receberam as misturas de gases definidas em cada tratamento e foram armazenadas em embalagens plásticas de alta barreira e estocadas sob refrigeração em câmara B.O.D. a 4 °C por um período de 35 dias. Em intervalos de 7 dias, as amostras de cada tratamento foram retiradas da refrigeração para as determinações de: pH, cor instrumental, perda de peso por exsudação, perda de peso por cozimento, oxidação lipídica, força de cisalhamento, contagem de aeróbios psicotróficos, de bactérias lácticas, de coliformes totais e de *Escherichia coli* e avaliação sensorial de cor e odor. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2³, com duas idades de abate e três atmosferas. Os dados foram analisados utilizando os Modelos Lineares Generalizados (GLM) com o programa Statgraphics Anturion XV version 15.2.05, considerando os efeitos fixos idade (Id) e atmosfera (ATM) e a respectiva interação entre eles. Nos casos em que a interação entre Id e ATM não foi significativa (P>0,05), retirou-se a interação do modelo, que passou a incluir apenas os efeitos principais de idade e atmosfera. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey (P≤0,05) e a correlação significativa entre os parâmetros foi determinada pela correlação de Pearson (P≤0,05). Verificou-se interação significativa entre os efeitos ATM x Id somente para a oxidação lipídica. Considerando esse parâmetro, a associação de maior idade de abate (8 meses) e alto teor de O₂ (70%) na embalagem mostrou-se altamente prejudicial à estabilidade oxidativa da carne ovina. A atmosfera apresentou efeito significativo individual sobre a cor instrumental e a avaliação sensorial da carne. O alto teor de O₂ (70%) influenciou negativamente a cor da carne, provocando descoloração e menor nota para cor e odor sensorial. A adição de CO na mistura de gases preservou a cor vermelha, tornando a carne ovina mais atrativa em relação às demais atmosferas. A idade de abate mostrou efeito significativo sobre a luminosidade (L*), intensidade de amarelo (b*), perda de peso por exsudação e pH da carne ovina. A carne dos animais mais jovens apresentou maior luminosidade, maior valor de cor amarela (b*), maior pH e menor perda de peso por exsudação. A atmosfera utilizada e a idade de abate não mostraram influência sobre o crescimento microbiano na carne ovina. A oxidação lipídica apresentou correlação negativa (P≤0,05) com o odor e cor sensorial e instrumental da carne, indicando que maiores valores de oxidação

lipídica promovem menor intensidade de cor vermelha (a^* , C^*), maior a descoloração (hue) e maior alteração de odor na carne. A maior contagem de aeróbios psicrotóxicos na carne determinou menor nota na avaliação sensorial de cor ($P \leq 0,05$). O alto teor de O_2 na atmosfera mostrou efeito negativo na vida de prateleira da carne ovina. O uso de vácuo (ATM 1) e da combinação de CO_2 e CO (ATM 2) apresentaram eficiência semelhante na conservação da carne ovina refrigerada, com vantagem para a atmosfera adicionada de CO pela manutenção da cor vermelha brilhante da carne quando comparada ao envase a vácuo.

Palavras-chave: Cordeiro. Carne ovina. Atmosfera modificada. Conservação. Idade.

GENERAL ABSTRACT

The term meat quality includes a number of attributes such as color, flavor, texture and overall appearance. These attributes are affected both by age and condition of the animal handling before slaughter and by enzymatic and biochemical processes that occur during storage of the products. Modified atmosphere (ATM) consists of replacing the existing air composition within the packaging atmosphere by another specially prepared for each type of food. The most commonly used systems are mixtures of gases including carbon dioxide (CO₂), oxygen (O₂), nitrogen (N₂), carbon monoxide (CO) and vacuum. The aim of this study was to evaluate the effect of different modified atmospheres and slaughter ages on the physical and chemical stability, microbial and sensory profile of lamb meat. *Longissimus dorsi* muscle was obtained from 14 carcasses of lambs slaughtered at 4 months and at 8 months age. Three different combinations of gases were tested: ATM 1: vacuum; ATM 2: 69.6% N₂ + 30% + CO₂ 0.4% CO, 3 ATM: 70% O₂ + 30% CO₂. Portions of loin (140 g) were distributed into six treatments combining 3 different atmospheres and 2 slaughter ages and stored under refrigeration at 4 °C for 35 days. At 7 days interval, samples of each treatment were assessed for pH, instrumental color, drip loss, cooking loss, lipid oxidation, Warner Bratzler shear force, count of aerobic psychrotrophic, lactic acid bacteria, total coliform and *Escherichia coli*. Sensory evaluation of color and odor was also performed. Data were analyzed using the General Linear Models (GLM) with the program Statgraphics Anturion XV version 15.2.05, considering the fixed effects age (Id) and atmosphere (ATM) and the interaction between them. In cases where the interaction was not significant (P > 0.05), only the main effects of age and atmosphere was considered. Means were compared by Tukey's test (P ≤ 0.05) and significant correlation between parameters was determined by Pearson's correlation (P ≤ 0.05). Interaction between ATM x Id was significant only for lipid oxidation. The association of higher slaughter age (8 months) and high O₂ content (70%) in the package promoted higher lipid oxidation of lamb meat. The atmosphere had a significant effect on instrumental color and sensory evaluation of meat. The high content of O₂ (70%) in atmosphere negatively affected meat color, causing discoloration and lower score for sensory color and odor. The addition of CO in the gas mixture preserved the red color of fresh lamb meat. The slaughter age had a significant effect on the lightness (L*), yellowness (b*), drip loss and pH of lamb meat. The meat from younger lamb (4 months) showed higher lightness, higher b* values, higher pH and lower drip loss. The atmosphere and slaughter age showed no influence on microbial growth in lamb meat. Lipid oxidation was negatively correlated (P ≤ 0.05) with odor, sensory and instrumental color of meat, indicating that higher value of lipid oxidation caused lower red color (a*, C*), greater discoloration (hue) and off flavor. Higher aerobic psychrotrophic count caused lower score for color in sensory evaluation (P ≤ 0.05). The high content of O₂ in the atmosphere showed negative effect on the shelf life of lamb meat. The use of vacuum (ATM 1) and the combination of CO₂ and CO (ATM 2) exhibited similar efficiency in preserving lamb meat. The addition of CO in the mixture of gases maintained the red color of fresh lamb meat.

Keywords: Lamb. Meat. Modified atmosphere. Quality. Slaughter age.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATM	Atmosfera modificada
CO ₂	Dióxido de carbono
O ₂	Oxigênio
N ₂	Nitrogênio
CO	Monóxido de carbon
AGPI	Acido graxo poli-insaturado
FDA	Food na Drug Administration
pH	Potencial de hidrogênio
GRAS	Substância reconhecida como segura
mL	Mililitro
DFD	Dark, Firm and Dry
LTPA	Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários
L*	Luminosidade
a*	Vermelhidão
b*	Amarelado
PCA	Ágar padrão para contagem
MRS	Agar de Man, Rogosa e Sharpe
TBARS	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico
TCA	Ácido tricloroacético
TBA	Ácido tiobarbitúrico
UFC	Unidade formadora de colônia
PPE	Perda de peso por exsudação
PPC	Perda de peso pelo cozimento
FC	Força de cisalhamento
DMS	Diferença mínima significativa
TMP	Tetrametoxipropano
ABS	Absorbância
EE	Erro padrão
Id	Idade

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 1	Distribuição das ATM e Idades de abate entre os diferentes tratamentos	29
Tabela 2	Valores da curva padrão para determinação da oxidação lipídica das amostras de lombo ovino	31
Tabela 3	Efeito da idade ao abate e da atmosfera de estocagem sobre os valores de pH, perda de peso por exsudação (PPE), perda de peso pelo cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) de carne ovina refrigerada durante 35 dias – média dos 35 dias de estocagem (média±EE)	34
Tabela 4	Efeito da idade ao abate e atmosfera de armazenamento sobre os parâmetros de cor instrumental de carne ovina refrigerada após 35 dias de estocagem – média dos 35 dias de estocagem (média±EE)	43
Tabela 5	Efeito da idade de abate e atmosfera de armazenamento sobre os atributos sensoriais de cor e odor de carne ovina refrigerada por 35 dias – média dos 35 dias de estocagem (média±EE)	46
Tabela 6	Efeito da idade ao abate e atmosferas de estocagem sobre o crescimento microbiano (log UFC/ g) de carne ovina refrigerada por um período de 35 dias de estocagem – média dos 35 dias de estocagem (média±EE)	49
Tabela 7	Vida de prateleira (dias) das amostras de carne ovina dos diferentes tratamentos considerando o valor limite de 7 log UFC/ g de psicrotóxicos e de bactérias lácticas	50
Tabela 8	Correlações observadas entre os parâmetros de qualidade de lombo ovino refrigerado estocado sob diferentes atmosferas modificadas por 35 dias.	54

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

		Página
Figura 1	Esquema mostrando a organização da fibra muscular	6
Figura 2	Deposito de gordura na carne bovina, diferenciação entre gordura subcutânea, intermuscular e intramuscular.	8
Figura 3	Variação nos valores médios de pH em carne ovina dos diferentes tratamentos (atmosfera x idade de abate) durante 35 dias de estocagem sob refrigeração (4 °C).	36
Figura 4	Variação nos valores médios de força de cisalhamento (kgf) em carne ovina dos diferentes tratamentos (atmosfera x idade de abate) durante 35 dias de estocagem sob refrigeração (4 °C).	39
Figura 5	Interação da idade de abate e tipo de atmosfera sobre a oxidação lipídica da carne ovina refrigerada durante 35 dias de estocagem (mg de malonaldeído malônico/ kg).	41
Figura 6	Variação nos valores médios de a* nas amostras de carne ovina dos diferentes tratamentos (atmosfera x idade de abate) durante 35 dias de estocagem sob refrigeração (4 °C).	46
Figura 7	Comparação da coloração da carne ovina entre os diferentes tratamentos durante os 35 dias de estocagem.	47
Figura 8	Variação nas contagens de aeróbios psicrotróficos nas amostras de carne ovina dos diferentes tratamentos (atmosfera x idade de abate) durante 35 dias de estocagem sob refrigeração (4 °C).	49
Figura 9	Variação na contagem de bactérias lácticas nas amostras de carne ovina dos diferentes tratamentos (atmosfera x idade de abate) durante 35 dias de estocagem sob refrigeração (4 °C).	52
Figura 10	Variação nos valores médios na contagem de coliformes totais nas amostras de carne ovina dos diferentes tratamentos (atmosfera x idade de abate) durante 35 dias de estocagem sob refrigeração (4 °C).	53
Quadro 1	Resumo das vantagens e desvantagens de gases utilizados em embalagens com atmosfera modificada	23

CAPITULO 1

1 INTRODUÇÃO

O termo qualidade da carne inclui uma série de atributos como cor, aroma, textura e aspecto geral. Esses atributos são afetados tanto por condições de manejo dos animais no pré-abate quanto por processos bioquímicos e enzimáticos que ocorrem durante a estocagem dos produtos (ZAKRYS et al., 2009).

A cor é o principal parâmetro utilizado pelos consumidores para verificar o frescor da carne e para decidir pela compra do produto. Normalmente, os consumidores preferem carnes frescas com coloração vermelho brilhante (VENTURINI, 2003; LAUZURICA et al., 2005). Sendo a coloração o principal critério para o consumidor no momento da compra da carne, é essencial que a estabilidade da cor vermelha brilhante seja mantida durante todo seu processo de distribuição, estocagem e comercialização (BARACAT, 2006). Portanto, as embalagens de carnes devem preservar a cor do produto fresco, além de evitar contaminações, reduzir a perda de peso, permitir atividade enzimática para aumentar a maciez e retardar reações de oxidação e deterioração. Esses fatores são de fundamental importância para a manutenção da atratividade e o desejo de compra pelos consumidores (ZAKRYS et al., 2009).

A embalagem em atmosfera modificada (ATM) é um método conhecido para prolongar a vida de prateleira de vários alimentos, inclusive de carnes. Esse sistema de embalagem influencia o comportamento da carne por alterar o ambiente interno da embalagem, também conhecido como micro ambiente. O sistema também reduz a contaminação da carne, além de constituir barreira efetiva ao vapor d'água, prevenindo a perda de água por evaporação. Mas, a principal característica da alteração da atmosfera gasosa é que a mesma vai influenciar na cor da carne e determinar a extensão e o tipo de deterioração microbiológica durante a estocagem (NISHI e FARIA, 2006).

Os sistemas de embalagem em ATM mais utilizados são aqueles compostos por misturas de gases que normalmente incluem dióxido de carbono (CO₂), oxigênio (O₂) e nitrogênio (N₂), além do sistema a vácuo (LINARES et al., 2008). Recentemente, foi introduzido o monóxido de carbono (CO) em combinação com outros gases (HUFFMAN e RILLEY, 2007).

35 A utilização de O₂ nas embalagens (filmes plásticos com baixa capacidade de
36 permeabilidade de gases) em atmosfera modificada é devido ao seu efeito de
37 manter a coloração vermelha brilhante em carnes frescas. A principal vantagem do
38 uso de atmosferas com alto teor de O₂, em relação às embalagens tradicionais com
39 filmes de PVC, é a maior estabilidade da cor vermelha das carnes, mantida por até
40 14 dias quando comparada à estabilidade de 4 a 7 dias nos filmes de PVC (JOHN et
41 al., 2005).

42 O uso do CO em embalagens de carnes iniciou-se como resposta à demanda
43 dos consumidores por carnes de coloração atrativa e com aparência de frescor,
44 mantendo essas características por longos períodos de estocagem (HUFFMAN e
45 RILEY, 2007). Com o uso do CO em embalagens de ATM, a necessidade da
46 presença de O₂ para manutenção da cor vermelha brilhante de carnes é eliminada,
47 já que a interação entre CO e a mioglobina é mais estável do que a interação entre o
48 O₂ e a mioglobina (HUFFMAN e RILEY, 2007).

49 O N₂ é um gás inerte, possui a função única de preenchimento do volume na
50 embalagem, não interferindo diretamente no alimento, porém pode ser capaz de
51 inibir o crescimento de aeróbios estritos (MAGALHÃES, 2006; ZAKRYS et al., 2009).

52 Entre as carnes vermelhas, as carnes dos pequenos ruminantes, ovinos e
53 caprinos, estão mais sujeitas à deterioração química e microbiológica em
54 comparação à carne bovina. Isso se deve principalmente ao fato do pH médio da
55 carne bovina ser inferior ao das carnes ovina e caprina, tornando-a menos sujeitas
56 ao desenvolvimento microbiano. Devido a essa característica, a carne bovina pode
57 ser eficientemente preservada da deterioração microbiana somente pela aplicação
58 de vácuo às embalagens, garantindo extensa vida útil, enquanto a carne ovina
59 necessita do efeito bacteriostático do CO₂ nas embalagens para obter período
60 semelhante de vida de prateleira (KENNEDY et al., 2004).

61 Tendo em vista os benefícios do uso de atmosferas modificadas em
62 embalagens de carnes frescas sobre a atratividade e a vida útil desses produtos, o
63 presente estudo aborda a ação dos principais tipos de atmosferas e gases utilizados
64 em embalagens para conservação de carnes com enfoque na carne ovina. O
65 objetivo foi avaliar o efeito de diferentes atmosferas modificadas e idades ao abate
66 sobre a estabilidade físico-química, microbiana e sensorial da carne ovina
67 refrigerada.

68

CAPITULO 2

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 OVINOCULTURA NO BRASIL E NO MUNDO

A ovinocultura é uma atividade de significativa relevância para a agropecuária brasileira, constituindo-se como uma importante fonte geradora de emprego e renda, quer seja para a agricultura familiar ou para o agronegócio. Os ovinos são uma das espécies de animais mais amplamente distribuídas por todo o mundo. Apresentam alta capacidade de adaptação, que lhes permite sobreviver em uma grande variedade de ambientes, que vão desde as zonas áridas e semi-áridas até regiões frias e montanhosas. O Brasil apresenta um enorme potencial de crescimento e expansão para diferentes ecossistemas com produção de carne, leite, pele, lã e seus derivados em um ciclo produtivo curto, de cerca de 6 meses, o que permite um rápido retorno do recurso investido (GALVÃO, 2004).

A produção mundial de carne ovina situa-se em torno de 12 milhões de toneladas, sendo o comércio internacional abastecido pelos países do mercado comum Europeu e Nova Zelândia, onde existem sistemas de produção e comercialização especializados. O Brasil contribui com menos de 1% da produção mundial de carne ovina, apresentando abate médio anual de 970 mil cabeças. A produção brasileira de carne ovina é estimada em cerca de 57 mil toneladas por ano (FAOSTAT, 2010).

O Brasil ocupa o 16º lugar no ranking mundial em número de ovinos com 17,3 milhões de cabeças representando cerca de 1,4% do rebanho mundial, sendo que a China está em 1º lugar com 134 milhões de cabeças (FAOSTAT, 2010). Embora em ritmo crescente, o consumo per capita de carne ovina no Brasil ainda é pequeno, em torno de 700 g/habitante/ano, compreendendo apenas 1% do consumo total de carne no País, que somou 95,4 kg per capita em 2010, representado principalmente pelas carnes bovina, suína e de frango, estimados em 37,4 kg, 14,1 kg e 43,9 kg, respectivamente (IBGE, 2010). A média mundial de consumo de carne de cordeiro é de 4,7 kg/habitante/ano (FAOSTAT, 2010). Porém, a produção de carne ovina mostra um grande potencial para expansão, pois a demanda ainda supera a oferta,

103 havendo mercado consumidor em crescimento, tanto no Brasil como em outros
104 países, e que não possui restrições religiosas e/ou culturais (GALVÃO, 2004).

105 O Estado do Paraná ocupa a sexta posição no ranking brasileiro de produção
106 de ovinos, com um rebanho de 613.934 mil cabeças, predominando animais
107 cruzados e especializados para produção de carne (IBGE, 2010). A expansão da
108 ovinocultura paranaense teve forte contribuição da organização de associações e
109 cooperativas de produtores, com o lançamento do Programa de Estruturação das
110 Cadeias Produtivas da Caprinocultura e Ovinocultura pela Secretaria de
111 Abastecimento do Estado em 2003 (SEAB, 2003).

112 Entre os fatores que contribuem para o baixo consumo de carne ovina no país
113 estão a baixa qualidade da carne ofertada, a falta de padronização do produto final e
114 a irregularidade de oferta, especialmente nos estados do Sul, devido à sazonalidade
115 reprodutiva dos ovinos. Esse fato faz com que a oferta de carne ovina nos estados
116 do Sul seja concentrada nos meses de novembro a março, havendo escassez do
117 produto durante o inverno e boa parte do outono e primavera. Estratégias para o
118 aumento no consumo da carne ovina englobam desde estudos relacionados ao
119 sistema de produção dos animais como a pesquisa de diferentes modelos produtivos
120 que facilitem a entrega escalonada de animais ao abate em diferentes épocas do
121 ano, até a aplicação de tecnologias ao produto final para a melhoria de sua
122 qualidade (SEBRAE, 2005; MIRANDA, 2006; RESENDE et al., 2008; EMBRAPA,
123 2010).

124

125 2.2 CARACTERÍSTICAS DA CARNE OVINA

126

127 A carne pode ser definida como o produto resultante das contínuas
128 transformações que ocorrem no músculo após a morte do animal (SAÑUDO, 1992).
129 Os valores das frações que compõe a composição centesimal da carne podem
130 variar em função do local de origem do animal, clima, alimentação, manejo, idade e
131 sexo (PALEARI, 1998).

132 Segundo Oliveira (1993), a grande variação existente na composição química
133 da carne é devida a vários fatores, tais como o grupo muscular amostrado, grau de
134 acabamento da carcaça e tipo de regime alimentar. Além disso, a preparação da
135 amostra deve ser padronizada, principalmente em relação à manipulação na retirada

136 das aponeuroses e gorduras externas, homogeneização e trituração para garantir a
137 representatividade da mesma.

138 De acordo com Prata (1999), a composição química da carne ovina apresenta
139 valores médios de 75% de umidade, 19% de proteínas, 4% de gordura, 1,1% de
140 matéria mineral e menos de 1% de carboidratos.

141

142 **2.2.1 Umidade**

143

144 Dentre os componentes do tecido muscular, a água é o maior constituinte,
145 representando cerca de 75% da composição química da carne, e seu teor é
146 inversamente proporcional ao conteúdo de gordura. A água presente no músculo
147 divide-se em três categorias: água livre (85%), água de imobilização (10%) e água
148 ligada (5%). O teor total de água é importante nos processamentos que a carne irá
149 sofrer como resfriamento, congelamento, salga, cura e enlatamento. Quanto maior o
150 teor de água ligada, maior a capacidade de retenção de água do tecido muscular
151 (DABÉS, 2001).

152 A umidade tem grande influência na qualidade da carne, além disso, a água
153 presente no músculo exerce influência sobre o rendimento da carcaça (perda de
154 água durante o resfriamento leva à perda de peso) e características sensoriais da
155 carne (a água que fica retida no músculo interfere na maciez, suculência, aparência
156 e coloração) (FERRÃO, 2006).

157

158 **2.2.2 Proteínas**

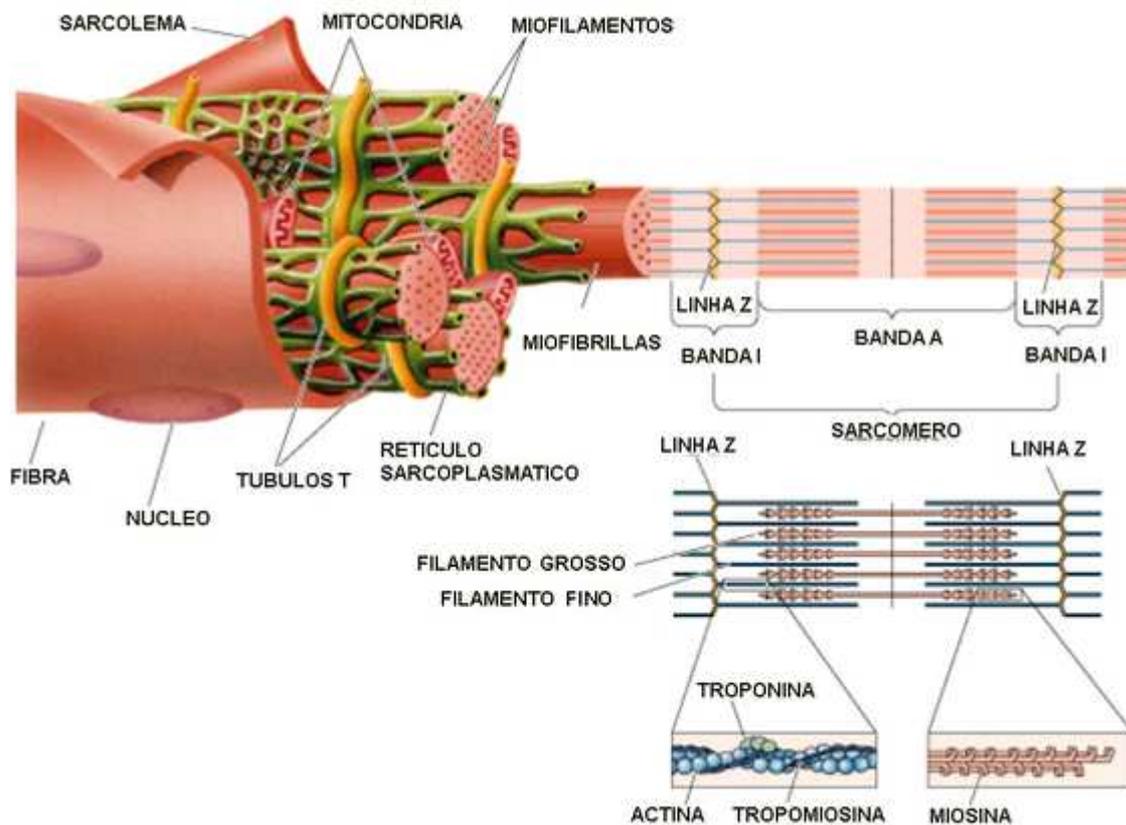
159

160 A proteína é o segundo maior componente da carne ovina, representando em
161 torno de 19% de sua composição química, em média, possui alta concentração de
162 aminoácidos essenciais, o que dá importância à carne na dieta (OLIVEIRA, 1993;
163 CECCHI, 2003).

164 As proteínas sarcoplasmáticas são solúveis, representando 30% a 35% do
165 total de proteínas, constituídas principalmente por enzimas e mioglobina. As
166 proteínas miofibrilares constituem os filamentos, representadas principalmente pela
167 miosina (filamento grosso), actina (filamento delgado) e em menor proporção pela
168 tropomiosina, troponina, actinina e proteínas C e M (Figura 1). Essas proteínas
169 apresentam solubilidade intermediária e representam 55% das proteínas totais. As

170 proteínas estromáticas são insolúveis, representando 10% a 15% do total de
171 proteínas, constituídas principalmente por colágeno e elastina (PRATA, 1999).
172

ORGANIZAÇÃO DA FIBRA MUSCULAR



173

174

175 **Figura 1.** Esquema mostrando a organização da fibra muscular.

176 Fonte: DUARTE (2011).

177

178 2.2.3 Gordura

179

180 A gordura, embora seja considerada prejudicial à saúde, é importantíssima na
181 alimentação, sendo utilizada como fonte de energia, para regular o metabolismo do
182 colesterol, além de desempenhar papel fundamental no transporte das vitaminas
183 lipossolúveis (A, D, E e K) (SALDANHA et al., 2001; LAJOLO, 2001; WOOD, 2003).

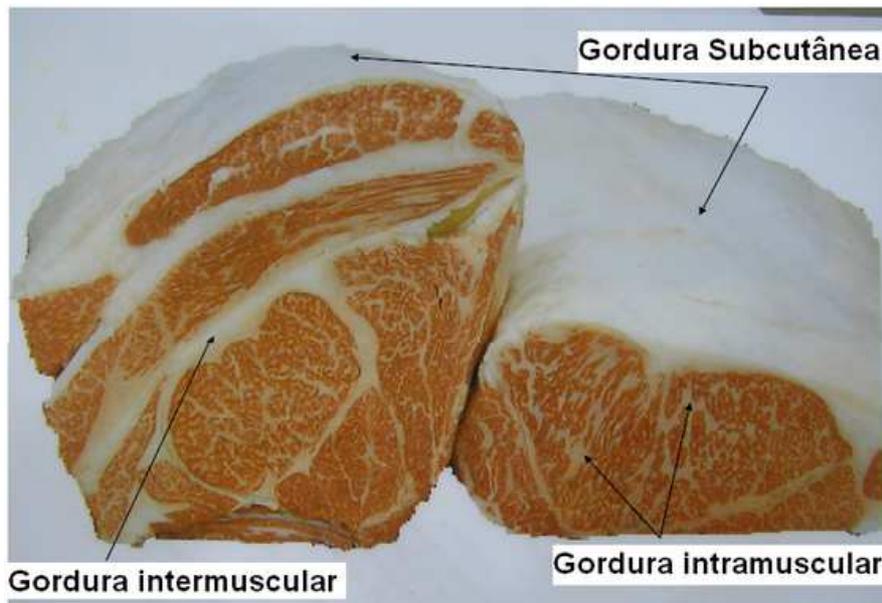
184 Na população ocidental, a maior causa das mortes prematuras deve-se às
185 doenças vasculares obstrutivas, causadas principalmente por excesso de lipídios,
186 em particular ácidos graxos saturados, na alimentação. Essas gorduras elevam os
187 níveis de colesterol sanguíneo que tende a se depositar nas artérias causando a
188 obstrução das mesmas (SALDANHA et al., 2001; LAJOLO, 2001; WOOD, 2003).

189 A gordura corresponde à fração insolúvel em água e solúvel em éter,
190 representando 4% da composição química da carne. Devido à atenção do
191 consumidor com relação à dieta e à saúde, há uma crescente preocupação com o
192 conteúdo de gordura dos produtos de origem animal. Estudos epidemiológicos têm
193 demonstrado que a gordura rica em ácidos graxos insaturados é mais benéfica que
194 àquela rica em colesterol e ácidos graxos saturados, pois diminui o risco de
195 obesidade, câncer e doenças cardiovasculares (ZAPATA et al., 2000). A carne de
196 cordeiro possui maior teor de ácido graxo poli-insaturado (AGPI) linoleico (1,37 mg/
197 100g) em comparação às carnes bovina e suína (0,70 e 0,95 mg/ 100g,
198 respectivamente), e, por isso, seu consumo pode ser mais benéfico ao controle dos
199 níveis de colesterol no sangue em relação às essas outras carnes vermelhas
200 (WOOD et al., 1999; SINCLAIR, 2007).

201 A menor gordura de cobertura (gordura subcutânea) pode levar a alterações
202 no padrão de resfriamento que, por sua vez, podem alterar características
203 sensoriais, tais como maciez e textura. Assim, informações dos diferentes cortes
204 cárneos dessa espécie podem ajudar a orientação de indicação da melhor forma de
205 preparo ao consumidor. A relação entre gordura e qualidade da carne tem recebido
206 considerável atenção. A gordura ocorre no corpo como tecido adiposo, tanto entre
207 os músculos como dentro deles e de células. A gordura subcutânea e a gordura
208 intramuscular (Figura 2), comumente conhecida como marmoreio, têm recebido
209 maior atenção como fatores que afetam a qualidade da carne (ASGHAR e
210 PEARSON, 1980; MADRUGA, 2005).

211 Para Smith (2001), carcaças de animais que possuam adequada cobertura de
212 gordura, um bom grau de acabamento e de marmoreio (*marbling*), tendem a ser
213 classificadas como mais macias quando submetidas a análises laboratoriais e
214 provas de degustação. O efeito proporcionado pela gordura de marmorização estaria
215 ligado à capacidade dessa em evitar o rápido resfriamento da carcaça, o que
216 conferiria maior dureza pelo encurtamento dos sarcômeros, e de propiciar maior
217 salivagem e promover a diminuição de densidade da carne, onde os lipídios atuam
218 na “lubrificação” das proteínas mediante a menor tensão do tecido conjuntivo.

219



220

221 **Figura 2.** Depósito de gordura na carne bovina, diferenciação entre gordura subcutânea,
222 intermuscular e intramuscular.

223 Fonte: DUARTE (2011).

224

225 **2.2.4 Matéria mineral**

226

227 A matéria mineral da carne representa em média 1,1% de sua composição
228 química, e está distribuída irregularmente no tecido muscular, sendo que 40%
229 encontram-se no sarcoplasma, 20% formam parte dos componentes celulares e o
230 restante distribui-se nos líquidos extracelulares. De forma geral, potássio, fósforo,
231 cálcio e ferro são os principais constituintes minerais da carne (PRATA, 1999;
232 ZEOLA et al., 2004; FERRÃO, 2006).

233 Em termos quantitativos, o fósforo e o potássio são os mais importantes,
234 seguidos de zinco, ferro e cálcio (principalmente em carnes mecanicamente
235 separadas, pelos fragmentos de osso) (RAMOS, 2005). No tecido vivo, os minerais
236 realizam inúmeras funções que podem ser de natureza física, química ou biológica,
237 dependendo de sua forma química nos tecidos e fluidos. Realizam, também, papel
238 significativo na transformação do músculo em carne (ANDRADE, 2006).

239 A concentração de compostos fosfatados inorgânicos e de alta energia regula as
240 reações glicogenolíticas. O cálcio, magnésio, sódio e potássio estão relacionados
241 diretamente com o processo de contração no músculo vivo. O magnésio e
242 particularmente o cálcio contribuem para o estado de contração *post mortem*,
243 afetando a dureza da carne. O cálcio é necessário para a contração muscular, além

244 de atuar como ativador de enzimas proteolíticas. A concentração do íon cálcio no
245 sarcoplasma aumenta para 0,2 mM durante o amaciamento, devido a menor
246 habilidade do retículo sarcoplasmático e mitocôndria a acumular íons cálcio
247 (VEISETH et al., 2001). Durante o descongelamento ou cocção, pode ocorrer a
248 perda de minerais por lixiviação. Muitos íons, particularmente os de cobre, ferro,
249 magnésio, cloro e cobalto, podem catalisar a oxidação dos lipídeos da carne, o que
250 mais tarde resume-se em rancidez (ARAÚJO e ARAÚJO, 2002; ANDRADE, 2006).

251

252 2.3 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DA CARNE OVINA

253

254 A utilização dos órgãos dos sentidos humanos na percepção das
255 características que propiciam a mais alta satisfação do consumidor passou a ser
256 definição de "qualidade", que aponta como características sensoriais importantes da
257 carne ovina a suculência, cor, textura e o *flavor*, associados a uma carcaça com
258 pouca gordura, muito músculo e preços acessíveis. Juntamente com o julgamento
259 das características sensoriais, para determinar a qualidade da carne, estão os testes
260 físicos e químicos (SILVA SOBRINHO, 2001; LAWRIE, 2006). A raça do animal e o
261 sistema de alimentação podem influenciar essas características de qualidade da
262 carne (ZAPATA et al., 2000).

263 O consumidor busca alimentos mais saudáveis, que apresentem menor teor
264 de gordura e colesterol e que ofereçam segurança no seu consumo. Desta forma, a
265 proporção de músculo, nível de gordura, idade e conformação do animal também
266 atuam como determinantes de sua aceitabilidade, além do peso do animal
267 (TEIXEIRA et al., 2005). A composição química da carne varia com a idade do
268 animal e com as diferentes partes da carcaça (ZEOLA et al., 2004).

269 Costa et al. (2009) relataram que a composição química da carne de cordeiro
270 é influenciada por dois fatores, o genótipo e a dieta, enquanto que as características
271 físicas são influenciadas apenas pela dieta. Ou seja, um animal submetido a uma
272 dieta com baixo teor de fibras, apresentará carne com menor perda de peso durante
273 o cozimento e menor força de cisalhamento, mostrando-se sensorialmente mais
274 macia.

275 A velocidade de redução do pH após o abate é importante, pois influencia a
276 qualidade da carne e seus derivados. O pH desempenha um importante papel na
277 capacidade de retenção de água, perda de peso ao cozimento e na força de

278 cisalhamento (GOU et al., 2002). O baixo pH pode causar inibição da atividade de
279 enzimas proteolíticas, desnaturação de proteínas miofibrilares e encurtamento
280 excessivo do sarcômero, que torna a carne mais dura com menor capacidade de
281 retenção de água (KHAN e COHEN, 1977). Os efeitos nocivos do manejo pré-abate,
282 atordoamento, transporte e condições climáticas também interferem na qualidade da
283 carne dos ovinos (MIRANDA-De LA LAMA et al., 2009).

284 O amaciamento da carne depende da alteração de componentes estruturais
285 do músculo e associação de proteínas durante e após o *rigor mortis*. Os valores
286 absolutos obtidos na máxima contração (rigor) são muito importantes, pois com eles
287 serão determinadas as taxas de decréscimo dessa contração. As catepsinas
288 lisossomais foram responsáveis pelo amaciamento até a descoberta em 1970 de um
289 novo sistema proteolítico. Este sistema foi referido como proteinase dependente de
290 cálcio ou calpaína, devido à necessidade de utilização de cálcio na sua ativação,
291 (BUSH et al., 1972).

292 Vários estudos têm indicado o importante papel que as enzimas calpaínas
293 exercem na proteólise *post mortem*, evidenciando sua contribuição para o aumento
294 da maciez da carne, atribuindo-se a elas 90% ou mais do amaciamento proteolítico
295 que ocorre durante os 7 a 10 primeiros dias de armazenamento da carcaça
296 (TAYLOR et al., 1995).

297 Todas as células de mamíferos contêm um sistema proteolítico dependente
298 de cálcio, composto pela protease endógena calpaína e seu inibidor, a calpastatina.
299 Existem duas isoformas de calpaínas mais conhecidas, denominadas microcalpaína
300 (μ -calpaína) e mili-calpaína (m-calpaína), sendo a definição dada pela quantidade de
301 cálcio necessária para sua ativação, podendo as duas estarem presentes em uma
302 mesma célula (GOLL et al., 1991).

303 As calpaínas receberam mais atenção que as catepsinas devido à habilidade
304 de modificação da densidade da linha-Z, mesmo quando essa mudança não se
305 correlaciona com a maciez (KOOHMARAIE, 1995). O sistema calpaínas não tem
306 ação sobre os filamentos de actina e miosina em si, estando localizado na linha Z
307 (GOLL et al. 1992).

308 A razão para a atenção voltada a essas enzimas é o conhecimento limitado
309 sobre elas e sua regulação *in situ*, além de suas funções biológicas exatas. A μ -
310 calpaína se concentra na linha N1 e N2, na região da titina, podendo constituir um
311 reservatório dessa enzima para a célula (FERNANDEZ et al., 2005), sugerindo uma

312 regulação especial entre a liberação de μ -calpaína para sítios de ligação e a
313 existência de um equilíbrio finamente regulado entre a quantidade livre e a ligada
314 (KOOHMARAIE e GEESINK, 2006).

315 Considera-se que a calpaína está presente no citosol como uma forma inativa
316 e quando há aumento no cálcio livre intracelular ou dentro de uma variação
317 fisiológica mais a presença de substrato, a proteinase é translocada para a
318 membrana plasmática. Na forma ligada à membrana, a enzima vai realizar um
319 processo auto-proteolítico, o qual produz a forma ativa, onde a remoção de um
320 fragmento de ambas as subunidades da calpaína diminui a afinidade da calpaína
321 com a membrana e libera a forma ativa no citosol. Se a auto-proteólise ocorrer mais
322 adiante, ocorre a inativação da enzima (GEESINK et al., 2006).

323 A calpastatina é inibidor específico da m e μ - calpaínas. A isoforma
324 predominante nos músculos esqueléticos é a que possui quatro domínios, capaz de
325 inibir quatro calpaínas. A calpastatina pode impedir a ativação auto-proteolítica, a
326 translocação da membrana e a expressão da atividade catalítica da calpaína (LEE et
327 al. 1992).

328 A calpastatina requer cálcio, pode ser degradada na presença deste e é um
329 substrato para as calpaínas (KOOHMARAIE, 1988). Sua degradação não conduz à
330 perda total da atividade inibitória e até mesmo depois de uma proteólise intensa,
331 alguma atividade de ação sobre a calpaína ainda permanece. A quantidade de cálcio
332 requerido pelas calpastatinas para formar o complexo calpaína-calpastatina é
333 aproximadamente a mesma requerida pela μ -calpaína. Embora a ação das
334 calpastatinas também seja dependente de cálcio, não existem evidências de que
335 elas se liguem efetivamente a esses íons (HOPKINS e TAYLOR, 2004).

336 Tem sido demonstrado que a calpastatina é degradada pela calpaína,
337 entretanto a significância fisiológica desta degradação é ainda obscura, embora isto
338 possa ser considerado como uma parte do processo regulatório do sistema
339 proteolítico (GEESINK e KOOHMARAIE, 1999).

340 A μ -calpaína não produz a inativação da calpastatina, no entanto a m -
341 calpaína produz um rápido e progressivo desaparecimento da atividade da
342 calpastatina. A proporção entre as atividades das calpastatinas e calpaínas
343 determina a velocidade da ativação proteolítica *post mortem*, e conseqüentemente, a
344 velocidade de maturação da carne. Koohmaraie (1994) relatou que é a atividade das
345 calpastatinas, determinada 24 horas após o abate, que se relaciona com a maciez

346 da carne. Animais com elevada atividade de calpastatina, usualmente produzem
347 carnes menos macias, mesmo após um período de maturação de 14 dias.

348 Koohmaraie et al. (1987) demonstraram que durante a estocagem do músculo
349 *Longissimus dorsi* por 14 dias a 0 °C, houve um aumento concomitante da
350 fragmentação miofibrilar e diminuição na atividade da μ -calpaína, que depende de
351 baixas concentrações de íons Ca^{++} , enquanto a m-calpaína que depende de
352 concentrações relativamente altas de cálcio, permaneceu com atividade inalterada.
353 Cerca de 50% da mudança total nesses parâmetros, ocorreu durante as primeiras
354 12 horas, quando a temperatura do músculo decresce de aproximadamente 37 °C
355 para 10 °C, indicando que o aumento da maciez durante o acondicionamento pode
356 acontecer antes que o pH final seja atingido, especialmente se a temperatura
357 diminuir de forma lenta (GOLL et al., 2003; LAGE et al., 2009).

358 O sistema proteolítico calpaína é conhecido por ser um dos principais
359 contribuintes para a proteólise *post mortem* e amaciamento da carne, com a μ -
360 calpaína sendo considerada a proteólise primária. Entretanto, o silenciamento do
361 gene da μ -calpaína não atenua completamente a proteólise *post mortem* no músculo
362 esquelético (GEESINK et al., 2006) e, assim, outras proteólises devem ser
363 consideradas (KEMP e PARR, 2012). Atualmente tem sido observada uma
364 crescente interação entre os sistemas de protease calpaína e caspase; que são
365 voltadas para os substratos que incluem actina, actinina, proteína C, miosina e
366 troponina I (SMUDER et al., 2010; WANG, 2000).

367 Segundo Sentandreu et al., (2002), a apoptose e a caspase são os primeiros
368 processos a serem envolvidos na proteólise *post mortem* e no amaciamento da
369 carne. O mesmo autor ainda levantou a hipótese de que após o abate, o músculo
370 esquelético sofre morte celular com apoptose em vez de necrose. A apoptose é
371 classificada como um programa de morte celular altamente organizado. Caracteriza-
372 se por processos de dissociação a partir de células vizinhas através do encolhimento
373 da célula, despolarização mitocondrial, condensação da cromatina, fragmentação do
374 DNA e formação de corpos apoptóticos (WYLLIE et al., 1980).

375 Uma das principais funções do apoptose é a manutenção da membrana
376 plasmática durante o processo, evitando assim, a descarga do componente celular e
377 danos para as células adjacentes (GREEN, 2011). Esse processo de apoptose é
378 orquestrado pela família da cisteína protease aspartato-específica: a caspase.

379 O sistema caspases é ativado após a morte do animal. Todas as caspases
380 são sintetizadas no citosol das células como formas inativas, uma pró-enzima,
381 ativada devido à mudança em sua estrutura. A ativação das caspases ocorre devido
382 à hipóxia *post mortem* e diminuição do pH (PULFORD et al., 2009). O pH ácido
383 favorece a máxima indução da apoptose (NILSSON et al., 2006), sendo portanto,
384 atizador da apoptose e das caspases.

385 O envolvimento das caspases no apoptose foi estabelecido diante das
386 observações de inibidores de caspase em prevenir a apoptose, sendo a caspase
387 responsável pela maior parte da clivagem proteolítica que leva à morte das células
388 (CHANG e YANG, 2000). As caspases executoras são ativadas pelas caspases
389 iniciadoras através da clivagem da unidade de ligação separando as subunidades
390 pequenas e grandes de seu domínio catalítico. Esta simples proteólise da caspase
391 executora é suficiente para conseguir a atividade enzimática dessas substâncias
392 (DENAULT e SALVESEN, 2008).

393

394 2.4 COLORAÇÃO DA CARNE

395

396 As características físico-químicas da carne determinam a sua qualidade e
397 aceitabilidade. A cor é o mais importante fator para os consumidores no momento
398 da compra, isso, se o odor não é percebido antes. Os parâmetros de textura (teor de
399 colágeno, comprimento do sarcômero, gordura intramuscular, água, etc) também
400 afetam a maciez da carne, que é um fator apreciado após a compra do produto
401 (MARTÍNEZ-CEREZO et al., 2005).

402 Na ausência de oxigênio (O₂), a mioglobina encontra-se na forma de
403 deoximioglobina, apresentando coloração vermelho-púrpura. Quando a carne é
404 exposta a atmosferas ricas em O₂, a deoximioglobina passa para o estado de
405 oximioglobina e desenvolve a coloração vermelho brilhante. Ao longo de uma
406 contínua exposição ao O₂, há oxidação da oximioglobina em metamioglobina, sendo
407 extremamente indesejável para a atratividade da carne (KENNEDY et al., 2004).

408 Os varejistas consideram a cor da carne um fator de importância primária na
409 aceitação pelos consumidores e por isso preferem a cor vermelho brilhante da
410 oximioglobina, preterindo a cor marrom da metamioglobina, associada pelos
411 consumidores a carnes estocadas por longos períodos (HUFFMAN; RILEY, 2007).

412

413 2.5 ATMOSFERA MODIFICADA

414

415 A vida útil dos alimentos perecíveis conservados em atmosfera normal é
416 limitada principalmente pelo efeito do oxigênio atmosférico e o crescimento de micro-
417 organismos aeróbios produtores de alterações, que provocam mudanças de odor,
418 sabor, cor e textura, conduzindo à perda da qualidade (PARRY, 1993; LEISTNER e
419 GORRIS, 1994; SARANTÓPOULOS et al., 1998; MANO et al., 2002).

420 O armazenamento refrigerado retarda esses efeitos, mas não promove um
421 incremento suficiente na vida útil do produto para a distribuição e exposição nos
422 locais de venda (PARRY, 1993). Ainda segundo Parry (1993), a modificação da
423 atmosfera prolonga significativamente a vida útil dos alimentos, quando comparados
424 somente à refrigeração (sem uso de ATM na embalagem), podendo chegar a um
425 aumento de três a quatro vezes. Além disso, atende à crescente demanda dos
426 consumidores por alimentos frescos e de boa qualidade, com maior vida útil, porém
427 sem conservantes e aditivos (SARANTÓPOULOS et al., 1998).

428 O termo atmosfera modificada (ATM) se refere ao acondicionamento no qual
429 a atmosfera ao redor do produto se altera gradualmente com o decorrer da
430 estocagem, devido à ação do produto e à permeabilidade da embalagem (YEN et
431 al., 1988). Esse tipo de embalagem permite trocar a composição do ar existente
432 dentro de um determinado recipiente (WARREN et al., 1992; PARRY, 1995), por
433 outra atmosfera especialmente preparada para cada tipo de alimento (RODRÍGUEZ,
434 1994). Ou seja, a atmosfera em torno do produto é substituída por outra no momento
435 do empacotamento, permitindo assim controlar as reações químicas, enzimáticas e
436 microbianas, evitando ou minimizando as principais degradações que são
437 produzidas durante o período de armazenamento (RODRÍGUEZ, 1994). O objetivo
438 principal da modificação da atmosfera é preservar o frescor do produto do primeiro
439 dia de processamento e estender o prazo de manutenção desse frescor e os
440 atributos de qualidade, por um período maior de vida de prateleira (GOMES, 1998).

441 As vantagens do uso dessa tecnologia são inúmeras: aumento da vida útil do
442 produto, possibilidade de comercialização de produtos de alta qualidade, redução de
443 perdas na distribuição, melhor apresentação do produto, maiores oportunidades
444 para o desenvolvimento e diferenciação de produtos, eliminação ou redução de
445 conservantes, possibilidades de maior margem de lucro (PARRY, 1993;
446 SARANTÓPOULOS et al., 1998).

447 2.6 TIPOS DE ATMOSFERAS MODIFICADAS UTILIZADAS EM EMBALAGENS DE 448 CARNES FRESCAS

449

450 O empacotamento a vácuo e as combinações de gases O₂, N₂, CO₂ e CO têm
451 sido os sistemas mais empregados para carnes. A proporção desses gases na
452 mistura varia conforme o tipo de produto cárneo, da temperatura de estocagem, das
453 propriedades de barreira e da relação entre o espaço livre da embalagem e o peso
454 do produto (JEREMIAH, 2001). Cada tipo de gás possui um papel específico na
455 conservação da cor e no aumento da vida de prateleira da carne. Porém,
456 independentemente da mistura de gases utilizada, em todos os sistemas de
457 embalagens em atmosferas modificadas deve-se observar alguns fatores que
458 influenciam na eficiência do sistema de conservação, como a permeabilidade do
459 material da embalagem ao O₂, ao CO₂ e ao vapor d'água; a transmissão de O₂, CO₂,
460 CO e vapor d'água pela região selada; a temperatura onde a embalagem será
461 armazenada; a área e a superfície do material da embalagem (TSIGARIDA e
462 NICHAS, 2001).

463 Os principais sistemas de atmosferas modificadas utilizados comercialmente
464 em carnes são: sistemas com alto teor de O₂, envase a vácuo, sistemas compostos
465 por misturas de CO₂ em altas concentrações, N₂ e, mais recentemente, CO
466 (LINARES et al., 2007; MACEDO et al., 2009).

467

468 **2.6.1 Atmosfera modificada com alto teor de O₂**

469

470 O oxigênio é um gás reativo e sua presença em mistura gasosa gera
471 controvérsias. Altas concentrações (70%) são usadas em embalagens com
472 atmosfera modificada para oxigenar o pigmento da carne (mioglobina), e manter a
473 coloração vermelha brilhante (oximioglobina) (ORDÓÑEZ, 1996;
474 SARANTÓPOULOS et al., 1998). O alto teor de O₂ também é um fator de
475 segurança, pois inibe o crescimento de muitos micro-organismos patogênicos
476 (anaeróbios estritos). Nas atmosferas ricas em O₂, existem dois fatores importantes
477 que limitam a vida de prateleira das carnes frescas que são: a cor e o crescimento
478 microbiano. A oxidação lipídica também tem importância na deterioração das carnes
479 nesse tipo de atmosfera e impacta no desenvolvimento de odor rançoso quando a
480 carne é cozida (LAUZURICA et al., 2005; ZAKRYS et al., 2009).

481 A descoloração da mioglobina em embalagens permeáveis ao O₂, ou na
482 presença de O₂, resulta da sua oxidação, que ocorre quando há redução da
483 concentração de O₂ e a carne permanece por longos períodos exposta a essa
484 condição, levando a formação de metamioglobina e perdendo a aparência de frescor
485 (KENNEDY et al., 2004). O consumo de oxigênio por bactérias aeróbias,
486 especialmente *Pseudomonas*, em atmosferas ricas em O₂ na superfície da carne,
487 leva à rápida oxidação da mioglobina devido à redução na pressão parcial de O₂ no
488 interior da embalagem (WILKINSON et al., 2006). Seu crescimento é limitado pela
489 disponibilidade de O₂ sendo que, este efeito é maior em temperaturas mais altas
490 (HINTLIAN e HOTCHKISS, 1986) e em concentrações de O₂ ao redor de 1% v/v
491 (ENFORS e MOLIN, 1980; SARANTÓPOULOS et al., 1998).

492 A principal vantagem do uso de atmosferas modificadas com alto teor de O₂,
493 em comparação às embalagens tradicionais, é a maior estabilidade da cor vermelha
494 das carnes, mantida por até 14 dias quando comparada à estabilidade de 4 a 7 dias
495 nas embalagens com filmes de PVC (JOHN et al., 2005).

496 Outra preocupação da embalagem com alto teor de O₂ é o possível
497 escurecimento precoce da carne durante o cozimento. Devido à baixa estabilidade
498 térmica da oximioglobina, a carne com essa forma de mioglobina, ao ser aquecida
499 em temperatura abaixo de 70 °C, apresenta coloração marrom, característica de
500 carne completamente cozida (HAGUE et al., 1994; KILLINGER, et al., 2000;
501 WARREN et al., 1996). O escurecimento precoce da carne é uma preocupação que
502 envolve inocuidade alimentar (LYON et al., 2000), porque o produto apresenta
503 aparência de bem cozido, mesmo não tendo alcançado a temperatura mínima para a
504 destruição da maioria dos micro-organismos deterioradores e patogênicos que
505 podem estar presentes (SEYFERT et al., 2004).

506

507 **2.6.2 Envase a vácuo (ausência de O₂)**

508

509 A embalagem a vácuo, empregada no acondicionamento de peças inteiras ou
510 pequenas porções, tem como objetivo proteger o produto cárneo do contato com o
511 oxigênio (SARANTÓPOULOS e SOLER, 1991). Esse sistema tem sido amplamente
512 utilizado para evitar os efeitos indesejáveis das atmosferas ricas em O₂ em carnes
513 frescas, entretanto, o sistema também apresenta algumas desvantagens. Na
514 ausência de O₂, a cor da carne mostra-se em tom roxo, resultante da formação de

515 deoximioglobina, porém o consumidor procura carnes que possuam a coloração
516 vermelha brilhante, pois indica o frescor do produto (JOHN et al., 2005; HUFFMAN e
517 RILLEY, 2007). O sistema a vácuo tem um custo acessível e é muito efetivo na
518 conservação de carnes, principalmente por inibir o crescimento microbiano aeróbio.
519 Porém as carnes embaladas nesse tipo de atmosfera apresentam como
520 desvantagem o fato de não apresentarem um aspecto de frescor aos consumidores
521 (JOHN et al., 2005; HUFFMAN e RILLEY, 2007).

522 Existe uma dificuldade em se retirar totalmente o O₂ das embalagens,
523 consequentemente, existe uma crescente preocupação com o crescimento ou
524 sobrevivência de micro-organismos psicrótróficos microaerófilos patogênicos em
525 carnes embaladas nesse sistema e mantidas sob refrigeração. Além disso, resíduos
526 de O₂ em embalagens a vácuo também podem resultar na formação de
527 metamioglobina na superfície da carne, com conseqüente desenvolvimento da
528 coloração marrom (JOHN et al., 2005).

529

530 **2.6.3 Atmosfera modificada com CO**

531

532 Em 2004, o *Food and Drug Administration* (FDA) classificou como GRAS
533 (substância reconhecida como segura) o uso de CO em concentração máxima de
534 0,4% em embalagens primárias de carne, nas quais a mistura de gases é insuflada
535 diretamente sobre o alimento no interior da embalagem (DE SANTOS et al., 2007;
536 LINARES et al., 2008).

537 A aplicação comercial do CO em carnes pode ser realizada de duas formas:
538 1) o CO pode ser utilizado como pré-tratamento ao envase a vácuo, mediante a
539 aspersão sobre a superfície da carne fresca, em concentrações que variam de 5% a
540 100%, para manter a atratividade da cor vermelha durante o acondicionamento a
541 vácuo (BREWER et al., 1994; JAYASINGH et al., 2001); 2) aplicado como
542 componente da mistura de gases que permanece em contato direto com a carne nos
543 sistemas de ATM (WILKINSON et al., 2006; CORNFORTH e HUNT, 2008).

544 Os objetivos do emprego do CO em embalagens com atmosferas modificadas
545 são manter a atratividade da carne e evitar o efeito degradativo causado por grandes
546 concentrações de O₂. A presença do CO em sistemas com baixo teor ou ausentes
547 de O₂ permite, além do aumento da vida útil, a prevenção de processos oxidativos

548 que resultam em alterações indesejáveis de sabor, aroma e escurecimento da carne
549 (HUFFMAN e RILLEY, 2007; MACEDO et al., 2009).

550 O efeito do CO sobre a cor da carne é resultante da formação de
551 carboximioglobina que é formada pela ligação da deoximioglobina com o CO,
552 produzindo cor vermelha brilhante na carne que é altamente atrativa (DE SANTOS
553 et al., 2007). Esse pigmento, além de possuir coloração vermelha muito parecida
554 com a coloração da oximioglobina, é mais estável em relação à mesma. Com o uso
555 do CO, a necessidade da presença de O₂ para manutenção da cor vermelha
556 brilhante de carnes é dispensada (HUFFMAN e RILEY, 2007).

557 Sorheim et al. (1999) afirmam que as diferenças em relação ao aumento da
558 vida de prateleira das carnes embaladas em ATM com baixas concentrações de CO
559 são determinadas pelo método de embalagem, pela temperatura de estocagem e
560 ainda pela carga microbiológica inicial da carne. A propriedade do CO em manter a
561 estabilidade da cor vermelha brilhante em carnes frescas possibilita que as mesmas
562 mantenham-se atrativas durante longos períodos de estocagem, reduzindo-se
563 perdas econômicas e perdas de produto (HUNT et al., 2007).

564 Uma das controvérsias com o uso do CO está na possibilidade de engano do
565 consumidor na aquisição de carnes aparentemente frescas devido à sua cor, porém,
566 em estado de deterioração. A forte estabilidade da ligação do CO com os pigmentos
567 da carne (mioglobina e hemoglobina do sangue residual) conferem a essa coloração
568 vermelha, mesmo após a contagem de bactérias deteriorantes atingir número
569 suficiente para sua condenação (WILKINSON et al., 2006). No entanto, a
570 deterioração bacteriana das carnes pode ser reduzida pelo uso de baixas
571 temperaturas durante seu período de estocagem. O controle rígido de temperatura
572 durante todo o ciclo de preparo, distribuição e comercialização do produto é um fator
573 decisivo para o sucesso da aplicação de embalagens com ATM (LINARES et al.,
574 2008). A carboximioglobina também apresenta alta estabilidade térmica em
575 comparação às demais formas da mioglobina. No que refere à temperatura
576 necessária para a desnaturação, as formas da mioglobina posicionam-se na
577 seguinte ordem crescente de estabilidade térmica:
578 metamioglobina<oximioglobina<desoximioglobina<carboximioglobina. Nesse
579 contexto, quando a mioglobina está na forma de carboximioglobina, a carne poderá
580 apresentar cor rósea persistente em seu interior mesmo após atingir a temperatura
581 mínima recomendada para cozimento (70 °C), devido à estabilidade térmica do

582 pigmento. Essa característica pode levar à desconfiança do consumidor de que a
583 carne não foi suficientemente cozida.

584 Outra controvérsia com o emprego do CO reside na alta toxicidade desse gás
585 quando inalado. Em concentrações de 2,5% de carboxihemoglobina no sangue, os
586 indivíduos com problemas cardiovasculares podem apresentar alterações na função
587 cardíaca. No entanto, em adultos saudáveis, nenhum efeito adverso foi descrito com
588 concentrações de até 5% de carboxihemoglobina ou da exposição de indivíduos a
589 atmosfera com CO em níveis inferiores a 35 ppm por 1 hora (CORNFORTH e HUNT,
590 2008). De acordo com Sorheim et al. (1997) e Linares et al. (2008), concentrações
591 de 0,5% de CO não representam nenhuma ameaça toxicológica para os
592 consumidores, pois níveis abaixo de 1% de CO resultam em quantidades
593 desprezíveis de carboxihemoglobina na corrente sanguínea.

594

595 **2.6.4 Atmosfera modificada com N₂**

596

597 O nitrogênio é um gás quimicamente inerte e normalmente está presente na
598 composição das misturas gasosas para conservação dos alimentos. Como não
599 interage diretamente com os micro-organismos, nem com o produto, sua função
600 principal é substituir gases ativos como gás carbônico e oxigênio (MAGALHÃES,
601 2006; ZAKRYS et al., 2009). Indiretamente ele afeta o crescimento de micro-
602 organismos aeróbios e a oxidação de gorduras e aromas, por substituir o oxigênio.
603 Devido à sua baixa solubilidade e menor permeabilidade através da embalagem (em
604 comparação ao CO₂ e O₂), o nitrogênio é também usado como gás de enchimento
605 para evitar o desenvolvimento de vácuo na embalagem quando outros gases não
606 inertes são consumidos do “espaço-livre”, por serem absorvidos e metabolizados
607 pelo produto e pelos micro-organismos (SARANTÓPOULOS et al., 1998).
608 Recomenda-se pelo menos 20% de nitrogênio nas misturas gasosas para minimizar
609 esse problema (SARANTÓPOULOS et al., 1998).

610

611 **2.6.5 Atmosfera modificada com CO₂**

612

613 O CO₂ exerce um forte efeito inibidor sobre o crescimento bacteriano. Sua
614 ação se intensifica em baixas temperaturas devido ao aumento de sua solubilidade
615 (179,9 mL/ 100 mL de água a 0° C) e, por isso, sua ação conservante é melhorada

616 em alimentos conservados pelo frio. Pode também ser utilizado no empacotamento
617 de atmosferas modificadas de diferentes produtos, dependendo da concentração
618 que for empregada (25% a 100 %). A absorção desse gás depende em grande parte
619 do grau de umidade e gordura dos produtos (MORAL, 1993).

620 Segundo Dixon e Kell (1989) e Ordoñez (1996), a ação desse gás sobre a
621 microbiota pode ser atribuída à alteração das funções da membrana celular,
622 incluindo efeitos na captura e absorção de nutrientes; inibição direta das enzimas ou
623 diminuição da velocidade das reações enzimáticas, como certas desidrogenases do
624 ciclo do ácido carboxílico; penetração na membrana bacteriana e consequente
625 alteração do pH intracelular, em virtude da formação de ácido carbônico, H_2CO_3 e
626 alteração nas propriedades físico-química das proteínas.

627 A concentração de CO_2 nas embalagens não afeta apenas os micro-
628 organismos, mas também pode causar modificações na cor e no sabor dos produtos
629 e favorecer a exsudação de carnes frescas e pescados, devido à alteração na
630 capacidade de retenção de água das proteínas pelo efeito de redução do pH que o
631 CO_2 exerce. Além disso, atmosferas com alta concentração de CO_2 podem acarretar
632 no colapso da embalagem, pois o CO_2 permeia o material da embalagem mais
633 rapidamente do que o O_2 e N_2 e dissolve-se na água e na gordura do alimento.
634 Assim, a concentração de CO_2 a ser escolhida é mais dependente do produto a ser
635 acondicionado e da embalagem, do que do efeito inibitório sobre os micro-
636 organismos, que pode ser atingido com altas concentrações de CO_2 (PARRY, 1993;
637 LEISTNER e GORRIS, 1994; SARANTÓPOULOS et al., 1998).

638 Mediante a seleção de níveis apropriados de CO_2 , é possível não apenas
639 retardar o crescimento total da microbiota contaminante, mas também alterar sua
640 composição, de maneira a se obter um retardo seletivo de micro-organismos com
641 alto potencial deteriorador e que crescem rapidamente, o que significa uma maior
642 vida útil para o alimento (LUÑO et al., 2000).

643 Segundo Parry (1995), as atmosferas contendo CO_2 são efetivas contra as
644 bactérias aeróbias gram-negativas de decomposição, como *Pseudomonas*, que
645 causam perda de cor e mau odor em carnes vermelhas, aves e pescados.

646 Embora o CO_2 apresente comprovados efeitos benéficos na preservação da
647 deterioração microbiana de carnes em concentrações de 10% a 20%, estudos
648 mostram que em concentrações maiores (acima de 30%) o CO_2 pode acelerar a
649 descoloração de carnes frescas devido ao seu efeito pró-oxidante (LAUZURICA et

650 al., 2005; MARTÍNEZ et al., 2005). Outra causa provável para a descoloração de
651 carnes verificada em atmosferas com alto teor de CO₂ é seu efeito na redução do pH
652 dos produtos, que controla a deterioração microbiana, porém promove a oxidação da
653 mioglobina e dos lipídeos (MARTÍNEZ et al., 2005).

654

655 2.6.5.1 Efeito do CO₂ sobre os micro-organismos

656

657 O efeito antimicrobiano do CO₂ ocorre em concentração igual ou acima de
658 10%, aumentando conforme se eleva sua concentração na embalagem. Usando a
659 concentração de 20% de CO₂, é possível controlar o crescimento de muitas
660 bactérias aeróbias como, por exemplo, *Pseudomonas* spp., *Acenatobacter* spp. e
661 *Moraxella* spp. Porém, altas concentrações de CO₂ podem estimular o crescimento
662 de *C. botulinum* (FLOROS e MATSOS, 2005).

663 Para Blakistone (1999), existem diversos mecanismos da ação do CO₂ sobre
664 os micro-organismos: 1) alteração da função da membrana celular; 2) inibição direta
665 de enzimas ou diminuição na taxa das reações enzimáticas; 3) penetração na
666 membrana celular, levando a alterações intracelulares de pH; 4) alterações diretas
667 nas propriedades físico-químicas das proteínas. Porém, segundo Jay (2005),
668 existem apenas duas explicações para o mecanismo de inibição do CO₂ sobre os
669 micro-organismos: 1) o CO₂ bloqueia o metabolismo e parece afetar a
670 descarboxilação enzimática e a permeabilidade da membrana celular; 2) o CO₂ se
671 dissolve na forma de ácido carbônico, que por sua vez vai ocasionar mudanças na
672 permeabilidade celular. Mas para Floros e Matsos (2005), existe outro mecanismo
673 de inibição do crescimento microbiano, além dos citados por Jay (2005). Eles dizem
674 que o CO₂ interfere nos processos enzimáticos bioquímicos dentro da célula
675 microbiana reduzindo a taxa de crescimento da bactéria. Provavelmente, é a
676 combinação desses mecanismos o responsável pelo efeito bacteriostático do CO₂
677 (BLAKISTONE, 1999).

678 A atividade inibitória do CO₂ é mais eficiente em baixas temperaturas de
679 armazenamento por causa da maior solubilidade do gás nessas condições. A
680 inibição microbiana também é mais eficaz quando o pH do alimento fica ácido (JAY,
681 2005). A efetividade do CO₂ depende também da duração da fase de crescimento do
682 micro-organismo presente no alimento. O CO₂ aumenta o tempo de duração da fase
683 de adaptação e reduz a taxa de crescimento durante a fase logarítmica. Entretanto,

684 o efeito sobre a fase de adaptação é maior e, portanto, à medida que a bactéria
685 passa da fase de adaptação para a fase logarítmica de crescimento, o efeito
686 inibitório do crescimento vai sendo reduzido (CHURCH e PARSONS, 1995). O efeito
687 bacteriostático do CO₂ na carne é influenciado pela concentração desse gás, pela
688 contagem microbiana inicial e pela temperatura de estocagem (MARTÍNEZ et al.,
689 2005).

690 Em geral, as bactérias Gram negativas são mais sensíveis à inibição pelo CO₂
691 do que as Gram positivas, sendo as pseudomonas classificadas como as mais
692 sensíveis, e os clostrídios, como os mais resistentes. Em carnes, durante o
693 armazenamento prolongado, o CO₂ provoca uma mudança considerável em sua
694 microbiota, variando de uma microbiota predominantemente formada por micro-
695 organismos Gram negativos, nos produtos frescos, para uma principalmente
696 formada por Gram positivos (JAY, 2005).

697 Fungos, leveduras e bactérias aeróbias estritas deteriorantes são altamente
698 suscetíveis ao CO₂. As bactérias anaeróbias facultativas podem ou não ser inibidas
699 pelo CO₂, por outro lado, as bactérias ácido-láticas e anaeróbias são altamente
700 resistentes (FINNE, 1982). Segundo Smith, (1990), algumas bactérias, como as da
701 espécie *Brochothrix thermosphacta*, podem tolerar níveis de CO₂ acima de 75%, e
702 outras, como as bactérias ácido-láticas, podem crescer em 100% de CO₂.

703 O Quadro 1 apresenta um resumo das vantagens e desvantagens de cada
704 gás utilizado em embalagens com atmosfera modificada.

705

706 **Quadro 1.** Resumo das vantagens e desvantagens de gases utilizados em embalagens com
 707 atmosfera modificada

Tipos de ATM	Vantagens	Desvantagens
Alto teor de O ₂	Mantém a coloração vermelha brilhante; Inibe o crescimento de muitos micro-organismos patogênicos	Favorece a oxidação lipídica com produção de odor de ranço (LAUZURICA et al., 2005; ZAKRYS et al., 2009)
Envase a vácuo	Evitar os efeitos indesejáveis das atmosferas ricas em O ₂ Inibe o crescimento microbiano aeróbio; Baixo custo	Deixa a carne com coloração roxa, não apresentando frescor aos alimentos (JOHN et al., 2005; HUFFMAN e RILLEY, 2007)
Com CO (conc. máx. 0,4%)	Mantém a atratividade da carne Previne os processos oxidativos Maior estabilidade da cor vermelha brilhante do que o O ₂	Carnes aparentemente frescas devido à sua cor, podem estar em estado de deterioração pelo numero micro-organismos
Com CO ₂	Efeito inibidor sobre o crescimento bacteriano (JEREMIAH, 2001; JAYAS e JEYAMKONDAN, 2002)	Pode causar alterações na cor e no sabor dos produtos Pode favorecer a exsudação de carnes frescas
Com N ₂	Gás quimicamente inerte Função principal é substituir gases ativos como CO ₂ e O ₂ Usado como gás de enchimento (MAGALHÃES, 2006; ZAKRYS et al., 2009)	

708 O₂ = oxigênio; CO₂ = dióxido de carbono; CO = monóxido de carbono; N₂ = nitrogênio

709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727

CAPITULO 3

3 EFEITO DA IDADE DE ABATE E DA ATMOSFERA DA EMBALAGEM SOBRE A QUALIDADE DE LOMBO OVINO CONSERVADO SOB REFRIGERAÇÃO

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes atmosferas modificadas e idades ao abate sobre a estabilidade físico-química, microbiana e sensorial da carne ovina refrigerada foi realizado um experimento com o corte de lombo (*Longissimus dorsi*) de 14 carcaças de ovinos com idade de 4 meses e 14 carcaças de ovinos com idade de 8 meses. Os lombos foram divididos em porções de aproximadamente 140 g que foram distribuídas nas seguintes combinações de gases: ATM 1: envase a vácuo (controle); ATM 2: 69,6% N₂/ 30% CO₂/ 0,4% CO; ATM 3: 70% O₂/ 30% CO₂, a partir dessas combinações, foram realizados 6 tratamentos com as diferentes ATM e idades ao abate (4 e 8 meses). Cada porção de lombo recebeu uma mistura de gases sendo armazenadas em embalagem plástica de alta barreira e estocadas sob refrigeração em câmara B.O.D. a 4°C por um período de 35 dias. Em intervalos de 7 dias, as amostras de cada tratamento foram retiradas da refrigeração para a realização das análises de determinação de pH, determinação objetiva da cor, perda de peso por exsudação, perda de peso por cozimento, oxidação lipídica, força de cisalhamento, contagem de aeróbios psicrotóxicos, de bactérias lácticas, de coliformes totais e de *Escherichia coli* e avaliação sensorial de cor e odor. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3. Os dados foram analisados utilizando os modelos lineares generalizados com o programa Statgraphics Anturion XV version 15.2.05, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (P≤0,05). A correlação entre os parâmetros foi realizada pela correlação de Pearson (P≤0,05). O alto teor de O₂ (70%) influenciou negativamente a cor da carne, provocando descoloração e menor valor de cor e odor sensorial em comparação aos demais tratamentos. A adição de CO na mistura de gases preservou a cor vermelha da carne, tornando mais atrativa em relação às demais atmosferas. Contudo, não determinou maior controle de crescimento microbiano em comparação ao vácuo e ao alto teor de O₂. A idade de abate influenciou a luminosidade e a cor amarela (b*) da carne ovina, apresentando-se maior nos animais mais jovens. A associação de maior idade de abate (8 meses) com atmosfera rica em O₂ (70%) mostrou-se altamente prejudicial à estabilidade oxidativa da carne ovina. Houve correlação significativa (P≤0,05) negativa entre a oxidação lipídica e os parâmetros de cor a* e C*, com a cor sensorial e o odor da carne, indicando que quanto maior o valor de oxidação lipídica menor a intensidade de cor vermelha, maior a descoloração e mais alterado o odor da carne. A oxidação lipídica também apresentou correlação positiva com Hue, mostrando que quanto maior a oxidação lipídica, maior a descoloração da carne (P≤0,05). Houve correlação negativa entre a luminosidade e a cor sensorial. A maior luminosidade na carne ovina resulta em menor nota de cor na avaliação sensorial. A cor sensorial apresentou correlação significativa positiva (P≤0,05) com os valores de a* e de C*, que indicam a saturação de cor vermelha na carne. Houve correlação significativa (P≤0,05) negativa entre a cor sensorial e os valores de Hue, onde maiores valores

775 estão relacionados à maior descoloração. Houve correlação significativa ($P \leq 0,05$)
776 negativa entre cor sensorial e a contagem de aeróbios psicotróficos, mostrando que
777 quanto maior a contagem de aeróbios psicotróficos menos vermelha é a coloração
778 da carne. Houve correlação significativa ($P \leq 0,05$) positiva entre a cor sensorial e o
779 odor, indicando que as alterações indesejáveis de cor no decorrer do período de
780 estocagem foram acompanhadas por alterações indesejáveis de odor. A ATM 3
781 (70% O_2) mostrou efeito negativo na vida de prateleira da carne ovina em
782 comparação aos demais tratamentos. O uso de vácuo (ATM 1) e da combinação de
783 CO_2 e CO (ATM 2) apresentaram eficiência semelhante na conservação da carne
784 ovina refrigerada, com vantagem para a atmosfera adicionada de CO pela
785 manutenção da cor vermelha brilhante da carne quando comparada ao envase a
786 vácuo.

787

788 **Palavras-chave:** Cordeiro. Carne. Atmosfera modificada. Crescimento microbiano.
789 Vida de prateleira.

790

791 **ABSTRACT**

792

793 The aim of this study was to evaluate the effect of different modified atmospheres
794 and slaughter ages on the physical and chemical stability, microbial and sensory
795 characteristics of lamb meat. *Longissimus dorsi* obtained from 14 carcasses of 4
796 months old lambs and 14 carcasses of 8 months old lambs were randomly divided in
797 portions (140 g) and subjected to different gas combinations (ATM 1: vacuum; ATM
798 2: 69.6% N₂ + 30% + CO₂ 0.4% CO, 3 ATM: 70% O₂ + 30% CO₂), performing six
799 treatments by combining 3 atmospheres and 2 slaughter ages. Loin portions were
800 stored under refrigeration at 4 °C for 35 days. At 7 days interval, samples of each
801 treatment were assessed for pH, instrumental color, drip loss, cooking loss, lipid
802 oxidation, Warner Bratzler shear force, count of aerobic psychrotrophic, lactic acid
803 bacteria, total coliform and *Escherichia coli*. Sensory evaluation of color and odor
804 was also performed. Data were analyzed using the General Linear Models (GLM)
805 with the program Statgraphics Anturion XV version 15.2.05, considering the fixed
806 effects age (Id) and atmosphere (ATM) and the interaction between them. In cases
807 where the interaction was not significant (P > 0.05), only the main effects of age and
808 atmosphere was considered. Means were compared by Tukey's test (P ≤ 0.05) and
809 significant correlation between parameters was determined by Pearson's correlation
810 (P ≤ 0.05). Interaction between ATM x Id was significant only for lipid oxidation. The
811 association of higher slaughter age (8 months) and high O₂ content (70%) in the
812 package promoted higher lipid oxidation of lamb meat. The atmosphere had a
813 significant effect on instrumental color and sensory evaluation of meat. The high
814 content of O₂ (70%) in atmosphere negatively affected meat color, causing
815 discoloration and lower score for sensory color and odor. The addition of CO in the
816 gas mixture preserved the red color of fresh lamb meat. The slaughter age had a
817 significant effect on the lightness (L*), yellowness (b*), drip loss and pH of lamb
818 meat. The meat from younger lamb (4 months) showed higher lightness, higher b*
819 values, higher pH and lower drip loss. The atmosphere and slaughter age showed no
820 influence on microbial growth in lamb meat. Lipid oxidation was negatively correlated
821 (P ≤ 0.05) with odor, sensory and instrumental color of meat, indicating that higher
822 value of lipid oxidation caused lower red color (a*, C*), greater discoloration (hue)
823 and off flavor. Higher aerobic psychrotrophic count caused lower score for color in
824 sensory evaluation (P ≤ 0.05). The high content of O₂ in the atmosphere showed
825 negative effect on the shelf life of lamb meat. The use of vacuum (ATM 1) and the
826 combination of CO₂ and CO (ATM 2) exhibited similar efficiency in preserving lamb
827 meat. The addition of CO in the mixture of gases maintained the red color of fresh
828 lamb meat.

829

830 Keywords: Lamb. Meat. Modified atmosphere. Microbial growth. Shelf life.

831

832 3.1 INTRODUÇÃO

833

834 A ovinocultura é uma atividade de significativa relevância para a agropecuária
835 mundial, constituindo-se como uma importante fonte geradora de emprego e renda,
836 quer seja para a agricultura familiar ou para o agronegócio (GALVÃO, 2004).

837 A produção de ovinos no Brasil teve crescimento de 3,4% de 2009 para 2010
838 (IBGE, 2010). Contudo, embora o ritmo da produção seja crescente, o consumo per
839 capita de carne ovina no Brasil ainda é pequeno, em torno de 700 g/habitante/ano se
840 comparado ao consumo médio mundial de 4,7 kg/habitante/ano (FAOSTAT, 2010).
841 A irregularidade de oferta, especialmente nos estados do Sul, devido à sazonalidade
842 reprodutiva dos ovinos é um dos fatores que contribuem para o baixo consumo de
843 carne ovina no Brasil. Esse fato faz com que a oferta de carne ovina nos estados do
844 Sul seja concentrada nos meses de novembro a março, havendo escassez do
845 produto durante o inverno e boa parte do outono e primavera (SEBRAE, 2005;
846 MIRANDA, 2006; RESENDE et al., 2008; EMBRAPA, 2010). A programação de
847 nascimentos para diferentes meses do ano ou abate de animais em diferentes
848 idades são formas de atender a demanda de carne ovina por um período maior de
849 tempo.

850 Tradicionalmente, o mercado brasileiro de carne ovina é abastecido por animais
851 abatidos com peso vivo entre 28 e 30 kg e com 4 a 6 meses de idade. Contudo, há
852 tendência em aumentar o peso de abate para 32 a 36 kg com aumento da idade de
853 abate do animal (BERRO, 2010).

854 A vida útil da carne ovina refrigerada geralmente não ultrapassa 10 dias, pois
855 a partir desse tempo tem início as primeiras evidências de deterioração
856 (LAUZURICA et al., 2005). Para atender à demanda, a maior parte da carne ovina
857 comercializada no Brasil é distribuída na forma congelada. Apesar desse método ser
858 eficiente para evitar a deterioração microbiana, ele não preserva todos os atributos
859 sensoriais da carne, como cor, maciez e suculência. Além disso, muitos
860 consumidores ainda associam a carne congelada à carne menos fresca e de menor
861 conveniência do que a carne comercializada em cortes refrigerados (LAUZURICA et
862 al., 2005; NISHI, 2008).

863 O uso de vácuo para a conservação da carne refrigerada é bastante difundido
864 em carne bovina, contudo ele se mostra menos eficiente para a conservação de
865 carne ovina, que possui um pH médio superior ao da carne bovina, tornando-a mais

866 sujeita a um desenvolvimento microbiano mais acelerado (KENNEDY et al., 2004).
867 Adicionalmente, o vácuo não possibilita a manutenção da coloração vermelha
868 brilhante da carne (JOHN et al., 2005; HUFFMAN e RILLEY, 2007).

869 Dessa forma, o uso de embalagens com atmosferas modificadas para a
870 preservação da carne ovina poderia ser uma alternativa ao congelamento para
871 aumentar a vida de prateleira da carne refrigerada com manutenção do aspecto de
872 carne fresca (PARRY, 1993; SARANTÓPOULOS et al., 1998; ZAKRYS et al., 2009),
873 além de possibilitar a oferta de produtos ovinos de maior conveniência no mercado
874 consumidor.

875 O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes atmosferas
876 modificadas e idades ao abate sobre a estabilidade físico-química, microbiana e
877 sensorial da carne ovina refrigerada.

878

879 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

880

881 Foram utilizados 28 cordeiros machos, não castrados, mestiços da raça Texel
882 e divididos em duas diferentes idades ao abate, 4 meses e 8 meses. O uso dos
883 animais neste estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA)
884 da PUCPR sob número de protocolo 552.

885 Os animais foram criados em sistema de terminação confinada e com
886 alimentação composta de silagem de milho, ração concentrada e sal mineral na
887 região de Castro, PR. O abate dos animais, com peso vivo médio de 38 e 45 kg para
888 os animais de 4 e 8 meses, respectivamente, foi realizado em frigorífico com Serviço
889 de Inspeção Federal (SIF) e após resfriamento das carcaças por 24 horas a 4 °C, o
890 corte de lombo (músculo *Longissimus dorsi*) foi removido entre a 13^a vértebra
891 torácica e a 1^a vértebra sacra (COLOMER-ROCHER et al., 1988).

892 Os lombos foram transportados sob refrigeração e em embalagem plástica
893 até o Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários (LTPA) da PUCPR,
894 onde foram divididos em porções com aproximadamente 140 g. O experimento foi
895 realizado em duas repetições, sendo cada repetição composta por 228 porções de
896 lombo. Em cada repetição foram utilizadas 36 porções de lombo por tratamento a
897 partir do tempo 7 dias de estocagem e 6 porções para as análises do tempo zero em
898 cada idade de abate. As misturas de gases utilizadas nas embalagens foram

899 definidas de acordo com Bórnez et al. (2010) e fornecidas pela empresa Air Liquide
900 do Brasil (São Paulo, Brasil):

- 901 • ATM 1: envase a vácuo (controle)
- 902 • ATM 2: 69,6% N₂ + 30% CO₂ + 0,4% CO
- 903 • ATM 3: 70% O₂ + 30% CO₂

904 A partir das atmosferas foi delineado um experimento fatorial com 2 idades de
905 abate (4 e 8 meses) e três atmosferas composto por 6 tratamentos distribuídos da
906 conforme a Tabela 1:

907

908 **Tabela 1.** Distribuição das ATM e Idades de abate entre os diferentes tratamentos aplicados à carne
909 ovina estocada sob refrigeração

Atmosfera	Idade 4 meses	Idade 8 meses
ATM 1	T1	T4
ATM 2	T2	T5
ATM 3	T3	T6

910 ATM = Atmosfera; T1 = Tratamento 1; T2 = Tratamento 2; T3 = Tratamento 3; T4 = Tratamento 4; T5
911 = Tratamento 5; T6 = Tratamento 6.

912

913 As amostras foram armazenadas em embalagens de EVOH (copolímero de
914 etileno e álcool vinílico) com permeabilidade de 4 cm³ O₂/ m² por dia a 1 atm e 23 °C
915 (RMB Máquinas e Embalagens, Curitiba, Brasil) utilizando uma embaladora digital
916 (Selovac 200B, São Paulo, Brasil), ajustada com os seguintes parâmetros: tempo de
917 vácuo de 22 segundos e tempo de solda térmica da embalagem de 3 segundos. Nas
918 amostras que receberam as combinações de gases, o tempo de injeção das
919 misturas de gás foi de 2 segundos com pressão de injeção de 2 ATM. Todas as
920 amostras foram estocadas sob refrigeração em câmara de incubação B.O.D.
921 (Fanem, 347 CD, São Paulo, Brasil) a 4 °C e analisadas para parâmetros físico-
922 químicos, sensoriais, contagem de coliformes totais e contagem de *Escherichia coli*
923 nos períodos de 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de estocagem. O crescimento de bactérias
924 aeróbias psicotróficas e de bactérias lácticas foi acompanhado durante os períodos
925 de 0, 2, 4, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de estocagem.

926 As porções de lombo foram analisadas conforme os métodos de
927 determinação descritos a seguir:

928

929 **3.2.1 Determinação de pH**

930

931 O pH foi medido em 10 diferentes pontos da amostra utilizando pHmetro
932 digital (Quimis, São Paulo, Brasil) dotado de eletrodo de penetração (AOAC, 2000).
933 O resultado foi obtido através da média dos 10 valores observados nas medições.

934

935 **3.2.2 Determinação da perda de peso por exsudação (PPE)**

936

937 A PPE foi realizada por gravimetria em balança analítica (Gehaka, AG 200,
938 SP, Brasil) e a perda de peso foi expressa em porcentagem em relação ao peso
939 inicial da porção, utilizando a seguinte equação (VERGARA et al., 2003):

940 $PPE \% = (SE \times 100) / (SE + PS)$; onde $SE = PI - (PS + PE)$

941 SE = suco exsudado

942 PI = peso da embalagem contendo a amostra antes da abertura

943 PS = peso da amostra seca em papel absorvente

944 PE = peso da embalagem vazia após lavagem e secagem

945

946 **3.2.3 Determinação da perda de peso pelo cozimento (PPC)**

947

948 A PPC foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Bórnez et al.
949 (2010) com algumas modificações. Após a retirada da embalagem nos períodos de
950 tempos determinados, cada amostra foi pesada, acondicionada em saco plástico
951 resistente ao calor e cozidas em banho-maria, até atingir temperatura interna de 70
952 °C/15 minutos. Após o cozimento, a amostra foi seca da com papel absorvente e
953 esfriada em temperatura ambiente para nova pesagem. A diferença de peso das
954 amostras antes e após a cocção foi verificada por gravimetria em balança analítica
955 (Gehaka, AG 200, SP, Brasil) e o resultado expresso em porcentagem em relação
956 ao peso inicial.

957

958 **3.2.4 Determinação de oxidação lipídica**

959

960 As substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foram avaliadas pelo
961 método descrito por Vyncke (1970), com a utilização de solução de ácido
962 tricloroacético 7,5% (TCA - Synth, Diadema, Brasil) e solução de ácido tiobarbitúrico

963 0,02 M (TBA – J.T. Baker, Inglaterra, UK). A leitura da absorvância foi realizada em
964 espectrofotômetro (Milton Roy, spectronic 21D, USA) a 538 nm e resultado expresso
965 em mg de malonaldeído malônico/ kg de amostra.

966 Os teores de malonaldeído malônico (mg/kg) nas amostras foram
967 determinados a partir do 14º dia de estocagem, pois a oxidação lipídica caracteriza-
968 se como um processo deteriorativo de médio a longo período de estocagem. Os
969 valores da curva padrão utilizados para o cálculo da oxidação lipídica estão descritos
970 na Tabela2:

971
972 **Tabela 2.** Valores da curva padrão para determinação da oxidação lipídica das amostras de lombo
973 ovino

Volume de TMP	Média da ABS
0,2	0,047
0,6	0,110
1	0,171
1,2	0,199
1,6	0,256
2	0,313

974 TMP = Tetrametoxipropano; ABS = Absorvância

975
976 Os valores de oxidação lipídica foram obtidos utilizando-se a seguinte
977 equação obtida a partir dos dados da curva padrão: $y = 91,91 x + 0,014$, com valor
978 de $R^2 = 0,996$.

979 980 **3.2.5 Determinação da força de cisalhamento**

981
982 A força de cisalhamento foi determinada nas amostras previamente cozidas
983 conforme procedimento descrito anteriormente (item 3.2.3) e porcionadas em
984 formato cilíndrico de 1,27 cm de diâmetro. As amostras foram cisalhadas em
985 texturômetro TAXT2i (Stable Micro Systems, Surrey, UK) equipado com lâmina
986 Warner Bratzler (KERTH et al., 1995; AMSA, 1995). A força de cisalhamento foi
987 tomada perpendicularmente à orientação das fibras musculares, com velocidade de
988 descida da lâmina de 1,5 mm/s e distância da base de 30 mm, utilizando-se 5
989 replicatas (LINARES et al., 2008).

990

991 **3.2.6 Determinação instrumental de cor**

992

993 A cor instrumental das amostras foi avaliada após um período de 30 minutos
994 da abertura das embalagens e exposição ao ar atmosférico, utilizando o método da -
995 American Society for Testing and Material - ASTM International (2001) com o auxílio
996 de um colorímetro portátil (Konica Minolta CR 410, Japan) e coordenadas de cor CIE
997 L^* , a^* , b^* . A medição foi realizada pela média de 5 disparos diretamente sobre a
998 superfície das amostras utilizando fonte de luz C, diâmetro de abertura de 50 a 53
999 mm e ângulo de observação de 2° .

1000 A partir dos resultados de a^* e b^* , foram calculados os valores de hue
1001 ($h = \text{ARCTAN}(b/a)$), que indica intensidade de descoloração da carne, e C^* (croma)
1002 ($c = \sqrt{a^2 + b^2}$), que indica saturação de cor vermelha.

1003

1004 **3.2.7 Avaliação sensorial**

1005

1006 A avaliação sensorial foi realizada por uma equipe composta de 12
1007 provadores treinados para uso de escala estruturada de cinco pontos para os
1008 atributos de cor e odor. As embalagens foram abertas e as amostras foram expostas
1009 por 30 minutos ao ar atmosférico para depois serem dispostas em expositor
1010 equipado com lâmpada de luz fluorescente (Philips, model TLD 32W), posicionada a
1011 distância de 30 cm das amostras. Na escala de cor, os valores corresponderam a 5 -
1012 vermelho brilhante, 4 - vermelho escuro; 3 - vermelho marrom; 2 - marrom
1013 acinzentado; 1 - acinzentado (SORHEIM et al., 2009). Na escala de odor, os valores
1014 corresponderam a 5 - odor característico da carne ovina fresca; 4 - odor levemente
1015 alterado; 3 - odor moderadamente alterado; 2 - odor intensamente alterado; 1 - odor
1016 pútrido (CAMO et al., 2008).

1017

1018 **3.2.8 Determinações microbiológicas**

1019

1020 A partir das amostras de lombo, foram coletados assepticamente 25 g para
1021 diluição e homogeneização em 225 mL de água peptonada a 0,1% (HIMEDIA,
1022 RM001, Mumbai, Índia) com o auxílio de homogeneizador asséptico (Stomacher
1023 (IUL Instruments, Barcelona, Espanha). Posteriormente, procedeu-se a diluição
1024 seriada de 1 mL das amostras em 9 mL de água peptonada estéril 0,1% seguida de

1025 semeadura em placas para as contagens microbiológicas. A contagem total de
1026 aeróbios psicrótrófos foi realizada em ágar PCA (*Plate Count Agar* - HIMEDIA,
1027 M091) com incubação a 17 °C por 16 horas, seguida de nova incubação a 4 °C por
1028 72 horas. As contagens de coliformes totais e de *Escherichia coli* foram realizadas
1029 em placas Petrifilm (3M, St Paul, USA) com incubação a 37 °C por 48 horas e a
1030 contagem de bactérias lácticas foi realizada em ágar MRS (de Man, Rogosa e Sharpe
1031 - HIMEDIA, M1163) com incubação a 37 °C por 48 horas. Todas as determinações
1032 foram realizadas em duplicata e de acordo com as metodologias recomendadas
1033 para produtos de origem animal pela legislação brasileira (BRASIL, 2003) e por Silva
1034 et al. (2010). Os resultados das contagens foram expressos log UFC/ g de amostra.

1035

1036 **3.2.9 Análise estatística**

1037

1038 O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial
1039 2³, com duas idades ao abate e três atmosferas. Os dados foram analisados
1040 utilizando os Modelos Lineares Generalizados com o programa Statgraphics
1041 Anturion XV version 15.2.05, considerando os efeitos fixos idade (Id) e atmosfera
1042 (ATM) e a respectiva interação entre eles segundo o modelo matemático
1043 $Y_{ijk} = \mu + I_i + A_j + I_i * A_j + e_{ijk}$. Onde:

1044 Y_{ijk} = valor observado;

1045 μ = média;

1046 I_i = efeito da idade de abate ($i = 1, 2$);

1047 A_j = efeito da atmosfera ($j = 1, 2, 3$);

1048 $I_i * A_j$ = efeito da interação idade e atmosfera;

1049 e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

1050 Nos casos em que a interação entre Id e ATM não foi significativa ($P > 0,05$),
1051 retirou-se a interação do modelo, que passou a incluir apenas os efeitos principais
1052 de idade e atmosfera. As médias obtidas para idade, atmosfera ou para as
1053 respectivas combinações Id x ATM foram comparadas pelo teste de Tukey
1054 (Diferença Mínima Significativa - DMS), utilizando-se nível de significância de 5%.

1055 O efeito do tempo de armazenamento sobre as variáveis de qualidade da
1056 carne ovina entre os tratamentos foi avaliado por ANOVA e as médias comparadas
1057 por teste de Tukey ($P \leq 0,05$). O tempo de vida de prateleira foi estimado em relação

1058 às contagens de bactérias psicotróficas e de bactérias lácticas por regressão não
1059 linear calculada pelo procedimento de Marquadt, utilizando o método de mínimos
1060 quadrados com o programa TableCurve 2D version 5.01.02. A significância de
1061 correlação entre as variáveis foi calculada pela correlação de Pearson ($P \leq 0,05$).

1062

1063 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1064

1065 Para os parâmetros avaliados na carne ovina refrigerada, verificou-se
1066 interação entre os efeitos idade de abate e atmosfera somente sobre a oxidação
1067 lipídica ($P \leq 0,05$). Para os demais parâmetros, a interação não foi significativa e os
1068 efeitos principais de idade e atmosfera foram avaliados individualmente.

1069

1070 3.3.1 Efeito sobre pH, perda de peso por exsudação, perda de peso por cocção 1071 e força de cisalhamento

1072

1073 A idade de abate mostrou efeito sobre o pH ($P \leq 0,05$), sendo que os animais
1074 abatidos com 4 meses de idade apresentaram maiores valores de pH em
1075 comparação aos animais abatidos aos 8 meses de idade (Tabela 3).

1076

1077 **Tabela 3.** Efeito da idade ao abate e da atmosfera de estocagem sobre os valores de pH, perda de
1078 peso por exsudação (PPE), perda de peso pelo cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) de
1079 carne ovina refrigerada durante 35 dias – média dos 35 dias de estocagem (média \pm EE)

Parâmetros	Idade ao abate		Atmosfera		
	4 meses	8 meses	ATM 1	ATM 2	ATM 3
pH	5,82 ^a \pm 0,03	5,72 ^b \pm 0,03	5,74 ^A \pm 0,04	5,77 ^A \pm 0,04	5,80 ^A \pm 0,04
PPE (%)	4,69 ^b \pm 0,29	5,55 ^a \pm 0,29	5,72 ^A \pm 0,36	4,87 ^A \pm 0,36	4,76 ^A \pm 0,36
PPC (%)	39,74 ^a \pm 1,81	35,84 ^a \pm 1,81	37,51 ^A \pm 2,30	36,50 ^A \pm 2,30	39,37 ^A \pm 2,30
FC (kgf)	2,72 ^a \pm 0,12	2,61 ^a \pm 0,12	2,56 ^A \pm 0,14	2,75 ^A \pm 0,14	2,68 ^A \pm 0,14

1080 Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($P \leq 0,05$). Letras
1081 maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($P \leq 0,05$). ATM 1: envase a
1082 vácuo; ATM 2: 69,6% N₂ + 30% CO₂ + 0,4% CO; ATM 3: 70% O₂ + 30% CO₂. EE = erro padrão

1083

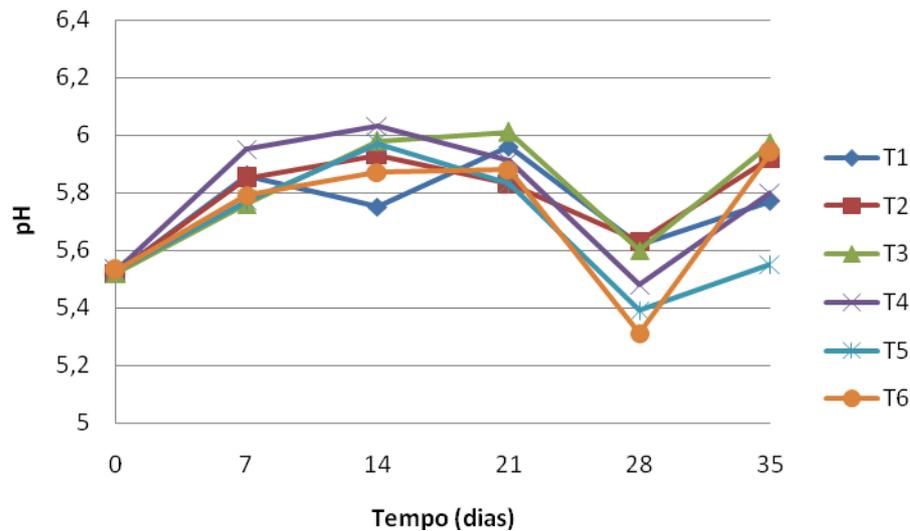
1084 O efeito da idade de abate sobre o pH da carne ovina foi relatado por Devine
1085 et al. (1993), Bueno et al., (2000), McGeehin et al. (2001), Sañudo (2004) e Rota
1086 (2005). Esses autores relatam que o pH final da carne ovina tende a apresentar
1087 menores valores com o aumento da idade do animal. O pH final da carne depende

1088 da velocidade de degradação do glicogênio presente no músculo pré-abate, que
1089 está relacionada com o tipo de fibra muscular. CERVIERI et al. (2005) relatam que
1090 com o aumento da idade e do peso dos animais há aumento no número de fibras
1091 brancas, embora as taxas de incremento não sejam idênticas em todos os músculos.
1092 As fibras brancas ou FG (glicolíticas), apresentam maior área, contração rápida e
1093 metabolismo anaeróbio, por isso, promovem maior redução de pH *post mortem* em
1094 relação às fibras vermelhas ou SO (oxidativas), que apresentam pequena área,
1095 contração lenta e metabolismo aeróbio (PETER et al., 1972).

1096 O pH normal da carne ovina após o abate está entre 5,5 a 5,8 (PARDI, 2001).
1097 Considerando o pH inicial (pH_{24h}; tempo 0 do experimento) de 5,62 para a carne dos
1098 animais de 4 meses e de 5,57 para os animais de 8 meses, este parâmetro mostrou-
1099 se dentro do valor normal e semelhante aos valores pH_{24h} relatados por Zapata et al.
1100 (2000) para carne de cordeiros mestiços das raças Somalis Brasileira, Crioula e
1101 Santa Inês abatidos com 5 meses, para a qual observaram valores entre 5,62 e 5,65
1102 para amostras de lombo ovino. Devine et al. (1993) encontraram valor médio de pH
1103 de 5,50 em carne de ovinos da raça Romney com 7 meses de idade e Sañudo et al.
1104 (1997) verificaram valores de pH entre 5,65 e 5,76 em lombo de cordeiros de raças
1105 nativas espanholas com 1 mês de idade.

1106 Após 35 dias de estocagem, os valores de pH da carne ovina variaram de
1107 5,70 (T1 e T2) a 6,06 (T3) e estiveram abaixo do valor 6,2 considerado limite para
1108 consumo da carne fresca (BRASIL, 1981). Portanto, as amostras demonstraram um
1109 ligeiro aumento de pH em todos os tratamentos ao longo da estocagem, decorrente
1110 do processo natural de autólise e maturação, porém sem ultrapassar o valor limite
1111 para consumo (Figura 3). Kim et al. (2012a) também observaram ligeiro aumento de
1112 pH da carne de ovinos abatidos aos 3 e aos 10 meses de idade com aumento do
1113 valor médio de 5,68 para 5,81 ao longo de 8 semanas de estocagem a vácuo sob
1114 refrigeração.

1115



1116

1117 **Figura 3.** Variação nos valores médios de pH em carne ovina dos diferentes tratamentos (atmosfera x
 1118 idade de abate) durante 35 dias de estocagem sob refrigeração (4 °C). T1: 4 meses x envase a
 1119 vácuo; T2: 4 meses x 69,6% N₂/30% CO₂/ 0,4% CO; T3: 4 meses x 70% O₂/ 30% CO₂; T4: 8 meses x
 1120 envase a vácuo; T5: 8 meses x 69,6% N₂/ 30% CO₂/ 0,4% CO; T6: 8 meses x 70% O₂/ 30% CO₂.

1121

1122 Alguns autores relatam que o CO₂ reduz o pH da carne, pois quando se
 1123 solubiliza na água forma ácido carbônico (MARTÍNEZ et al., 2005; KARABAGIAS et
 1124 al., 2011). Contudo, o tipo de atmosfera usada não apresentou efeito significativo
 1125 sobre o pH da carne ovina (P>0,05). Linares et al. (2008) e Bórnez et al. (2010)
 1126 também não observaram efeito de diferentes atmosferas que continham O₂, CO₂ ou
 1127 CO (69,3% N₂ + 30% CO₂ + 0,7% CO; 70% O₂ + 30% CO₂) sobre o pH de lombo de
 1128 cordeiros da raça Manchega avaliados na Espanha.

1129

1130 Os valores médios de pH para as atmosferas ATM 1, ATM 2 e ATM 3 (Tabela
 1131 3) estiveram dentro da faixa de valores encontrados por outros autores para carne
 1132 de cordeiro mantida em atmosfera modificada sob refrigeração. Linares et al. (2008)
 1133 relatam valores de pH entre 5,5 a 5,6 para lombo de cordeiro mantido em atmosfera
 1134 modificada durante 21 dias; Soldatou et al. (2009) relatam valores entre 5,9 e 6,3 em
 1135 atmosfera modificada por 13 dias, enquanto Vergara e Gallego (2001) citam valores
 1136 entre 5,5 a 5,8 para lombo de cordeiro da raça Manchega estocada em atmosfera
 1137 modificada por 17 dias.

1137

1138 A idade de abate também mostrou efeito sobre a perda de peso por
 1139 exsudação (PPE) da carne, com valores de 4,69%±0,29 para animais abatidos com
 1140 4 meses e 5,55%±0,29 para animais abatidos com 8 meses de idades (P≤0,05)
 1141 como mostra a Tabela 3. O menor valor de pH da carne dos animais abatidos aos 8

1141 meses de idade pode ter influenciado na maior PPE ($P \leq 0,05$) das amostras dessa
1142 idade de abate ao longo do período de estocagem (Tabela 3).

1143 A exsudação da carne é diretamente influenciada pelo valor de pH, visto que
1144 o pH desempenha um importante papel na capacidade de retenção de água da
1145 carne pela proximidade ou afastamento do ponto isoelétrico das proteínas
1146 miofibrilares (GOU et al., 2002). Valores de pH mais próximos ao ponto isoelétrico,
1147 5,3 a 5,5, favorecem a perda de água da carne.

1148 Os valores de PPE encontrados neste trabalho foram superiores aos
1149 encontrados por Kim et al. (2012a), de 1,6% e 1,5% para carne de ovinos abatidos
1150 aos 4 e aos 11 meses, respectivamente e mantidas a vácuo sob refrigeração
1151 durante 8 semanas. Linares e Vergara (2012) também relatam menores valores de
1152 PPE em carne de cordeiros abatidos aos 70 dias cujos valores variaram de 2,2% a
1153 3,1% após 21 dias de estocagem sob refrigeração em atmosfera modificada. Essas
1154 diferenças na PPE podem estar relacionadas às diferentes técnicas usadas pelos
1155 autores para determinar esse parâmetro (Linares et al., 2008).

1156 Alguns autores relatam que carnes embaladas a vácuo tendem a apresentar
1157 maior PPE devido à pressão exercida pela embalagem sobre o produto e que
1158 atmosferas contendo CO_2 foram relacionadas ao aumento da exsudação da carne
1159 pela redução do pH (GILL, 1986; SEMAN et al., 1989), contudo, assim como
1160 observado por Bórnez et al. (2010), as atmosferas usadas no presente trabalho não
1161 mostraram efeito significativo sobre a PPE de lombo ovino.

1162 Para a perda de peso pelo cozimento (PPC) da carne ovina, não foi
1163 observado efeito significativo da atmosfera ou idade de abate ($P > 0,05$). As
1164 informações sobre a influência do peso ou da idade de abate sobre a capacidade de
1165 retenção de água da carne são contraditórias. Alguns autores relatam que carcaças
1166 mais pesadas estão relacionadas à menor capacidade de retenção de água
1167 (VELASCO, 2000), enquanto outros relatam o contrário (AZIA et al., 1993) ou que
1168 esse parâmetro não é afetado pelo peso ou idade dos animais (SOLOMON et al.,
1169 1980).

1170 Em concordância com os resultados encontrados no presente trabalho,
1171 Linares e Vergara (2012) também não observaram efeito significativo de atmosfera
1172 rica em O_2 (70% O_2 + 30% CO_2) e atmosfera contendo CO (69,3% N_2 + 30% CO_2 +
1173 0,7% CO) sobre o pH, a PPC e a PPE de carne de cordeiros abatidos aos 70 dias de
1174 idade.

1175 Os valores de PPC da carne ovina avaliada neste estudo (35,84% a 39,74%)
1176 foram semelhantes aos obtidos por Shackelford et al. (1997) (36,30% a 38,0%),
1177 porém superiores aos encontrados por Kemp et al. (1992), que observaram valores
1178 de 31,40%; por Velasco et al. (2000), com valores de 28,12% a 29,15%; por Zapata
1179 et al. (2000), com 21,45% a 23,90%, para animais abatidos com 5 meses de idade,
1180 por Osorio et al. (2008), com 22,45 a 22,79%; por Fernandes et al. (2012) com
1181 24,33%, para animais abatidos com 30 dias de idade de PPC em lombo ovino
1182 estocado a vácuo sob refrigeração por 28 dias e por Kim et al. (2012a), com 24% de
1183 PPC para carne de ovinos abatidos aos 3 meses e 25,8% para ovinos abatidos aos
1184 10 meses de idade.

1185 Os maiores valores de PPE e PPC encontrados neste estudo em relação aos
1186 demais autores podem estar relacionados ao teor de água livre da carne. De acordo
1187 com Prata (1999), a carne ovina apresenta cerca de 75% de umidade, sendo sua
1188 maior parte constituída por água livre (85%) e pequeno teor de água ligada. Quanto
1189 maior o teor de água livre na carne, menor a capacidade de retenção de água do
1190 tecido muscular (DABÉZ, 2001). Além disso, altos valores de PPC podem estar
1191 associados à atividade proteolítica causada tanto pelas endopeptidases da própria
1192 carne quanto por enzimas microbianas durante a estocagem, visto que as bactérias
1193 aeróbias psicrótróficas atingiram contagens na ordem de 7 log UFC/g em tempo
1194 médio de 10,78 dias de estocagem nos tratamentos. A proteólise promove baixa
1195 retenção de água, levando a progressiva perda de peso durante o período de
1196 estocagem (NISHI, 2008).

1197 Não houve efeito significativo da ATM e da idade de abate para a força de
1198 cisalhamento (Tabela 3). Esses resultados estão em concordância com os obtidos
1199 por Linares et al. (2008), que não observaram efeito de diferentes atmosferas (70%
1200 O₂ + 30% CO₂; 69,3% N₂ + 30% CO₂ + 0,7% CO; 40% CO₂ + 60% N₂) sobre a força
1201 de cisalhamento de lombo de cordeiros e por Kim et al. (2012a), que não constaram
1202 efeito significativo da idade de abate sobre a força de cisalhamento da carne de
1203 ovinos abatidos aos 3 e aos 10 meses de idade, mantida a vácuo sob refrigeração
1204 por 8 semanas.

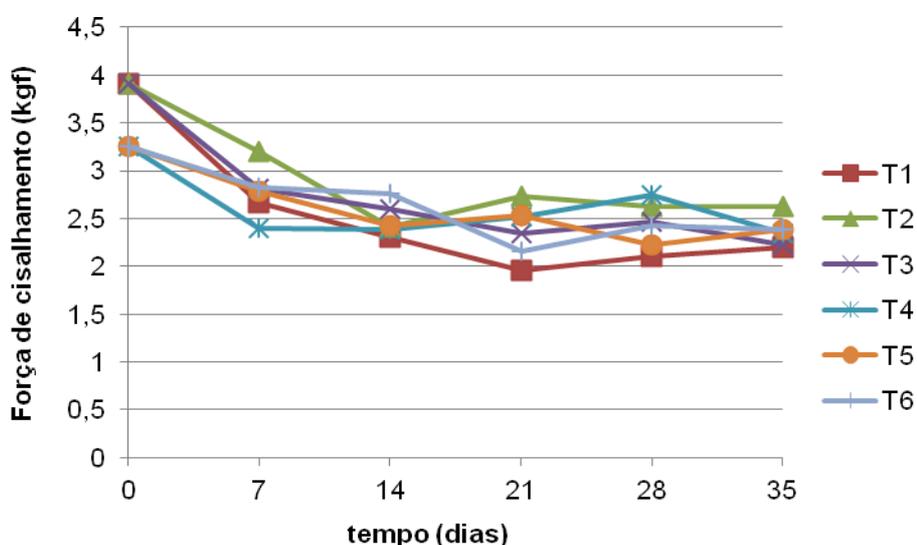
1205 Geralmente, a maciez da carne diminui com o avanço da idade do animal
1206 devido ao aumento de ligações cruzadas entre as moléculas de colágeno e redução
1207 de sua solubilidade (PRÄNDL et al., 1994). Contudo, esse efeito não foi observado
1208 no presente estudo, o que pode ser devido à pequena diferença de idade (4 meses)

1209 entre os grupos de animais, a qual pode não ter sido suficiente para causar
1210 diferença no conteúdo de colágeno entre os dois grupos.

1211 Alguns autores relataram o aumento da força de cisalhamento em carne de
1212 diversas espécies animais embaladas em atmosferas com alto teor de O₂ (LUND et
1213 al., 2007; ZAKRYS et al., 2008; KIM et al., 2010; LINARES e VERGARA, 2012) e
1214 relacionaram este efeito à oxidação de lipídeos, da mioglobina e à formação de
1215 ligações cruzadas/ agregação da miosina. Além disso, o aumento da concentração
1216 de O₂ na carne também poderia inibir a ação de calpaínas, que influenciam
1217 diretamente a maciez da carne (GUTTMANN et al., 1997). Porém este efeito não foi
1218 observado na carne ovina exposta à atmosfera contendo 70% de O₂ no presente
1219 trabalho.

1220 Contudo, em todos os tratamentos deste estudo verificou-se redução dos
1221 valores de força de cisalhamento ao longo de 35 dias de estocagem ($P \leq 0,05$)
1222 (Figura 4), a qual pode ser atribuída à ação extensiva de enzimas proteolíticas sobre
1223 as miofibrilas da carne durante a maturação prolongada (KIM et al., 2012a).

1224



1225

1226 **Figura 4.** Variação nos valores médios de força de cisalhamento (kgf) em carne ovina dos diferentes
1227 tratamentos (atmosfera x idade de abate) durante 35 dias de estocagem sob refrigeração (4 °C). T1: 4
1228 meses x envase a vácuo; T2: 4 meses x 69,6% N₂/30% CO₂/ 0,4% CO; T3: 4 meses x 70% O₂/ 30%
1229 CO₂; T4: 8 meses x envase a vácuo; T5: 8 meses x 69,6% N₂/ 30% CO₂/ 0,4% CO; T6: 8 meses x
1230 70% O₂/ 30% CO₂.

1231

1232 Os valores médios da força de cisalhamento encontrados para o lombo dos
1233 animais de 4 meses, 2,72 kgf e de 8 meses, 2,61 kgf, após 35 dias de estocagem

1234 foram inferiores aos valores de 3,4 kgf e de 3,1 kgf encontrados por Kim et al.
1235 (2012a) para lombo de ovinos com 3 e 10 meses de idade, respectivamente,
1236 estocado por 8 semanas e por Fernandes et al. (2008) com valor médio de 3,23 kgf
1237 em lombo ovino estocado a vácuo por 28 dias.

1238 Osorio et al. (2008) obtiveram valor médio de 4,48 kgf para a carne de ovinos
1239 com 25 e 35 dias de idade, Babiker et al. (1990) obtiveram valor médio de 3,6 kgf e
1240 Zapata et al. (2000) verificaram força de cisalhamento de 4,46 a 4,85 kgf em carne
1241 ovina.

1242 Shackelford et al. (1991) classificaram a maciez da carne em 4 grupos: 1)
1243 muito macia ($\leq 3,2$ kgf), macia (3,2 a 3,9 kgf), intermediário (3,9 a 4,6 kgf) e dura ($>$
1244 4,6 kgf). Segundo esse critério de classificação, a carne dos animais de ambas as
1245 idades e sob as diferentes atmosferas avaliadas neste estudo pode ser considerada
1246 muito macia.

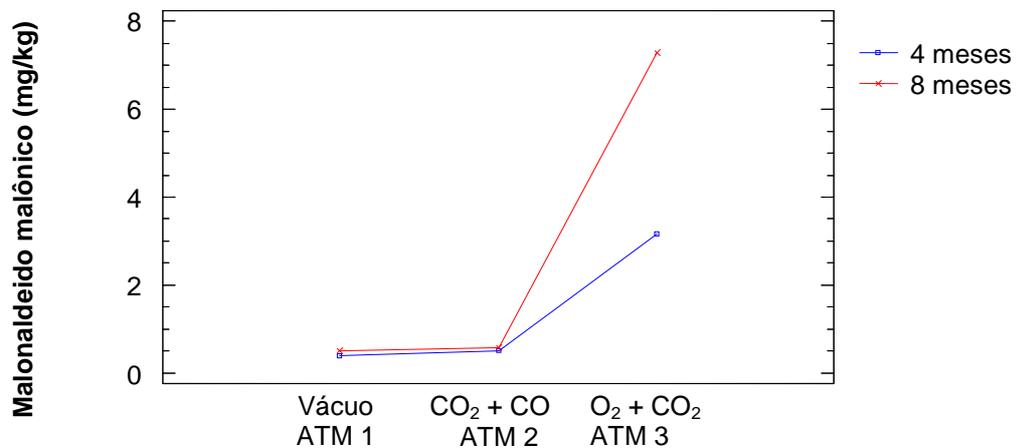
1247

1248 **3.3.2 Efeito sobre oxidação lipídica**

1249

1250 A oxidação dos lipídios é uma das principais causas da alteração do odor e da
1251 diminuição da vida útil das carnes (WICK et al., 2001). A gordura ovina possui maior
1252 proporção ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) x ácidos graxos saturados (SFA)
1253 quando comparada à carne bovina e suína (LINARES et al., 2007; KARABAGIAS et
1254 al., 2011) e por isso, é mais suscetível à oxidação.

1255 A idade de abate dos animais e a atmosfera utilizada nas embalagens
1256 mostraram efeito de interação sobre a oxidação lipídica da carne ovina ($P \leq 0,05$).
1257 Observou-se que o aumento da idade de abate e a presença de O_2 na composição
1258 de gases da atmosfera promoveram maior oxidação lipídica da carne (Figura 5). O
1259 tratamento correspondente à associação Idade 8 meses X ATM 3, com presença de
1260 O_2 , apresentou teor médio de malonaldeído malônico de 7,29 mg/ kg, enquanto que
1261 a mesma atmosfera associada à carne dos animais de 4 meses apresentou teor de
1262 3,16 mg/ kg.



1263
1264
1265
1266
1267

1268 **Figura 5.** Interação da idade de abate e tipo de atmosfera sobre a oxidação lipídica da carne ovina
1269 refrigerada durante 35 dias de estocagem (mg de malonaldeído malônico/ kg). ATM 1: envase a
1270 vácuo; ATM 2: 69,6% N₂ + 30% CO₂ + 0,4% CO; ATM 3: 70% O₂ + 30% CO₂.

1271

1272 Kim et al. (2012b) também observaram interação significativa entre atmosfera
1273 com alto teor de oxigênio e idade de abate sobre a oxidação lipídica de carne ovina.
1274 Esses autores verificaram que a oxidação lipídica em lombo ovino mantido em
1275 atmosfera rica em O₂ foi maior para os animais abatidos aos 10 meses de idade em
1276 comparação aos abatidos aos 3 meses. Os resultados obtidos no presente trabalho
1277 indicam que a estabilidade oxidativa varia conforme a idade do animal. Xiong et al.
1278 (2007) constataram aumento da oxidação lipídica com o aumento da idade do
1279 animal, havendo redução na estabilidade oxidativa da carne com o avançar da
1280 idade. A maior oxidação lipídica na carne dos animais mais velhos também pode
1281 estar relacionada com o maior peso de abate desses animais, que tem influência na
1282 composição da gordura intramuscular da carne ovina, que se torna mais insaturada
1283 com o aumento do peso de abate dos animais (Linares et al., 2007).

1284 Linares et al. (2007) observaram que a alta concentração de oxigênio na
1285 atmosfera (70% O₂) favoreceu a oxidação lipídica e que a adição de baixa
1286 concentração de CO (0,7%) resultou em menor oxidação da carne ovina pela
1287 formação de pigmento estável, a carboximioglobina. Guidera et al. (1997) e Kennedy
1288 et al. (2004) relatam que a maior estabilidade de cor da mioglobina está relacionada
1289 à menor oxidação lipídica em carne ovina. No presente trabalho, as carnes

1290 embaladas com adição de CO (ATM 2) e a vácuo (ATM 1) apresentaram teor de
1291 malonaldeído malônico inferior ($P \leq 0,05$) ao da carne embalada em alta
1292 concentração de O₂ (70% O₂).

1293 Segundo Watts (1962) e Camo et al. (2008) a concentração de 2,0 mg/ kg de
1294 malonaldeído malônico é considerada limite para ser perceptível no odor e sabor da
1295 carne ovina ou causar danos à saúde dos consumidores. Para Insausti et al. (2001)
1296 a concentração de malonaldeído malônico em carnes deve ser superior a 5 mg/ kg
1297 para ser perceptível ao olfato humano. Considerando o valor de 2 mg/ kg como limite
1298 máximo para a concentração de malonaldeído malônico em carne, os tratamentos
1299 que receberam as ATM1 e ATM2 em ambas as idades de abate apresentaram
1300 oxidação lipídica em nível aceitável após 35 dias de estocagem com valores médios
1301 de 0,44 e 0,54 mg/ kg, respectivamente. Por sua vez, as amostras embaladas em
1302 alta concentração de O₂ atingiram valor superior a 2 mg/kg de malonaldeído
1303 malônico após 14 dias de estocagem.

1304 Linares e Vergara (2012) observaram nível de oxidação lipídica em lombo
1305 ovino estocado por 21 dias em atmosfera rica em O₂ (70%) três vezes superior à
1306 oxidação observada em lombo estocado sob as mesmas condições em atmosfera
1307 contendo CO (0,7%).

1308

1309 **3.3.3 Efeito sobre cor instrumental e características sensoriais**

1310

1311 Para os parâmetros de cor instrumental, não foi verificado efeito significativo
1312 da interação entre os fatores ATM X Id, porém houve efeito individual ($P \leq 0,05$) da Id
1313 sobre L* e b* e da ATM sobre a*, C* e hue (Tabela 4).

1314

1315

1316 **Tabela 4.** Efeito da idade ao abate e atmosfera de armazenamento sobre os parâmetros de cor
 1317 instrumental de carne ovina refrigerada após 35 dias de estocagem – média dos 35 dias de
 1318 estocagem (média±EE)

Parâmetros	Idade ao abate		Atmosfera		
	4 meses	8 meses	ATM 1	ATM 2	ATM 3
L*	47,29 ^a ± 0,39	45,01 ^b ± 0,39	46,12 ^A ± 0,59	46,27 ^A ± 0,59	46,06 ^A ± 0,59
a*	21,47 ^a ± 0,71	20,12 ^a ± 0,71	20,80 ^B ± 0,54	23,63 ^A ± 0,54	17,95 ^C ± 0,54
b*	11,02 ^a ± 0,27	10,24 ^b ± 0,27	10,35 ^A ± 0,34	10,85 ^A ± 0,34	10,70 ^A ± 0,34
Hue	27,33 ^a ± 0,98	27,40 ^a ± 0,98	26,41 ^B ± 0,92	24,68 ^B ± 0,92	31,02 ^A ± 0,92
C*	24,15 ^a ± 0,66	22,66 ^a ± 0,66	23,25 ^B ± 0,58	26,01 ^A ± 0,58	20,96 ^C ± 0,58

1319 Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (P≤0,05). Letras
 1320 maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (P≤0,05). ATM 1: envase a
 1321 vácuo; ATM 2: 69,6% N₂ + 30% CO₂ + 0,4% CO; ATM 3: 70% O₂ + 30% CO₂. EE = erro padrão

1322
 1323 A cor é um importante critério pelo qual o consumidor julga a qualidade da
 1324 carne e que pode ser influenciada pela dieta oferecida ao animal (SAÑUDO et al.,
 1325 1996). De acordo com Miltenburg et al. (1992), quanto maiores os valores de L*,
 1326 mais pálida é a carne, e maiores valores de a* e b* indicam maior intensidade das
 1327 cores vermelha e amarela, respectivamente. A luminosidade da carne está
 1328 relacionada com a capacidade de retenção de água e com o pH. A menor
 1329 capacidade de retenção de água resulta na exsudação e aumento da luminosidade
 1330 superficial da carne (PARDI, 2001). Porém, essa relação não foi observada no
 1331 presente estudo. Apesar de ter apresentado maior valor de pH e menor PPE, a
 1332 luminosidade da carne (L*) foi maior para os animais abatidos aos 4 meses de idade
 1333 do que para os abatidos aos 8 meses (P≤0,05). Kim et al. (2012a) também
 1334 observaram maior valor de L* em carne de ovinos com 3 meses de idades em
 1335 comparação a ovinos com 10 meses. A menor concentração de mioglobina na carne
 1336 dos animais mais jovens poderia justificar esse efeito.

1337 Os valores de L* encontrados foram semelhantes aos de Osorio et al. (2008),
 1338 que variaram de 46,65 a 48,48 para carne de cordeiros abatidos aos 30 dias de
 1339 idade e foram superiores aos relatados por Zapata et al. (2000), 36,67 a 37,70, para
 1340 carne de cordeiros abatidos com 5 meses de idade; por Fernandes et al. (2008),
 1341 36,52, para carne ovina mantida sob vácuo por 28 dias e por Kim et al. (2012a) para
 1342 carne de cordeiros abatidos aos 10 meses de idade, 35 a 36,7, após período de 8
 1343 semanas sob refrigeração.

1344 Os ovinos abatidos com 4 meses (11,02) obtiveram maiores valores de b^*
1345 quando comparado com os ovinos abatidos com 8 meses (10,24) (Tabela 4). Esses
1346 valores foram superiores aos encontrados por Sañudo et al. (1996) em carne ovina
1347 espanhola (5,90 e 6,86) de animais abatidos com 1 mês de idade. Assim como a
1348 luminosidade, os valores de b^* também se mostraram maiores na carne dos ovinos
1349 com 4 meses de idade ($P \leq 0,05$), que podem estar relacionado ao menor teor de
1350 mioglobina, tornando o lombo desses animais com cor mais clara e mais amarelada
1351 do que o dos animais com 8 meses.

1352 A ATM mostrou efeito significativo sobre a intensidade de cor vermelha (a^*),
1353 C^* e hue ($P \leq 0,05$). Para essas coordenadas, verificou-se que a inclusão de CO
1354 (ATM 2) na combinação de gases proporcionou maior valor de a^* e C^* e menor valor
1355 de hue à carne ovina ($P \leq 0,05$) (Tabela 4). Por sua vez, as amostras sob atmosfera
1356 com alto teor de O_2 (ATM 3) mostraram o menor valor de a^* e de C^* e maior valor de
1357 hue e as embaladas sob vácuo apresentaram valores intermediários em relação às
1358 demais atmosferas.

1359 Linares e Vergara (2012) também verificaram efeito da atmosfera sobre a^* , C^*
1360 e hue em carne ovina, na qual a atmosfera com alto teor de O_2 apresentou o maior
1361 valor de hue e menor valor de a^* e C^* e a atmosfera contendo baixa concentração
1362 de CO apresentou o menor valor de hue e maior valor de a^* e C^* .

1363 A inclusão de CO na mistura de gases manteve a cor vermelha da carne mais
1364 estável durante o período de estocagem devido à formação de carboximioglobina
1365 pela ligação da deoximioglobina com o CO, produzindo cor vermelha brilhante na
1366 carne, que é altamente atrativa (DE SANTOS et al., 2007). Esse pigmento possui
1367 coloração vermelha brilhante muito semelhante à da oximioglobina, porém com
1368 maior estabilidade. O CO é considerado um inibidor de citocromo oxidase,
1369 bloqueando a interação com o O_2 (ALVAREZ et al., 1994) e também pode remover o
1370 O_2 da oximioglobina formando carboximioglobina, que é uma molécula altamente
1371 estável (SORHEIM et al., 1999).

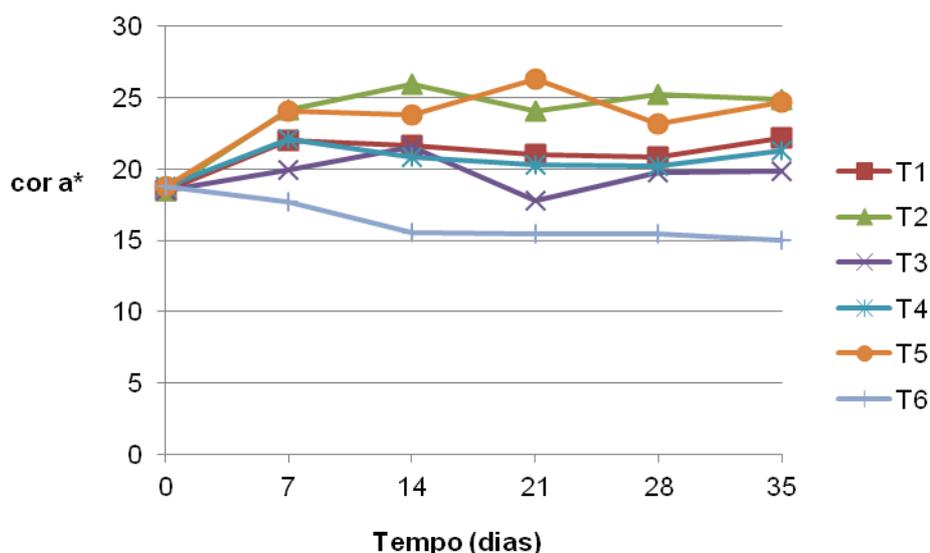
1372 Concentrações de 0,4% a 1% de CO em atmosferas modificadas são seguras
1373 para o consumo humano, pois essa concentração de CO nas embalagens é muito
1374 baixa para causar danos à saúde, quer seja no momento da abertura das
1375 embalagens ou durante o cozimento da carne (SORHEIM et al., 1997; LINARES et
1376 al., 2008; CORNFORTH e HUNT, 2008). Nos Estados Unidos, o uso comercial do
1377 CO em concentrações inferiores a 0,4% em embalagens primárias e secundárias de

1378 carnes de todas as espécies animais é classificado como *GRAS* (substância
1379 geralmente reconhecida como segura) pelo *Food and Drug Administration* (FDA)
1380 (LINARES et al., 2008). O CO também é aprovado para uso similar na Austrália e
1381 Nova Zelândia, onde é considerado um coadjuvante de fabricação no
1382 processamento de carnes frescas (WILKINSON et al., 2006).

1383 Alguns autores relatam que elevados níveis de O₂ em embalagens (≥70%)
1384 podem prolongar a estabilidade da cor vermelha das carnes (BARTKOWSKI et al.,
1385 1982; ASENIO et al., 1988) pela manutenção da mioglobina na forma de
1386 oximioglobina (LINARES et al., 2007). Kennedy et al. (2004) e Kim et al. (2012b)
1387 afirmam que altas concentrações de O₂ induzem à formação de oximioglobina no
1388 início da estocagem, contudo, com o aumento do período de estocagem, há redução
1389 da concentração de O₂ na embalagem e formação de metamioglobina, com perda da
1390 aparência de frescor da carne. No presente trabalho, o uso de alta concentração de
1391 O₂ promoveu maior descoloração da carne verificada pelo maior valor de hue e
1392 menor preservação da cor vermelha pelo menor valor de a* e de C* (P≤0,05).

1393 O decréscimo nos valores de vermelho (a*) está normalmente associado à
1394 formação gradual de metamioglobina e conseqüentemente à descoloração da carne
1395 (INSAUSTI et al., 2001; JEREMIAH, 2001). Verificou-se redução gradativa nos
1396 valores de vermelho (a*) nos tratamentos submetidos ao alto teor de O₂ (ATM 3 – T3
1397 e T6) e aumento dos valores de a* nos tratamentos adicionados de CO (ATM 2 – T2
1398 e T5), comprovando o efeito benéfico do CO na estabilidade da cor vermelha da
1399 carne (Figura 6).

1400



1401

1402 **Figura 6.** Variação nos valores médios de a* nas amostras de carne ovina dos diferentes tratamentos
 1403 (atmosfera x idade de abate) durante 35 dias de estocagem sob refrigeração (4 °C). T1: 4 meses x
 1404 envase a vácuo; T2: 4 meses x 69,6% N₂/30% CO₂/ 0,4% CO; T3: 4 meses x 70% O₂/ 30% CO₂; T4: 8
 1405 meses x envase a vácuo; T5: 8 meses x 69,6% N₂/ 30% CO₂/ 0,4% CO; T6: 8 meses x 70% O₂/ 30%
 1406 CO₂.

1407

1408 Não foi verificada interação entre os efeitos ATM X Id (P>0,05) sobre a cor
 1409 sensorial da carne ovina, porém a ATM e a idade de abate mostraram efeito
 1410 individual sobre a cor avaliada sensorialmente (P≤0,05) (Tabela 5).

1411

1412 **Tabela 5.** Efeito da idade de abate e atmosfera de armazenamento sobre os atributos sensoriais de
 1413 cor e odor de carne ovina refrigerada por 35 dias – média dos 35 dias de estocagem (média±EE)

Atributo	Idade ao abate		Atmosfera		
	4 meses	8 meses	ATM 1	ATM 2	ATM 3
Cor sensorial	2,57 ^b ± 0,15	3,00 ^a ± 0,15	2,68 ^{AB} ± 0,17	3,26 ^A ± 0,17	2,42 ^B ± 0,17
Odor	3,54 ^a ± 0,16	3,78 ^a ± 0,16	3,77 ^A ± 0,18	3,89 ^A ± 0,18	3,32 ^A ± 0,18

1414 Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (P≤0,05). Letras
 1415 maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (P≤0,05). ATM 1: envase a
 1416 vácuo; ATM 2: 69,6% N₂ + 30% CO₂ + 0,4% CO; ATM 3: 70% O₂ + 30% CO₂. EE = erro padrão
 1417 Escala de cor: 5 - vermelho brilhante; 4 - vermelho escuro; 3 - vermelho marrom; 2 - marrom
 1418 acinzentado; 1 - vermelho pálido

1419 Escala de odor: 5 - odor característico da carne ovina fresca; 4 - odor levemente alterado; 3 - odor
 1420 moderadamente alterado; 2 - odor intensamente alterado; 1 - odor pútrido.

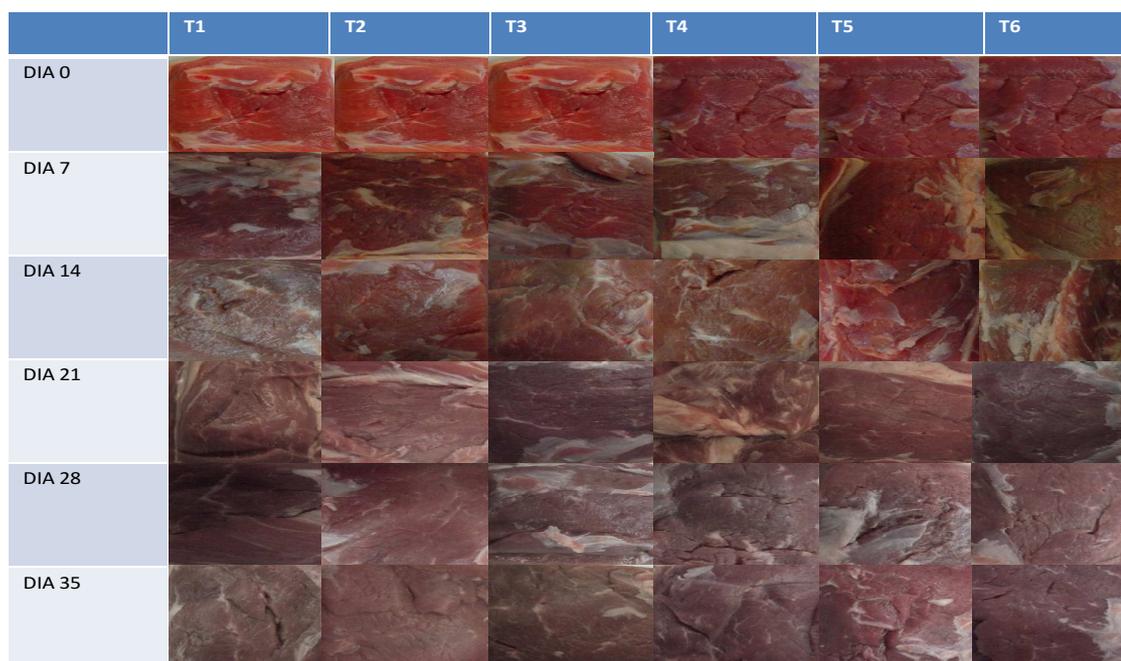
1421

1422

1423 A carne dos animais abatidos mais jovens, que apresentou maior
1424 luminosidade (L^*) e maior teor de amarelo (b^*), também recebeu menor nota na
1425 avaliação sensorial de cor.

1426 Os tratamentos que receberam a adição de CO (ATM 2) na atmosfera
1427 obtiveram maiores notas para cor na avaliação sensorial em comparação aos
1428 tratamentos com alto teor de O_2 . As amostras adicionadas de CO receberam nota
1429 média de 3,26 para a cor da carne após 35 dias de estocagem enquanto que as
1430 amostras acondicionadas sob atmosfera com 70% de O_2 apresentaram nota média
1431 de 2,42. As amostras estocadas a vácuo (ATM 1) receberam nota intermediária em
1432 relação às demais atmosferas.

1433 A maior estabilidade da cor sensorial e dos valores de a^* ao longo do período
1434 de estocagem pode ser observada nos tratamentos adicionados de CO em
1435 comparação aos demais tratamentos ($P \leq 0,05$) (Figura 7), comprovando o efeito
1436 protetor do CO contra processos oxidativos que resultam em escurecimento da
1437 carne (HUFFMAN e RILLEY, 2007; MACEDO et al., 2009).



1438 **Figura 7.** Comparação da coloração da carne ovina entre os diferentes tratamentos durante 35 dias
1439 de estocagem refrigerada.

1440 T1: 4 meses x envase a vácuo; T2: 4 meses x 69,6% N_2 /30% CO_2 / 0,4% CO; T3: 4 meses x 70% O_2 /
1441 30% CO_2 ; T4: 8 meses x envase a vácuo; T5: 8 meses x 69,6% N_2 / 30% CO_2 / 0,4% CO; T6: 8 meses
1442 x 70% O_2 / 30% CO_2 .

1444

1445 Não foi verificado efeito de interação entre ATM x Id sobre o odor da carne
1446 ovina. Os efeitos individuais de ATM e Id também não foram significativos sobre o
1447 odor da carne ($P>0,05$).

1448 As notas médias para odor nos tratamentos a vácuo (ATM 1) e adicionado de
1449 CO (ATM 2) foram de 3,77 e 3,89, respectivamente, apresentando-se mais próximas
1450 ao valor correspondente a odor levemente alterado na escala utilizada. As amostras
1451 embaladas com alto teor de O₂ (ATM 3) apresentaram notas para odor mais
1452 próximas a odor moderadamente alterado (3,32) ao longo de 35 dias de estocagem.

1453 A presença de alto teor de oxigênio na embalagem favoreceu o processo
1454 oxidativo e a formação de odor deteriorante perceptível na carne ovina de ambas as
1455 idades de abate. Altos teores de O₂ na atmosfera induzem a oxidação lipídica que
1456 está associada com odor de ranço ou sabor desagradável na carne (JAYASINGH et
1457 al., 2001; ZAKRYS et al., 2008). Essa relação foi confirmada pela correlação
1458 significativa ($P\leq 0,05$) negativa entre oxidação lipídica e odor ($r = -0,55$) (Tabela 7).

1459

1460 **3.3.4 Determinações microbiológicas**

1461

1462 O efeito da interação entre ATM X Id não foi significativo para as contagens
1463 microbiológicas de aeróbios psicrotróficos, bactérias lácticas e coliformes totais.
1464 Tampouco foram observados efeitos significativos isoladamente da ATM ou da Id
1465 sobre os parâmetros microbiológicos avaliados (Tabela 6). As contagens de
1466 *Escherichia coli* foram inferiores a 1 log UFC/g nas amostras de lombo ovino em
1467 todos os tratamentos e em todos os tempos de amostragem ao longo de 35 dias de
1468 estocagem, não havendo diferenças entre eles.

1469 Bórnez et al. (2009) também não verificaram efeito de diferentes atmosferas
1470 (70% O₂ + 30% CO₂ e 69,3% N₂ + 30% CO₂ + 0,7% CO) sobre o crescimento
1471 microbiano em lombo ovino estocado sob refrigeração. Esses autores sugerem que
1472 o efeito de inibição microbiana de misturas de gases em carnes depende da espécie
1473 animal, pois apesar das carnes vermelhas possuírem características semelhantes,
1474 elas apresentam vidas de prateleira distintas, devido a diferenças de suscetibilidade
1475 à deterioração química e microbiológica.

1476

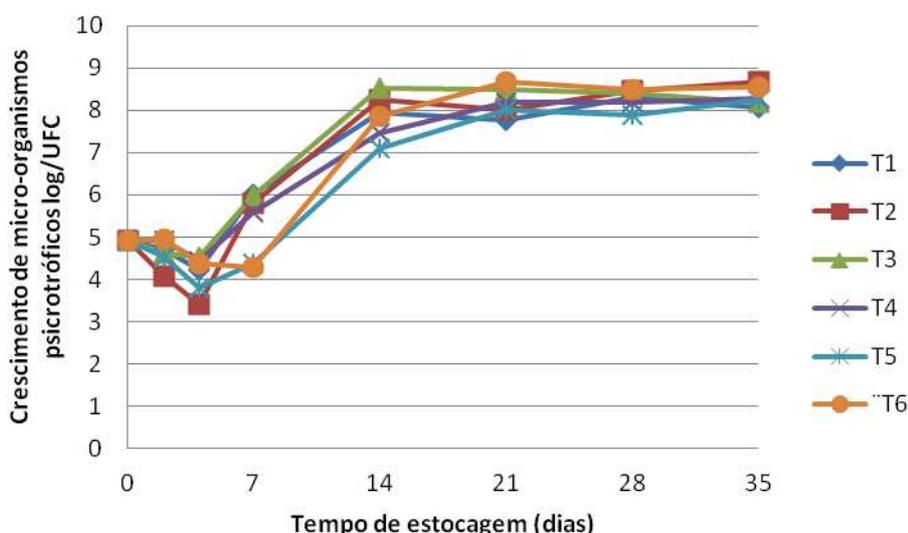
1477 **Tabela 6.** Efeito da idade ao abate e atmosferas de estocagem sobre o crescimento microbiano (log
 1478 UFC/ g) de carne ovina refrigerada por um período de 35 dias de estocagem – média dos 35 dias de
 1479 estocagem (média±EE)

Micro-organismos	Idade ao abate		Atmosfera		
	4 meses	8 meses	ATM 1	ATM 2	ATM 3
PC	6,55 ^a ± 0,37	6,37 ^a ± 0,37	6,49 ^A ± 0,45	6,27 ^A ± 0,45	6,61 ^A ± 0,45
BL	5,69 ^a ± 0,36	5,82 ^a ± 0,36	5,80 ^A ± 0,44	5,84 ^A ± 0,44	5,62 ^A ± 0,44
CT	1,07 ^a ± 0,36	1,19 ^a ± 0,36	0,92 ^A ± 0,45	1,28 ^A ± 0,45	1,20 ^A ± 0,45

1480 Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($P \leq 0,05$). Letras
 1481 maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($P \leq 0,05$). ATM 1: envase a
 1482 vácuo; ATM 2: 69,6% N₂ + 30% CO₂ + 0,4% CO; ATM 3: 70% O₂ + 30% CO₂. EE = erro padrão. PC =
 1483 aeróbios psicrotróficos; BL = bactérias lácticas; CT = coliformes totais

1484
 1485 As contagens médias de aeróbios psicrotróficos nos diferentes tratamentos
 1486 variou de 6,27 a 6,61 log UFC/g após 35 dias de estocagem (Tabela 6), contudo foi
 1487 observado aumento no número de células viáveis entre 7 e 14 dias (Figura 8).

1488



1489
 1490 **Figura 8.** Variação nas contagens de aeróbios psicrotróficos nas amostras de carne ovina dos
 1491 diferentes tratamentos (atmosfera x idade de abate) durante 35 dias de estocagem sob refrigeração
 1492 (4 °C). T1: 4 meses x envase a vácuo; T2: 4 meses x 69,6% N₂/30% CO₂/ 0,4% CO; T3: 4 meses x
 1493 70% O₂/ 30% CO₂; T4: 8 meses x envase a vácuo; T5: 8 meses x 69,6% N₂/ 30% CO₂/ 0,4% CO; T6:
 1494 8 meses x 70% O₂/ 30% CO₂.

1495
 1496 Considera-se o valor de 7 log UFC/g como o limite aceitável para a contagem
 1497 de aeróbios psicrotróficos em carnes (ICMSF, 1986). A partir desse valor, começam
 1498 a aparecer os primeiros sinais de deterioração na carne, principalmente relacionados

1499 ao odor (SILVA et al., 2010). Segundo Leitão (2003), o início da deterioração pode
1500 ser detectado pela descoloração superficial da carne quando a contagem microbiana
1501 atinge cerca de 6 log UFC/g, sendo que as alterações em relação ao odor podem
1502 ser evidenciadas a partir de valores de 7 log UFC/g; em relação ao sabor, 8 log
1503 UFC/g e a limosidade superficial pode ser observada a uma população microbiana
1504 de 9 log UFC/g de amostra.

1505 Verificou-se que o período de tempo necessário para que a população de
1506 aeróbios psicotróficos atingisse contagem na ordem de 7 log UFC/g foi de 7,61 dias
1507 para o T3 e de 13,97 dias para o T5. Para a contagem de bactérias lácticas o período
1508 de tempo variou de 12,82 dias (T2) a 21,53 dias (T3) (Tabela 7).

1509 O tratamento 3 composto por amostras provenientes dos animais de 4 meses
1510 estocadas em atmosfera com alto teor de oxigênio mostrou o menor período de
1511 tempo para atingir a contagem limite de psicotróficos (7,61 dias), contudo
1512 apresentou a maior vida de prateleira (21,53 dias) quando considerado o número
1513 limite de bactérias lácticas. O alto teor de oxigênio nesse tratamento pode ter
1514 favorecido o rápido crescimento de aeróbios psicotróficos em detrimento das
1515 bactérias lácticas (BÓRNEZ et al., 2009).

1516

1517 **Tabela 7.** Vida de prateleira (dias) das amostras de carne ovina dos diferentes tratamentos
1518 considerando o valor limite de 7 log UFC/ g de psicotróficos e de bactérias lácticas

Tratamentos	Aeróbios psicotróficos (dias)	Bactérias lácticas (dias)
T1	9,08	17,56
T2	9,21	12,82
T3	7,61	21,53
T4	11,69	14,64
T5	13,97	16,23
T6	13,14	13,14

1519 T1: 4 meses x envase a vácuo; T2: 4 meses x 69,6% N₂/30% CO₂/ 0,4% CO; T3: 4 meses x 70% O₂/
1520 30% CO₂; T4: 8 meses x envase a vácuo; T5: 8 meses x 69,6% N₂/ 30% CO₂/ 0,4% CO; T6: 8 meses
1521 x 70% O₂/ 30% CO₂.

1522

1523 Bórnez et al. (2009) descrevem que a deterioração microbiana, assim como a
1524 oxidação lipídica, é um dos principais fatores que determinam a vida de prateleira da
1525 carne ovina refrigerada, que normalmente não ultrapassa 10 dias quando tem início
1526 os sinais de deterioração. Além disso, a carga microbiana inicial da carne ovina é
1527 determinante em sua vida de prateleira (Kennedy et al., 2004).

1528 No tratamento 3, a carga microbiana psicrotrófica inicial que era de 4,9 log
1529 UFC/g atingiu 7 log UFC/g em 7 dias de estocagem, apresentando taxa de
1530 crescimento de 0,28 log UFC/dia. Em trabalho realizado por Kennedy et al. (2004) a
1531 contagem microbiana aeróbia de lombo ovino armazenado sob diferentes
1532 atmosferas atingiu 7 log UFC/g em 12 dias de estocagem refrigerada. Contudo,
1533 considerando a carga microbiana inicial de 2 log UFC/g, a taxa de crescimento
1534 microbiano na carne ovina estudada por esses autores foi de 0,41 log UFC/dia,
1535 mostrando-se superior à encontrada no presente estudo.

1536 Fernandes et al. (2012) verificaram contagem acima de 7 log UFC/g aos 14
1537 dias de estocagem de lombo ovino embalado a vácuo a 4°C, considerando a carga
1538 bacteriana inicial próxima a 1 log UFC/g.

1539 Kennedy et al. (2005) encontraram contagem de 8 log UFC/g em cortes
1540 ovinos embalados com filme de PVC, contendo carga bacteriana inicial próxima a 3
1541 log UFC/g, dispostos para comercialização em gôndola refrigerada após 8 dias de
1542 estocagem a 4°C. Esses cortes haviam sido previamente armazenados em
1543 atmosfera contendo 80% CO₂/ 20% N₂ durante 7 dias a 4°C. Por sua vez,
1544 Karabagias et al. (2011) relatam contagem acima de 7 log UFC/g após 11 dias de
1545 estocagem a 4°C para carne ovina mantida em atmosfera composta de 60% CO₂/
1546 40% N₂ e de 16 dias para carne ovina mantida em 80% CO₂/ 20% N₂. Em ambos os
1547 experimentos, a carga inicial de aeróbios na carne ovina era de 4,1 log UFC/g.

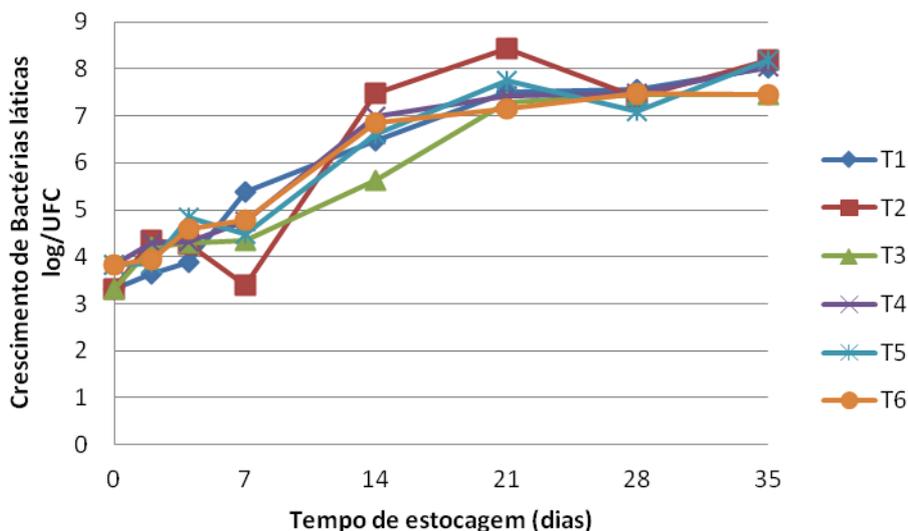
1548 Camo et al. (2008) relatam contagens de psicrotróficos entre 7 e 8 log UFC/g
1549 em carne ovina com contagem inicial de 1 log UFC/g após 13 dias de
1550 armazenamento sob refrigeração em atmosferas contendo de 50% a 70% de O₂,
1551 20% a 30% de CO₂, 10% de N₂ e 20% de Ar.

1552 Soldatou et al. (2009) observaram contagem total de aeróbios de 7,2 log
1553 UFC/g em carne ovina mantida sob atmosfera modificada (70% CO₂/ 30% N₂) após
1554 13 dias de estocagem a 4°C, partindo-se de contagem inicial de 4,6 log UFC/g.

1555 Considerando o tempo necessário para a carne ovina atingir o número limite
1556 de psicrotróficos, supõe-se que as atmosferas estudadas neste trabalho poderiam
1557 estender ainda mais a vida de prateleira se a contagem microbiana inicial da carne
1558 ovina fosse mais baixa.

1559 O crescimento de bactérias lácticas na carne ovina dos diferentes tratamentos
1560 ao longo do período de estocagem está apresentado na Figura 9. Não houve
1561 diferença estatística (P>0,05) na contagem de bactérias lácticas entre os tratamentos

1562 ao longo do tempo, porém verificou-se que de maneira geral, as contagens nas
1563 amostras provenientes dos animais de 8 meses (T4, T5 e T6) atingiram valor de 7
1564 log UFC/g em menor período de tempo que aquelas dos animais de 4 meses (T1, T2
1565 e T3). Esse resultado pode estar relacionado à carga microbiana inicial da carne
1566 ovina que era maior nos animais de 8 meses (3,8 log UFC/g) em relação à carne dos
1567 animais de 4 meses (3,3 log UFC/g).
1568



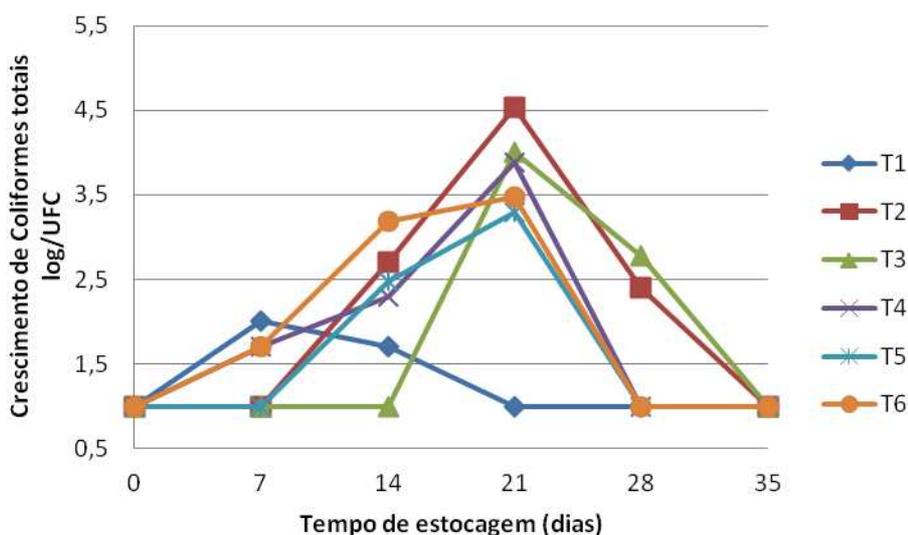
1569
1570 **Figura 9.** Variação na contagem de bactérias lácticas nas amostras de carne ovina dos diferentes
1571 tratamentos (atmosfera x idade de abate) durante 35 dias de estocagem sob refrigeração (4 °C). T1: 4
1572 meses x envase a vácuo; T2: 4 meses x 69,6% N₂/30% CO₂/ 0,4% CO; T3: 4 meses x 70% O₂/ 30%
1573 CO₂; T4: 8 meses x envase a vácuo; T5: 8 meses x 69,6% N₂/ 30% CO₂/ 0,4% CO; T6: 8 meses x
1574 70% O₂/ 30% CO₂.

1575
1576 As bactérias lácticas atuam como anaeróbios facultativos e são capazes de
1577 crescer em altas concentrações de CO₂, por isso são consideradas constituintes da
1578 microbiota natural de carnes embaladas em atmosfera modificada e ausente de O₂
1579 (KARABAGIAS et al., 2011). Santos et al. (2005) afirmam que bactérias gram
1580 negativas, como *Pseudomonas* e enterobactérias, são mais suscetíveis à ação do
1581 CO₂ do que bactérias gram positivas, como as bactérias lácticas. Os mesmos autores
1582 relatam que as bactérias lácticas contribuem ativamente na deterioração de produtos
1583 embalados a vácuo. Outros autores também observaram maior crescimento de
1584 bactérias lácticas em carne embaladas a vácuo do que na presença de CO₂
1585 (GARROUT et al., 1989; GILL e HARRISON, 1989; TAYLOR et al., 1990).

1586 A atmosfera ou a idade de abate dos ovinos não influenciaram a contagem de
1587 coliformes totais ($P>0,05$) (Tabela 5), verificando-se baixas contagens em todos os
1588 tratamentos ao longo de 35 dias de estocagem (média de 0,92 a 1,28 log UFC/g).

1589 Kennedy et al. (2004) observaram que o aumento no número de bactérias
1590 lácticas durante a estocagem de carne ovina sob diferentes atmosferas promoveu
1591 redução na contagem de coliformes. Esse mesmo efeito inibidor de crescimento de
1592 coliformes causado pelo desenvolvimento de bactérias lácticas pode ter ocorrido nas
1593 amostras do presente trabalho, visto que a contagem de coliformes mostrou
1594 aumento após a primeira semana e posterior declínio após a terceira semana de
1595 estocagem, que coincidiu com aumento na população de bactérias lácticas.

1596 As contagens médias de coliformes totais na carne ovina avaliada variaram
1597 entre 1 e 4,5 log UFC/g aos 21 dias, com número inferior a 1 log UFC/g aos 35 dias
1598 de estocagem (Figura 10). Karabagias et al. (2011) relatam contagem de coliformes
1599 próxima a 4 log UFC/g aos 25 dias de estocagem em carne ovina mantida em 80%
1600 CO_2 / 20% N_2 sob refrigeração a 4 °C.



1601
1602 **Figura 10.** Variação nos valores médios na contagem de coliformes totais nas amostras de carne
1603 ovina dos diferentes tratamentos (atmosfera x idade de abate) durante 35 dias de estocagem sob
1604 refrigeração (4 °C). T1: 4 meses x envase a vácuo; T2: 4 meses x 69,6% N_2 /30% CO_2 / 0,4% CO ; T3:
1605 4 meses x 70% O_2 / 30% CO_2 ; T4: 8 meses x envase a vácuo; T5: 8 meses x 69,6% N_2 / 30% CO_2 /
1606 0,4% CO ; T6: 8 meses x 70% O_2 / 30% CO_2 .

1607
1608 De acordo com Insausti et al. (2001) e Jeremiah (2001), a contagem de
1609 bactérias da família *Enterobacteriaceae* em carnes deve ser inferior a 7 – 8 log
1610 UFC/g para evitar sua deterioração. Considerando esses valores, as contagens de

1611 coliformes totais estiveram abaixo do limite para todos os tratamentos ao longo de
1612 35 dias de estocagem.

1613 Com relação à contagem de *E. coli*, que é um indicador de contaminação
1614 fecal, as contagens foram inferiores a 1 log UFC/g nas amostras de lombo ovino
1615 avaliadas em todos os tratamentos ao longo do período de 35 dias de estocagem. O
1616 resultado está abaixo do limite máximo de 3,69 log UFC/g estabelecido pela
1617 legislação brasileira (RDC n. 12 de 02 de janeiro de 2001) para coliformes a 45° C
1618 em carnes embaladas a vácuo, maturadas (BRASIL, 2001).

1619

1620 3.3.5 Correlações

1621

1622 As correlações entre as variáveis sensoriais de cor e odor, coordenadas de
1623 cor instrumental, oxidação lipídica e contagem de aeróbios psicrotróficos, discutidas
1624 anteriormente estão apresentadas na Tabela 8.

1625

1626 **Tabela 8.** Correlações observadas entre os parâmetros de qualidade de lombo ovino refrigerado
1627 estocado sob diferentes atmosferas modificadas por 35 dias

Variável	Oxid.	Cor	Odor	AP	L*	a*	b*	Hue
Cor	-0,4050*	1						
Odor	-0,5590*	0,5549*	1					
AP	-0,0279 ^{NS}	-0,2405*	-0,6498 ^{NS}	1				
L*	-0,0943 ^{NS}	-0,4086*	-0,2047 ^{NS}	0,2531 ^{NS}	1			
a*	-0,6808*	0,4167*	0,1893 ^{NS}	-0,0515 ^{NS}	0,0407 ^{NS}	1		
b*	0,0007 ^{NS}	-0,0534 ^{NS}	-0,4768 ^{NS}	0,2185 ^{NS}	0,2902 ^{NS}	0,2566 ^{NS}	1	
Hue	0,6842*	-0,3866*	-0,5131*	0,2052 ^{NS}	0,1298 ^{NS}	-0,7137*	0,4852*	1
C*	-0,6066*	0,3835*	0,0846 ^{NS}	-0,0038 ^{NS}	0,0856 ^{NS}	0,9823*	0,4318*	-0,5705*

1628 NS: não significativa ($P > 0,05$); * $P \leq 0,05$. AP = psicrotróficos.

1629

1630 No presente trabalho, verificou-se correlação significativa ($P \leq 0,05$) negativa
1631 entre a oxidação lipídica e os parâmetros de cor instrumental a* e C*, cor sensorial e
1632 odor da carne, indicando que quanto maior o valor de oxidação lipídica menor a
1633 intensidade de cor vermelha e mais alterado o odor da carne. A oxidação lipídica
1634 também apresentou correlação positiva com Hue, mostrando que quanto maior a
1635 oxidação lipídica, maior a descoloração da carne ($P \leq 0,05$) (Tabela 8).

1636 Faustman et al. (1989) e Djenane et al. (2001) demonstraram haver
1637 correlação positiva entre a produção de produtos da oxidação lipídica e a oxidação
1638 da mioglobina em carnes. Berruga et al. (2005) verificaram correlação negativa entre

1639 oxidação lipídica e os valores de a^* em lombo ovino refrigerado estocado em
1640 atmosfera modificada.

1641 O efeito da luminosidade (L^*) sobre a cor da carne apresentou-se significativo
1642 ($P \leq 0,05$), havendo correlação negativa ($r = -0,40$) entre a luminosidade e a cor
1643 sensorial (Tabela 8). A maior luminosidade na carne ovina resultou em menor nota
1644 de cor na avaliação sensorial. A carne dos animais abatidos com 4 meses de idade
1645 ($P \leq 0,05$) que apresentou maior valor de L^* recebeu menor nota média para a cor na
1646 avaliação sensorial (Tabela 5).

1647 A cor sensorial apresentou correlação significativa positiva ($P \leq 0,05$) com os
1648 valores de a^* ($r = 0,41$) e de C^* ($r = 0,38$), que indicam a saturação de cor vermelha
1649 na carne, e correlação negativa ($r = -0,38$) com os valores de hue, que indicam cor
1650 em um espectro do vermelho ao amarelo, onde maiores valores estão relacionados
1651 à menor intensidade de cor vermelha e maior descoloração. A cor sensorial também
1652 apresentou correlação negativa com a oxidação lipídica ($r = -0,40$), comprovando
1653 que as amostras com maior oxidação lipídica receberam menores notas na
1654 avaliação da cor e maior descoloração (Tabela 8).

1655 WILKINSON et al. (2006) constataram a existência de relação entre a
1656 atividade bacteriana e a cor indesejável da carne. O consumo de oxigênio por
1657 bactérias aeróbias psicotróficas em atmosferas ricas em O_2 na superfície da carne
1658 leva à rápida oxidação da mioglobina, devido à redução na pressão parcial de O_2 no
1659 interior da embalagem. Kennedy et al. (2004) relatam descoloração superficial da
1660 carne em função de sua contagem microbiana. Isso pode explicar a correlação
1661 significativa ($P \leq 0,05$) negativa entre cor sensorial e a contagem de aeróbios
1662 psicotróficos ($r = -0,24$), mostrando que quanto maior a contagem de aeróbios
1663 psicotróficos menos vermelha é a coloração da carne. Verificou-se também
1664 correlação significativa ($P \leq 0,05$) positiva entre a cor sensorial e o odor ($r = 0,55$),
1665 indicando que as alterações indesejáveis de cor no decorrer do período de
1666 estocagem foram acompanhadas por alterações indesejáveis de odor (Tabela 8).

1667

1668 3.4 CONCLUSÃO

1669

1670 A idade de abate mostrou efeito significativo sobre a luminosidade (L^*),
1671 intensidade de amarelo (b^*), cor sensorial, perda de peso por exsudação e pH da
1672 carne ovina. A associação de maior idade de abate (8 meses) com atmosfera rica
1673 em O_2 (70%) mostrou-se altamente prejudicial à estabilidade oxidativa da carne
1674 ovina.

1675 A atmosfera contendo CO (0,4%) influenciou significativamente a cor da carne
1676 ovina, tanto pela avaliação sensorial quanto pelos valores instrumentais de a^* , C^* e
1677 hue. O alto teor de oxigênio (70%) na composição de gases da atmosfera (ATM 3)
1678 influenciou negativamente a vida de prateleira da carne ovina pela maior oxidação
1679 lipídica e descoloração da cor vermelha da carne em comparação aos demais tipos
1680 de atmosferas.

1681 O uso de vácuo (ATM 1) e a combinação de CO_2 e CO (ATM 2) na atmosfera
1682 mostraram resultados semelhantes na preservação da vida útil da carne ovina em
1683 relação à oxidação lipídica, com vantagens para a atmosfera com adição de CO na
1684 estabilidade da cor vermelha. A adição de CO na mistura de gases preservou a cor
1685 vermelha da carne, tornando-a mais atrativa em relação às demais atmosferas.
1686 Contudo, não proporcionou maior controle do crescimento microbiano em
1687 comparação ao vácuo e ao alto teor de O_2 , que se mostrou determinante para a vida
1688 de prateleira da carne ovina avaliada, porém a atmosfera contendo CO manteve a
1689 coloração vermelha da carne, que é altamente atrativa, por um período maior de
1690 tempo.

1691

1692

CAPITULO 4

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As embalagens com atmosferas modificadas têm sido consideradas um dos sistemas mais efetivos na manutenção da estabilidade física, química e microbiológica na conservação de carnes, mantendo também as características sensoriais de carnes frescas. No Brasil, o sistema de ATM mais empregado para a conservação de carnes é o envase a vácuo, devido principalmente à sua eficiência na inibição de micro-organismos aeróbios e seu baixo custo, porém esse sistema não proporciona aparência de frescor às carnes, as quais se mostram escurecidas quando estocadas nesse tipo de atmosfera. Haja vista que a coloração da carne é o atributo que lhe confere aparência de frescor, outros tipos de ATM têm sido utilizados em carnes frescas para torná-las mais atrativas aos consumidores.

Independente do tipo de ATM empregada para a conservação de carnes frescas é importante ressaltar que esses sistemas de embalagem não reduzem ou eliminam a necessidade de refrigeração dos produtos, havendo um efeito sinérgico entre essas tecnologias de conservação. Dessa forma, o controle rígido da temperatura e da higiene durante toda a cadeia produtiva da carne é essencial para o sucesso da aplicação de embalagens com ATM. O uso de atmosferas modificadas para a preservação da carne ovina refrigerada pode valorizar o produto final pela manutenção do aspecto de frescor da carne por um longo período, podendo, com isso, contribuir para a redução do período de sazonalidade da carne ovina e impulsionar a comercialização da carne e a ovinocultura de corte no Brasil.

Este estudo serviu como indicativo do comportamento da carne de ovinos abatidos em duas diferentes idades e armazenada sob diferentes atmosferas, permitindo, a partir de seus resultados, estabelecer novas combinações de gases para prolongar a vida útil da carne ovina refrigerada.

1722 **REFERÊNCIAS**

1723

1724 ALVAREZ, S., NOVOA, MJ., BOVERIS, A., 1994. La mitocondria. Estructura, función
1725 y especies reactivas del oxígeno. Disponível em: <http://www.antioxidantes.com.ar/FrArt084.htm>. Acesso em: 10 out. 2012

1727

1728 AMSA (American Meat Science Association). **Research Guidelines for Cookery,**
1729 **Sensory Evaluation and Instrumental Textural Evaluation of Fresh Meat.**
1730 Chicago: AMSA, 1995.

1731

1732 ANDRADE, ECB. **Análise de alimentos – Uma visão química da nutrição.** São
1733 Paulo: Livraria Varela, 2006, p. 238.

1734

1735 AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical**
1736 **Chemists.** 17^o ed. Gaithersburg, v.1, 2000.

1737

1738 ARAÚJO, ACMF. & ARAÚJO, WMC. Cálcio e Ferro: aspectos nutricionais. **Higiene**
1739 **Alimentar**, n.16, v.8, p.18-28, 2002.

1740

1741 ARAVESTRUZ. A Invasão do Avestruz. **Revista Escala Rural.** Ano III n.19. p. 12-
1742 17. Disponível em:
1743 http://news.magichosting.com.br/aravestruz/img/jornal/revista_escala1.gif. Acesso
1744 em: 15 mai. 2012.

1745

1746 ASENIO, MA.; ORDONEZ, JA.; SANZ, B. Effect of carbon dioxide and oxygen
1747 enriched atmosphere on the shelf life of refrigerated pork packed in plastic bags.
1748 **Journal of Food Protection**, v. 51, n. 5, p. 365-360, 1988.

1749

1750 ASHGAR, A.; PEARSON, AM.; Influence of ante e post mortem treatments upon
1751 muscle composition and meat quality. **Advances in food research**, San Diego, v.
1752 26, p. 53-213, 1980.

1753

1754 ASTM International. American Society for Testing and Material. **Standard practice**
1755 **for computing the colors of objects by using the CIE system**. Pennsylvania:
1756 ASTM International, 2001.

1757

1758 AZIA, NN.; BALL, RO.; SHARPE, PH. Growth, carcass composition and meat quality
1759 of crossbred lambs at different slaughter weights. In: INTERNATIONAL CONGRESS
1760 OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, Paris. **Anais...** Paris: INRA-ITOVIC, v.
1761 39, p.132-133, 1993.

1762

1763 BABIKER, SA.; KHINDER, IA.; SHAFIE, SA. Chemical composition and quality
1764 attributes of goat meat and lamb. **Meat Science**, v. 28, p. 273-277, 1990.

1765

1766 BARACAT, RS. **Avaliação do processo por embalagem do tipo atmosfera**
1767 **modificada na conservação da carne bovina porcionada**. Tese (Doutorado em
1768 Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de
1769 São Paulo, Pirassununga, 2006.

1770

1771 BARTKOWSKI, L.; DRYDEN, FD.; MARCHELLO, JA. Quality changes of beef steaks
1772 stored in controlled gas atmosphere containing high or low levels of oxygen. **Journal**
1773 **of Food Protection**, v. 45, n. 1, p. 41-45, 1982.

1774

1775 BERRO, 2010. **Carne de Cordeiro e Carne de Carneiro**. Revista O Berro, Uberaba:
1776 Agropecuaria.

1777

1778 BERRUGA, MI.; VERGARA, H.; GALLEGO, L. Influence of packaging conditions on
1779 microbial and lipid oxidation in lamb meat. **Small Ruminant Research**, v. 57, p.
1780 257–264, 2005.

1781

1782 BLAKISTONE, B. A. **Principles and applications of modified atmosphere**
1783 **packaging of Foods**. New York: Chapman & Hall, 2° ed. 1999. Disponível em:
1784 [http://books.google.com.br/books?id=78sOfd9OgXYC&printsec=frontcover&hl=pt-](http://books.google.com.br/books?id=78sOfd9OgXYC&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
1785 [PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.br/books?id=78sOfd9OgXYC&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 21
1786 nov. 2012.

1787

1788 BÓRNEZ, R.; LINARES, MB.; VERGARA, H. Effect of different gas stunning
1789 methods on Manchega suckling lamb meat packed under different modified
1790 atmospheres. **Meat Science**, v. 84, p. 727-734, 2010.

1791

1792 BRASIL. Ministério da Agricultura. Laboratório Nacional de Referência Animal -
1793 LANARA. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem**
1794 **animal e seus ingredientes: Métodos físicos e químicos.** v. II. p. XI-1-8; XIII-1,
1795 Brasília, DF, 1981.

1796

1797 BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC ANVISA/MS nº 12, de 02 de janeiro
1798 de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos.
1799 **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

1800

1801 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Secretaria de
1802 Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa
1803 os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de
1804 Produtos de Origem Animal e Água. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 set.
1805 2003.

1806

1807 BREWER, MS.; WU, S.; FIELD, RA.; RAY, B. Carbon monoxide effects on color and
1808 microbial counts of vacuum packaged beef steaks in refrigerated storage. **Journal of**
1809 **Food Quality**, Urbana, United States, v. 17, n. 3, p. 231-236, 1994.

1810

1811 BUENO, MS.; CUNHA, E.A.; SANTOS, L.E.; RODA, D.S.; LEINZ, F.F.
1812 Características de carcaça de cordeiros suffolk abatidos em diferentes idades.
1813 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1803-1810, 2000.

1814

1815 BUSCH, W.A.; GOLL, D.E.; PARRISH, F.C. JR. Molecular properties of *post mortem*
1816 muscle. Isometric tension development and decline in bovine, porcine and rabbit
1817 muscle. **Journal of Food Science**, v. 37, p. 289–299, 1972.

1818

1819 CAMO, J.; BELTRÁN, JA.; RONCÁLES, P. Extension of the display life of lamb with
1820 an antioxidant active packaging. **Meat Science**, v. 80, p. 1086-1091, 2008

1821

1822 CECCHI, HM. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2^o ed.
1823 rev. Campinas: Editora da Unicamp, 2003, p. 207.
1824

1825 CERVIERI, RC.; ARRIGONI, MB.; CHARDULO, LAL.; SILVEIRA, AC.; OLIVEIRA,
1826 HN.; MARTINS, CL.; SILVA, MDP. Caracterização das fibras musculares do musculo
1827 *Semitendinosus* de bezerros mestiços Angus-nelore recebendo somatotropina
1828 bovina recombinante (rbST) até a desmama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.
1829 34, n. 3, p. 907-914, 2005.
1830

1831 CHANG, HY.; YANG, W. Proteases for cell suicide: Functions and regulation of
1832 caspases. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, n. 64, p. 821-846, 2000.
1833

1834 CHURCH, IJ.; PARSONS, AL. Modified atmosphere packaging technology: a review.
1835 **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 67, p. 143-152, 1995.
1836

1837 COLOMER-ROCHER, F.; MORAND-FEHR, P.; KIRTON, AH.; DELFA, R.; SIERRA,
1838 I. Métodos normalizados para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos
1839 de las canales caprinas y ovinas (Standardized methodology for the measurement of
1840 quantitative and qualitative properties of lamb and goat carcasses). Cuadernos INIA,
1841 **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación**, Madrid, España, n. 17, p. 1–30,
1842 1988.
1843

1844 CORNFORTH, D. **Color – its basis and importance**. In: Pearson, A. M.; Dutson, T.
1845 R. *Advances in Meat Research: Quality attributes and their measurement in meat,*
1846 *poultry and fish products*. New York: AVI Book, 1994.
1847

1848 CORNFORTH, D; HUNT, M. Low-oxygen packaging of Fresh Meat with carbon
1849 monoxide. Meat quality, microbiology, and safety. **Meat Science**, n. 2, 2008.
1850

1851 COSTA, RG.; BATISTA, ASM.; MADRUGA, MS.; GONZAGA NETO, S.;
1852 QUEIROGA, RCRE.; ARAÚJO FILHO, JT.; VILLARROEL, AS. Physical and
1853 chemical characterization of lamb meat from different genotypes submitted to diet
1854 with different fibre contents. **Small Ruminant Research**, v. 81, p. 29-34, 2009.
1855

1856 DABÉZ, AC. Propriedades da carne fresca. **Revista Nacional da Carne**, v. 25, n.
1857 288, p. 32-40, 2001.

1858

1859 DENAULT, JB.; SALVESEN, GS. Apoptotic caspase activation and activity. **Methods**
1860 **in Molecular Biology**, n. 414, p. 191-220, 2008.

1861

1862 DE SANTOS, F.; ROJAS, M.; LOCKHORN, G.; BREWER, MS. Effect of carbon
1863 monoxide in modified atmosphere packaging storage time and endpoint cooking
1864 temperature on the internal color of enhanced pork. **Meat Science**, v. 77, n. 4, p.
1865 520-528, 2007.

1866

1867 DEVINE, CE.; GRAAFHUIS, AE.; MUIR, PD.; CHRYSTALL, BB. The effect of Growth
1868 Rate and Ultimate pH on Meat Quality of Lambs. **Meat Science**, v. 35, p. 63-77,
1869 1993.

1870

1871 DIXON, NM.; KELL, DB. The control and measurement of “CO₂” during
1872 fermentations. **Journal of Microbiological Methods**, n.10, p.155–176, 1989

1873

1874 DJENANE, D.; SANCHEZ-ESCALANTE, A.; BELTRÁN, JA.; RONCÁLES, P.
1875 Extension of the retail display life of fresh beef packaged in modified atmosphere by
1876 varying lighting conditions. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 1, p.181–186, 2001.

1877

1878 DUARTE, F.O.S. 2011. **Fatores relacionados à maciez da carne**. Disponível em:
1879 <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAe6xsAF/maciez-carne>>. Acesso em: 24
1880 nov. 2012.

1881

1882 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2010. **A**
1883 **evolução da caprino-ovinocultura brasileira**. Disponível em: <[http://](http://www.cnpc.embrapa.br/artigo8.htm)
1884 <http://www.cnpc.embrapa.br/artigo8.htm>> Acesso em: 16 mai. 2012

1885

1886 ENFORS, SO.; MOLIN, G. Effect of high concentrations of carbon dioxide on the
1887 growth rate of *Pseudomonas fragi*, *Bacillus cereus*, and *Streptococcus cremoris*.
1888 **Journal of Applied Bacteriology**, n. 48, p. 409-416, 1980.

1889

1890 **FAOSTAT**, 2010. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/569/default.aspx#ancor>.
1891 Acesso em: 20 set 2012.
1892
1893 FAUSTMAN, C.; CASSENS, RG.; SCHAEFER, DM.; BUEGE, DR.; SCHELLER, KK.
1894 Vitamin E supplementation of Holstein steer diets improves sirloin steak color.
1895 **Journal of Food Science**, v. 54, p. 485–486, 1989.
1896
1897 FERNANDES, RPP.; FREIRE, MTA.; GUERRA, CC.; CARRER, CC.; BALIEIRO,
1898 JCC.; TRINDADE, MA. Estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial de
1899 carne ovina embalada a vácuo estocada sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa
1900 Maria, v. 42, n. 4, p. 724-729, 2012.
1901
1902 FERNANDEZ, E.; RAYNAUD, F.; COULIS, G. Calpain 1–titin interactions
1903 concentrate calpain 1 in the Z-band edges and in the N2-line region within the
1904 skeletal myofibril, **FEBS Journal**, v. 272, p. 2578–2590, 2005.
1905
1906 FERRÃO, SPB. **Características morfométricas, sensoriais e qualitativas da**
1907 **carne de cordeiros**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras,
1908 MG, 2006, p.175.
1909
1910 FINNE, G. Modified- and controlled-atmosphere storage of muscle foods, **Food**
1911 **Technology**, v. 36, n. 2, p. 128-133, 1982.
1912
1913 FLOROS, JD.; MATSOS, K. I. Introduction on modified atmosphere packaging. In:
1914 HAN, JH. **Innovations in food packaging**. 2005. Disponível em:
1915 http://books.google.com.br/books?id=MbVtx091tCUC&pg=PA103&dq=HAN,+J.+H.+Innovation+in+food+packaging.+2005&hl=ptBR&ei=wM_mTJTKHsWblgfDn7iFDA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 30 mar. 2011.
1916
1917
1918
1919
1920 GALVÃO, F. Rebanho Lucrativo. **Isto é Dinheiro**, São Paulo, n. 350, p. 82-83, 2004.
1921
1922 GAROUT, AM.; AL-RASHED, AA.; BELL, RG. Storage life of vacuum- and carbon
1923 dioxide-packed New Zealand chilled lamb imported into Saudi Arabia. In:

1924 Proceedings of the 35th International Congress of Meat Science and Technology.
1925 **Danish Meat Research Institute**, Roskilde, Denmark, 1989, p. 376– 388.
1926
1927 GEESINK, GH.; KOOHMARAIE, M. Effect of Calpastatin on Degradation of
1928 Myofibrillar Proteins by μ -Calpain Under Postmortem Conditions. **Journal of Animal**
1929 **Science**, v. 77, p. 2685-2692, 1999.
1930
1931 GEESINK, GH.; KUCHAY, S.; CHISHTI, AH. Calpain is essential for *post mortem*
1932 proteolysis of muscle proteins. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 2834–2840,
1933 2006.
1934
1935 GILL, CO. Prospects for extending the shelf life of chilled meats. The MIRINZ-UEB
1936 process. Proceeding 24th, **Meat Ind. Res. Conf.**, v. 24, p. 236–240, 1986.
1937
1938 GILL, CO.; HARRISON, CL. The storage life of chilled pork packaged under carbon
1939 dioxide. **Meat Science**, v. 26, p. 313– 324, 1989.
1940
1941 GOLL, DE.; TAYLOR, RG.; CHRISTIANSEN, JA. Role of proteinases and protein
1942 turnover in muscle growth and meat quality. Proc. **Recip. Meat. Conf.**, v. 44, p. 25–
1943 33, 1991.
1944
1945 GOLL, DE.; THOMPSON, VF.; TAYLOR, RG. Role of the calpain system in muscle
1946 growth. **Biochimie**, v. 74, p. 225–237, 1992.
1947
1948 GOLL, DE.; THOMPSON, VF.; LI, H.; WEI, W.; CONG, J. The calpain system.
1949 **Physiological Reviews**, n. 83, p. 731-801, 2003.
1950
1951 GOMES, CT. Sistemas de conservação com atmosfera modificada. **Revista**
1952 **Nacional da Carne**, São Paulo, n. 259, p. 79-80, 1998.
1953
1954 GOU, P.; COMAPOSADA, J.; AMAU, J. Meat pH and meat fiber direction effects on
1955 moisture diffusivity in salted ham muscles dried at 5 °C. **Meat Science**, v. 61, p. 25-
1956 31, 2002.
1957

1958 GREEN, DR. The end and after: How dying cells impact the living organism. **Cell**
1959 **Press: Immunity**, n. 35, p. 441-444, 2011.

1960

1961 GUIDERA, J.; KERRY, JP.; BUCKLEY, DJ.; LYNCH, PB.; MORRISSEY, J. The
1962 effect of dietary vitamin E supplementation on the meat quality of fresh and frozen
1963 lamb meat. **Meat Science**, v. 45, n. 1, p. 33–43, 1997.

1964

1965 GUTTMANN, RP.; ELCE, JS.; BELL, D.; ISBELL, JC.; JOHNSON, GV. Oxidation
1966 inhibits substrate proteolysis by calpain I but not autolysis. **Journal of Biological**
1967 **Chemistry**, n. 272, p. 2005–2012, 1997.

1968

1969 HAGUE, M. A.; WARREN, K. E.; HUNT, M. C.; KROPF, D. H.; KASTNER, C. L.;
1970 STRODA, S. L. End point temperature, internal cooked color, and expressible juice
1971 color relationships in ground beef patties. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 465–
1972 470, 1994.

1973

1974 HINTLIAN, CB.; HOTCHKISS, JH. The safety of modified atmosphere packaging: a
1975 review. **Food Technology**, v. 40, p. 70-76, 1986.

1976

1977 HOPKINS, DL.; TAYLOR, RG. *Post mortem* muscle proteolysis and meat
1978 tenderness. In: **Muscle Development of Livestock Animals – Physiology,**
1979 **Genetics and Meat Quality**. Cambridge: Cabi Publishing, v. 1, p. 363-381, 2004.

1980

1981 HUFFMAN, RD.; RILLEY, JM. Low-Oxygen Packaging with CO: A study in food
1982 politics that warrants peer review. **Food Safety Magazine**, 2007.

1983

1984 HUNT, M.; CORNFORTH, D.; SEBRANEK, JG. **Case-ready meats modified**
1985 **atmosphere packaging**. American Meat Institute. Washington: 2007.

1986

1987 IBGE. **Censo agropecuário 2010**. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em: 20
1988 set 2011.

1989

1990 ICMFS. **International commission on microbiological specifications for foods.**
1991 Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Scientific Applications, Toronto:
1992 University of Toronto Press, v. 2, 1986.
1993
1994 INSAUSTI, K.; BERIAIN, MJ.; PURROY, A.; ALBERTI, P.; GORRAIZ, C.; ALZUETA,
1995 MJ. Shelf life of beef from local Spanish cattle breeds stored under modified
1996 atmosphere. **Meat Science**, v. 57, p. 273-281, 2001.
1997
1998 JAKOBSEN, M.; BERTELSEN, G. Colour stability and lipid oxidation of fresh beef.
1999 Development of a response surface model for predicting the effects of temperature,
2000 storage time and modified atmosphere composition. **Meat Science**, v. 54, p. 49–57,
2001 2000.
2002
2003 JAY, JM. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005
2004
2005 JAYAS, DS.; JEYAMKONDAN, S. Modified atmosphere storage of grains, meats,
2006 fruits and vegetables. **Biosystem Engineering Journal**. v. 82, p. 235–251, 2002.
2007
2008 JAYASINGH, P.; CORNFORTH, DP.; CARPENTER, CE.; WHITTIER, D. Evaluation
2009 of carbon monoxide (CO) treatment in modified atmosphere packaging or vacuum
2010 packaging to increase color stability of fresh beef. **Meat Science**, v. 59, n. 3, p. 317-
2011 324, 2001.
2012
2013 JAYASINGH, P.; CORNFORTH, DP.; BRENNAND, C. P., CARPENTER, CE.;
2014 WHITTIER, D. R. Sensory evaluation of ground beef stored in high-oxygen modified
2015 atmosphere packaging. **Journal of Food Science**, v. 67, p. 3493–3496, 2002.
2016
2017 JEREMIAH, LE. Packaging alternatives to deliver fresh meat using short or long-term
2018 distribution. **Food Research International**, v. 34, n. 9, p. 749-772, 2001.
2019
2020 JOHN, L.; CORNFORTH, D.; CARPENTER, CE.; SORHEIM, O.; PETTEE, BC.;
2021 WHITTIER, DR. Color and thiobarbituric acid values of cooked top sirloin steaks
2022 packaged in modified atmospheres of 80% oxygen, or 0,4% carbon monoxide, or
2023 vacuum. **Meat Science**, v. 69, n. 3, p. 441-449, 2005.

2024

2025 KARABAGIAS, I.; BADEKA, A.; KONTOMINAS, MG. Shelf life extension of Lamb
2026 meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging.
2027 **Meat Science**, v. 88, p. 109-116, 2011.

2028

2029 KEMP, JD.; ELY, DG.; FOX, JD.; MOODY, WG. Carcass and Meat Characteristics of
2030 Crossbred Lambs with and Without Finnish Landrace Breeding. **Journal of Animal**
2031 **Science**, v. 52, n. 5 p. 1026-1033, 1992.

2032

2033 KEMP, CM.; PARR, T. Advances in apoptotic mediated proteolysis in meat
2034 tenderization. **Meat Science**, n. 92, p. 252-259, 2012.

2035

2036 KENNEDY, C.; BUCKLEY, DJ.; KERRY, JP. Display life of sheep meats retail
2037 packaged under atmospheres of various volumes and compositions. **Meat Science**,
2038 v. 68, n. 4, p. 649-658, 2004.

2039

2040 KENNEDY, C.; BUCKEY, DJ.; KERRY, JP. Influence of different gas compositions
2041 on the short-term, storage stability of mother-packaged retail ready lamb packs. **Meat**
2042 **Science**, v. 69, p. 27–33, 2005.

2043

2044 KERTH, CR.; MILLER, MF.; RANSEY, CB. Improvement of beef tenderness and
2045 quality traits with calcium chloride injection in beef loins 48 hours post mortem.
2046 **Journal of Food Science**, v. 73, p. 750-756, 1995.

2047

2048 KHAN, AW.; COHEN, DC. Rapid estimation of muscle proteins in beef vegetable
2049 protein mixtures. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 25, p. 236- 238, 1977.

2050

2051 KILLINGER, K. M.; HUNT, M. C.; CAMPBELL, R. E.; KROPF, D. H. Factors affecting
2052 premature browning during cooking of store-purchased ground beef. **Journal of**
2053 **Food Science**, v.v65, p.v585–587, 2000.

2054

2055 KIM, YH.; HUFF-LONERGAN, E.; SEBRANEK, JG.; LONERGAN SM. High oxygen
2056 modified atmosphere packaging system induces lipid and myoglobin oxidation and
2057 protein polymerization. **Meat Science**, v. 85, p. 759–767, 2010.

2058
2059 KIM, YHB.; STUART, A.; BLACK, C.; ROSENVOLD, K. Effect of lamb age and retail
2060 packaging types on the quality of long-term chilled lamb loins. **Meat Science**, n. 90,
2061 p. 962-966, 2012a.
2062
2063 KIM, YHB.; BODKER, S.; BLACK, C.; ROSENVOLD, K. Influence of lamb age and
2064 high-oxygen modified atmosphere packaging on protein polymerization of long-term
2065 aged lamb loins. **Food Chemistry**, n. 135, p. 122-126, 2012b.
2066
2067 KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, SC.; SCHOLLMEYER, JE. Effect of *post mortem*
2068 storage on Ca²⁺-dependent proteases, their inhibitor and myofibril fragmentation.
2069 **Meat Science**, v. 19, p. 187–196, 1987.
2070
2071 KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, SC.; SCHOLLMEYER, JE. Factors associated with
2072 the tenderness of three bovine muscles. **Journal of Food Science**, v. 53, p. 407-
2073 410, 1988.
2074
2075 KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, v. 32, p. 93-
2076 104, 1994.
2077
2078 KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L. et al. A muscle
2079 hypertrophy condition in lamb (callipyge): Characterization of effects on muscle
2080 growth and meat quality traits. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 3596-3607,
2081 1995.
2082
2083 KOOHMARAIE, M.; GEESINK, GH. Contribution of postmortem muscle biochemistry
2084 to the delivery of consistent meat quality with particular focus in the calpain system.
2085 **Meat Science**, n. 74, p. 34-43, 2006.
2086
2087 LAGE, JF.; OLIVEIRA, IM.; PAULINO, PVR.; RIBEIRO, F. Papel do sistema
2088 calpaina-calpastatina sobre a proteólise muscular e sua relação com a maciez da
2089 carne em bovinos de corte. **Revista electronica Veterinária**, v. 10, n. 12, 2009.
2090

2091 LAJOLO, FM. Alimentos funcionais: uma visão geral. In: **Importância de alimentos**
2092 **vegetais na proteção da saúde** (De Angelis, R.C.), São Paulo: Atheneu, 2001, p.
2093 171-179.

2094

2095 LAUZURICA, S.; FUENTE, J.; DIAZ, MT.; ÁLVAREZ, I.; PÉREZ, C. CAÑEQUE, V.
2096 Effect of dietary supplementation of vitamin E on characteristics of lamb meat packed
2097 under modified atmosphere. **Meat Science**, v. 70, n. 4, p. 639-646, 2005.

2098

2099 LAWRIE, RA.; LEDWARD, DA. **Lawrie's Meat Science**. 7th Edition. Cambridge, UK:
2100 Woodhead Publishing, 2006, p. 521.

2101

2102 LEE, W.J., MA, H.; TAKANO, E.; et al. Molecular diversity in amino-terminal domains
2103 of human calpastatin by exon skipping. **Journal Biology Chemistry**, v. 267, p.
2104 8437-8442, 1992.

2105

2106 LEISTNER, L.; GORRIS, GML. Food preservation by combined processes.
2107 Alemanha. **Food Linked Agro-Industrial Research**, 1994, p.109.

2108

2109 LEITÃO, MFF. Aspectos microbiológicos das carnes. In: CONTRERAS, CJ. **Higiene**
2110 **e sanitização na indústria de carnes e derivados**. São Paulo: Varela, cap. 1, p. 1-
2111 5, 2003.

2112

2113 LINARES, MB.; BERRUGA, MI.; BÓRNEZ, R.; VERGARA, H. Lipid oxidation in lamb
2114 meat: Effect of the weight, handling previous slaughter and modified atmospheres.
2115 **Meat Science**, v. 76, p. 715–720, 2007.

2116

2117 LINARES, MB.; BÓRNEZ, R.; VERGARA, H. Effect of stunning systems on meat
2118 quality of Manchego suckling lamb packed under modified atmospheres. **Meat**
2119 **Science**, v. 78, n. 3, p. 279-287, 2008.

2120

2121 LINARES, MB.; VERGARA, H. Effect of gas stunning and modified-atmosphere
2122 packaging on the quality of meat from Spanish Manchego light Lamb. **Small**
2123 **Ruminant Research**, 2012.

2124

2125 LUND, MN.; LAMETSCH, R.; HVIID, MS.; JENSEN, ON.; SKIBSTED, LH. High
2126 oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of
2127 porcine Longissimus dorsi during chill storage. **Meat Science**, n. 77, p. 295–303,
2128 2007.

2129

2130 LUÑO, M.; RONCALÉS, P.; DJENANE, D.; BELTRÁN, JA. Beef shelf life in low O₂ in
2131 high CO₂ atmospheres containing different low CO concentrations. **Meat Science**, v.
2132 55, n. 4, p. 413-419, 2000.

2133

2134 LYON, B. G.; BERRY, B. W.; SODERBERG, D.; CLINCH, N. Visual color and
2135 doneness indicators and the incidence of premature brown color in beef patties
2136 cooked to four end point temperatures. **Journal of Food Protection**, v. 63, p. 1389–
2137 1398, 2000.

2138

2139 MACEDO, REF.; ROSSA, LS.; NUNES, LCAS.; BIASI, RS.; GOMES, C.; GALEB,
2140 LAG.; KIRSCHNIK, PG. Atmosferas modificadas para conservação de carnes
2141 frescas: tendências e aplicabilidade tecnológica do monóxido de carbono, **Revista**
2142 **Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 7, n. 4, p. 469-482, out./dez. 2009.

2143

2144 MADRUGA, MS. Qualidade química, sensorial e aromática da carne caprina: mitos e
2145 verdades. VIII ENDEC. **Anais**. Botucatu, SP, 2005, p. 215-231.

2146

2147 MAGALHÃES, AU. **Avaliação do uso de atmosferas modificadas em**
2148 **porcionados de suínos**. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de
2149 Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

2150

2151 MANO, SB.; ORDÓÑEZ, JA.; GARCIA-DE-FERNANDO, GDG. Aumento da vida útil
2152 e microbiológica da carne suína embalada em atmosfera modificada. **Ciência e**
2153 **Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2002.

2154

2155 MARTÍNEZ-CEREZO, S.; SAÑUDO, C.; PANEA, B.; MEDEL, I.; DELFA, R.;
2156 SIERRA, I.; BELTRÁN, J.A.; CEPERO, R.; OLLETA, J.L. Breed, slaughter weight
2157 and ageing time effects on physico-chemical characteristics of lamb meat. **Meat**
2158 **Science**, v. 69, p. 325-333, 2005.

2159
2160 MCGEEHIN, B.; SHERIDAN, JJ.; BUTTER, F. Factors affecting the pH decline in
2161 lamb after slaughter. **Meat Science**, v. 58, p. 79-84, 2001.
2162
2163 McMILLIN, KW. Where is MAP going? A review and future potential of modified
2164 atmosphere packaging for meat. **Meat Science**, Louisiana, USA, v. 80, n. 1, p. 43-
2165 65, 2008.
2166
2167 MILTENBURG, GAJ., WENSING TH., SMULDERS, FJM., BREUKINK, HJ.
2168 Relationship between Blood Hemoglobin, Plasma and Tissue Iron, Muscle Heme
2169 Pigment, and Carcass Color of Veal. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 2766-
2170 2772, 1992.
2171
2172 MIRANDA, ZB. **Ovinos de Corte**. Colégio Brasileiro de Médicos Veterinários
2173 Higienistas de Alimentos. Niterói – Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:
2174 <<http://www.cbmvha.org.br/publicacoes/publicacoes.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2011.
2175
2176 MIRANDA-De LA LAMA, GC.; VILLARROEL, M.; OLLETA, JL.; ALIERTA, S.;
2177 SAÑUDO, C.; MARIA, GA. Effect of the pre-slaughter logistic chain on meat quality
2178 of lambs. **Meat Science**, v. 83, p. 604-609, 2009.
2179
2180 MORAL, A. Aspectos sobre refrigeración y conservación de pescados envasados en
2181 atmosferas modificadas para su venta detallista. **Alimentación, Equipos y**
2182 **Tecnología**, Madrid, v. 12, n. 1, p. 101-104, 1993.
2183
2184 NILSSON, C.; JOHANSSON, AC.; KAGEDAL, K.; OLLINGER, K. Cytosolic
2185 acidification and lysosomal alkalization during TNF-alpha induced apoptosis in
2186 U937 cells. **Apoptosis**, 2006, p. 1149-1159.
2187
2188 NISHI, LM.; FARIA, AF. Composições gasosas em sistemas de embalagens com
2189 atmosfera modificada para carne bovina. **Revista Nacional da Carne**. São Paulo, n.
2190 353, p. 54-59, 2006.
2191

2192 NISHI, LM. **Efeito da temperatura de estocagem sobre a estabilidade de carne**
2193 **bovina (*M. Gluteus medius*) embalada a vácuo.** 138 f. Dissertação (Mestrado em
2194 Tecnologia de Alimentos) – Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos,
2195 Universidade Estadual de Campinas, SP, 2008.

2196

2197 OLIVEIRA, AL. **Efeito do peso de abate nos rendimentos, características de**
2198 **carcaça e qualidade da carne de novilhos nelore e mestiços canchim - nelore.**
2199 Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - UNICAMP/FEA: Campinas,
2200 1993, p.130.

2201

2202 ORDÓÑEZ, JA. **Envasado de alimentos perecederos en atmosferas**
2203 **modificadas.** Apostila. Departamento de Bromatología III (Higiene y Tecnología de
2204 los Alimentos). Universidad Complutense, Madrid, 1996.

2205

2206 OSORIO, MT.; ZUMALACARREGUI, JM.; CABEZA, EA.; FIGUEIRA, A.; MATEO, J.
2207 Effect os rearing system on some meat quality traits and volatile compounds of
2208 suckling lamb meat. **Small Ruminant Research**, n. 78, p. 1-12, 2008.

2209

2210 PALEARI, MA. Ostrich Meat: Physico-chemical Characteristics and Comparison with
2211 Turkey and Bovine. **Meat Science**, v. 48, p. 205-210, 1998.

2212

2213 PARDI, MC. **Ciência, higiene e tecnologia da carne.** Goiânia: UFG, 2001, p. 623.

2214

2215 PARRY, Introduction. *In*: PARRY, RT. Principles and Applications of Modified
2216 Atmosphere Packaging of Food. **Blackie Academic & Professional**, London, 1993,
2217 p. 1-31.

2218

2219 PARRY, RT. **Envasado de alimentos en atmósferas modificadas.** Madrid,
2220 España: A. Madrid Vicente Ediciones, 1995, p. 13-31.

2221

2222 PETER, JB.; BARNARD, RJ.; EDGERTON, VR. Metabolic profiles of three fiber
2223 types of skeletal muscle in Guinea pig and rabbits. **Biochemistry**, v. 11, n. 10, p.
2224 2672-2633, 1972.

2225

2226 PRÄNDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T. **Tecnologia e higiene de la carne.**
2227 Zaragoza: Acribia, 1994, p. 854.
2228
2229 PRATA, LF. **Higiene e inspeção de carnes, pescado e derivados.** Jaboticabal:
2230 FUNEP, 1999, p. 217.
2231
2232 PULFORD, DJ.; DOBBIE, P.; VAZQUEZ FRAGA, S.; FRASER-SMITH, E.; FROST,
2233 DA.; MORRIS, CA. Variation in Bull beef quality due to ultimate muscle pH is
2234 correlated to endopeptidase and small heat shock protein levels. **Meat Science**, n.
2235 83, p. 1-9, 2009.
2236
2237 RAMOS, EM. **Tecnologia do processamento de carnes e derivados** – Material
2238 teórico. UESB, Itapetinga, v.1, p. 143, 2005.
2239
2240 RESENDE, KT.; SILVA, H.G.O.; LIMA, L.D. Avaliação das exigências nutricionais de
2241 pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados.
2242 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 161-177, 2008.
2243
2244 RIZVI, S. S. H. Requirements for foods packages in polymeric films. CRC Critical
2245 reviews in **Food Science and Nutrition**. West Palm Beach, v. 14, n. 2, p. 111-134,
2246 1981.
2247
2248 RODRÍGUEZ, GM. Envasado bajo atmósfera protectora: aplicación a la industria
2249 hortofrutícola. **Alimentación, Equipos y Tecnología**, v. 13, n. 1, p. 43-49, 1994.
2250
2251 ROTA, E. **Castração e idade de abate sobre a qualidade da carne de ovinos da**
2252 **raça Corriedale.** 78 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia
2253 "Eliseu Maciel" Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.
2254
2255 SALDANHA, T.; GASPAR, A; SANTANA, DMN. Composição centesimal da carne de
2256 escargot (*Achatina fulica*) criado em Iguape, SP. **Higiene Alimentar**, v. 15, n. 85, p.
2257 69-74, 2001.
2258

2259 SANTOS, EM.; DIEZ, AM.; GONZALEZ-FERNANDEZ, C.; JAIME, I.; ROVIRA, J.
2260 Microbiological and sensory changes in “Morcilla de Murgos” preserved in air,
2261 vacuum and modified atmosphere packaging. **Meat Science**, n. 71, p. 249–255,
2262 2005.

2263

2264 SAÑUDO, C. A. **La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a**
2265 **la especie ovina. Factores que la determinan, métodos de medida y causas de**
2266 **variación**. Zaragoza: Facultad de Veterinaria – Departamento producción Animal y
2267 ciencia de los alimentos, 1992, p.117.

2268

2269 SAÑUDO, C., SANTOLARIA, MP., MARIA, G., OSORIO, M., SIERRA, I. Influence of
2270 Carcass Weight on Instrumental and Sensory Lamb Meat Quality in Intensive
2271 Production Systems. **Meat Science**, v. 42, n. 2, p. 195-202, 1996.

2272

2273 SAÑUDO, C., CAMPO, MM., SIERRA, I., MARIA, GA., GALLETA, JL.,
2274 SANTOLARIA, P. Breed Effect on carcass and Meat Quality of Suckling Lambs.
2275 **Meat Science**, n. 46, v. 4, p. 357-365, 1997.

2276

2277 SAÑUDO, C. Analisis sensorial – Calidad organoléptica de la carne. In: CURSO
2278 INTERNACIONAL DE ANALISE SENSORIAL DE CARNE E PRODUTOS
2279 CÁRNEOS, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 2004, p. 45-68.

2280

2281 SARANTÓPOULOS, C.; SOLER, R. Embalagens com atmosfera
2282 modificada/controlada. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 209, p. 32-42,
2283 1991.

2284

2285 SARANTÓPOULOS, CIGL.; ALVES, RMV.; OLIVEIRA, LM.; GOMES, TC.
2286 **Embalagens com atmosfera modificada**. 2 ed. Campinas: CETEA/ITAL, 1998, p.
2287 114.

2288

2289 SEAB/PR – Secretaria da agricultura e do abastecimento do Paraná. 2003.
2290 **Programa Ovino Caprino no Paraná**. Disponível em:
2291 <<http://www.ovinocaprino.pr.gov.br/>>. Acesso em: 21 nov 2012.

2292

2293 SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS
2294 EMPRESAS. **Informações de mercado sobre caprinos e ovinos, relatório**
2295 **completo**. Brasília: Unidade de Acesso a Mercados - UAM, 2005, p. 73.
2296

2297 SEMAN, DL.; DREW, KR.; LITTLEJOHN, RP. Packaging venison for extended
2298 chilled storage: comparison of vacuum and modified atmosphere packaging
2299 containing 100% carbon dioxide. **Journal of Food Protection**, n. 52, p. 886–893,
2300 1989.
2301

2302 SENTANDREU, MA.; COULIS, G.; OUALI, A. Role of muscle endopeptidases and
2303 their inhibitors in meat tenderness. **Trends in Food Science and technology**, n. 13,
2304 p. 400-421, 2002.
2305

2306 SEYFERT, M.; HUNT, M. C.; MANICI, R. A.; KROPF, D. H.; STRODA, S. L. Internal
2307 premature browning in cooked steaks from enhanced beef round muscles packaged
2308 in high-oxygen and ultralow oxygen modified atmospheres. **Journal of Food**
2309 **Science**, v. 69, p. 142–146, 2004.
2310

2311 SHAKELFORD, SD.; KOOHMARAIE, M.; MILLER, MF.;CROUSE, JD.;REAGAN,
2312 JO. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford
2313 versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, n. 69, p. 171, 1991.
2314

2315 SHACKELFORD, SD.; WHEELER, TL.; KOOHMARAIE, M. Effect of the callipyge
2316 phenotype and cooking method on tenderness of several major lamb muscles.
2317 **Journal of Animal Science**, Champaign, n. 75, p. 2100-2105, 1997.
2318

2319 SILVA S, AG. Aspectos quantitativos e qualitativos da produção de carne ovina. In:
2320 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba, SP. **Anais:**
2321 **ESALQ**, v. 38, p. 425-446, 2001.
2322

2323 SILVA, N.; JUNQUEIRA, VCA.; SILVEIRA, NFA. **Manual de métodos de análise**
2324 **microbiológica de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2010, p. 624.
2325

2326 SINCLAIR, LA. Nutritional manipulation of the fatty acid composition of sheep meat:
2327 a review. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v. 145, n. 5, p. 419-434,
2328 2007.

2329

2330 SMITH, JP. Developments in food packaging technology. Part II: storage aspects.
2331 **Trends in Food Science e Technology**, v. 1, p. 111-118, 1990.

2332

2333 SMITH, G.C. Factors affecting the palatability of beef. In: FUTURE BEEF
2334 OPERATIONS SEMINAR. 2001. **Proceedings...** Disponível em:
2335 <<http://ansci.colostate.edu/ran/beef/index.htm>>. Acesso em: 21 nov. 2012.

2336

2337 SMUDER, AJ.; KAVAZIS, NA.; HUDSON, MB.; NELSON, WB.; POWERS, SK.
2338 Oxidation enhances myofibrillar protein degradation via calpain and caspase-3. **Free**
2339 **Radical Biology and Medicine**, n. 49, p. 1152-1160, 2010.

2340

2341 SOLDATOU, N.; NERANTZAKI, A.; KONTOMINAS, MG.; SAVVAIDIS, IN.
2342 Physicochemical and microbiological changes of “Souvlaki” — A Greek delicacy lamb
2343 meat product: Evaluation of shelf-life using microbial, colour and lipid oxidation
2344 parameters. **Food Chemistry**, n. 113, p. 36–42, 2009.

2345

2346 SOLOMON, M.B.; KEMP, J.D.; MOODY, W.G. Effect of breed and slaughter weight
2347 on physical, chemical and organoleptic properties of lamb carcasses. **Journal of**
2348 **Animal Science**, v. 51, n. 5, p. 1102-1107, 1980.

2349

2350 SORHEIM, O., AUNE, T., NESBAKKEN, T. Technological hygienic and toxicological
2351 aspects of carbon monoxide used in modified-atmosphere packaging of meat.
2352 **Trends Food Science and Technology**, n. 8, p. 307–312, 1997.

2353

2354 SORHEIM, O.; NISSEN, H.; NESBAKKEN, T. The storage life of beef and pork
2355 packaged in an atmosphere with low carbon monoxide and high carbon dioxide.
2356 **Meat Science**, v. 52, n. 2, p. 157-164, 1999.

2357

2358 SORHEIM, O.; WESTAD, F.; LARSEN, H.; ALVSEIKE, O. Colour of ground beef as
2359 influenced by raw materials, addition of sodium chloride and low oxygen packaging.
2360 **Meat Science**, v. 81, p. 467-473, 2009.

2361

2362 TAYLOR, AA.; DOWN, NF.; SHAW, BG. A comparison of modified atmosphere and
2363 vacuum skin packing for the storage of red meats. **International Journal of Food**
2364 **Science Technology**, v. 25, p. 98–109, 1990.

2365

2366 TAYLOR, RG.; GEESINK, GH.; THOMPSON, VF.; KOOHMARAIE, M.; GOLL, DE. Is
2367 Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? **Journal of Animal**
2368 **Science**, Tucson, v. 73, p. 1351-1367. 1995.

2369

2370 TEIXEIRA, A.; BATISTA, S.; DELFA, R.; CADAVEZ, V.. Lamb meat quality of two
2371 breeds with protected origin designation. Influence of breed, sex and live weight.
2372 **Meat Science**, v. 71, p. 530-536, 2005.

2373

2374 TSIGARIDA, E.; NICHAS, GJ. E. Ecophysiological attributes of the *Lactobacillus* sp.
2375 and a *Pseudomonas* sp. on sterile beef filets in relation to storage temperature and
2376 film permeability. **Journal of Applied of Microbiology**, Athens, Grece, v. 90, n. 5, p.
2377 696-705, 2001.

2378

2379 VEISETH, E.; SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L. et al. Technical note:
2380 comparison of myofibril fragmentation index from fresh and frozen pork and lamb
2381 *longissimus*. **Journal Animal Science**, v. 79, p. 904-906, 2001.

2382

2383 VELASCO, S.; LAUZURICA, S.; CAÑEQUE, V.; PEREZ, C.; HUIDOBRO, F.;
2384 MANZANARES, C.; DIAZ, MT. Carcass and Meat Quality of Talaverana Breed
2385 Sucking Lambs in Relation to Gender and Slaughter Weight. **Animal Science**.
2386 Hamilton, n. 70, p. 253-263, 2000.

2387

2388 VENTURINI, AC. **Embalagens de transporte (masterpack) com atmosfera**
2389 **modificada e absorvedores de oxigênio para aumento da vida útil de carne**
2390 **bovina**. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) –

2391 Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo,
2392 Piracicaba, 2003.

2393

2394 VERGARA, H.; GALLEG0, L. Effects of gas composition in modified atmosphere
2395 packaging on the meat quality of Spanish Manchega lamb. **Journal of the Science**
2396 **of Food and Agriculture**, n. 81, p. 1353–1357, 2001.

2397

2398 VERGARA, H.; GALLEG0, L.; GARCÍA, A.; LANDETE-CASTILLEJOS, T.
2399 Conservation of *cervus elaphus* meat in modified atmospheres. **Meat Science**, v. 65,
2400 p. 779-783, 2003.

2401

2402 VYNCKE, W. **Direct determination of the thiobarbituric acid value in**
2403 **trichloroacetic extracts of fish as a measure of oxidative rancidity.** Fette-Seifen
2404 Anstrichmittel, Hamburg, v. 72, n. 12, p. 1084-1087, 1970.

2405

2406 WANG, KK. Calpain and caspase: Can you tell the difference? **Trends in**
2407 **Neuroscience**, n. 23, p. 20-26, 2000.

2408

2409 WARREN, KE; HUNT, M. C.; MARKSBERRY, C. L.; SORHEIM, O.; KROPF, DH.;
2410 JOHNSON, D. E.; WINDISCH, M. J. Modified atmosphere packaging of bone in pork
2411 loins. **Journal of Muscle Foods**, Kansas, v. 3, n. 4, p. 283-300, 1992.

2412

2413 WARREN, K. E.; HUNT, M. C.; KROPF, D. H. Myoglobin oxidative state affects
2414 internal cooked color development in ground beef patties. **Journal of Food Science**,
2415 v. 61, p. 513–515, 519, 1996.

2416

2417 WATTS, BM. Meat products. In: SHULTZ, HW; Day, E. A.; SIMHUBER, RPR. (Eds.),
2418 **Symposium on food: Lipid and their oxidation.** Westport, CT, USA: AVI
2419 Publishing Co., 1962, p. 202-219.

2420

2421 WICK, M. Dietary supplementation of vitamin e affects the peroxide value of
2422 subcutaneous lamb fat. **Journal of Muscle Foods**, v. 12, p. 237-243, 2001.

2423

2424 WYLLIE, AH.; KERR, JF.; CURRIE, AR. Cell death: the significance of apoptosis.
2425 International Review of Cytology, n. 68, p. 251-306, 1980.
2426

2427 WILKINSON, BHP.; JANZ, JAM.; MOREL, PCH.; PURCHAS, RW.; HENDRIKS, WH.
2428 The effect of modified atmosphere packaging with carbon monoxide on the storage
2429 quality of master-packaged fresh pork. **Meat Science**, v. 73, n. 4, p. 605-610, 2006.
2430

2431 WOOD, JD.; ENSER, M.; FISHER, AV.; NUTE, GR.; RICHARDSON, RI.; SHEARD,
2432 PR. Manipulating meat quality and composition. In: **Proceedings of the Nutrition**
2433 **Society**, v. 58, p. 363–370, 1999.
2434

2435 WOOD, JD. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, n. 66, p.
2436 21-22, 2003.
2437

2438 XIONG, YL.; MULLINS, OE.; STIKA, JF.; CHEN, J.; BLANCHARD, SP.; MOODY,
2439 WG. Tenderness and oxidative stability of post-mortem muscles from mature cows
2440 of various ages. **Meat Science**, v. 77, n. 1, p. 105–113, 2007.
2441

2442 YEN, JR.; BROWN, RB.; DICK, RL.; ACTON, JC. Oxygentransmission rate of
2443 packaging films and light exposure effects on the color stability of vacuum-packaged
2444 dry salami. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, p. 1043-1046, 1988.
2445

2446 YOUNG, OA.; WEST, J.; HART, AL.; VAN OTTERDIJK, FFH. A method for early
2447 determination of meat ultimate pH. **Meat Science**, n. 66, p. 493-398, 2004.
2448

2449 ZAKRYS, P., HOGAN, S., O'SULLIVAN, MG., ALLEN, P., KERRY, JP. Effects of
2450 oxygen concentration on the sensory evaluation and quality indica-tors of beef
2451 muscle packed under modified atmosphere . **Meat Science**, n. 79, p. 648–655, 2008.
2452

2453 ZAKRYS, PI.; O'SULLIVAN, MG.; ALLEN, P. KERRY, JP. Consumer acceptability
2454 and physiochemical characteristics of modified atmosphere packed beef steaks.
2455 **Meat Science**, Cork, Ireland, v. 81, n. 4, p. 720-725, 2009.
2456

2457 ZAPATA, JFF.; SEABRA, LMJ.; NOGUEIRA, CM. Estudo da qualidade da carne
2458 ovina no Nordeste brasileiro: propriedades físicas e sensoriais. **Ciência e**
2459 **Tecnologia dos Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 274-277, 2000.

2460

2461 ZEOLA, N.M.B.L.; SILVA SOBRINHO, A.G. da; GONZAGA NETO, S.; MARQUES,
2462 C.A.T.M. Composição centesimal da carne de cordeiros submetidos a dietas com
2463 diferentes teores de concentrado. **Rural Science**, v. 34, p. 253-257, 2004.